

# **PANDUAN**

---

## **Teknik Pelaksanaan Jembatan**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
**DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA**

Jalan Pattimura No. 20 Kebayoran Baru - Jakarta 12110 Telepon (021) - 7221950

Kepada yang terhormat,

1. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga
2. Para Direktur di Lingkungan Direktorat Jenderal Bina Marga
3. Para Kepala Balai di Direktorat Jenderal Bina Marga

SURAT EDARAN

Nomor: **02** /SE/Db/2019

TENTANG

PANDUAN TEKNIK PELAKSANAAN JEMBATAN TAHUN 2019

A. Umum

Pelaksanaan pekerjaan jembatan sampai saat ini dilakukan dengan mengacu pada Buku Panduan Teknik Pelaksanaan Jembatan BMS-93 yang dibuat berdasarkan code, spesifikasi, serta norma, standar, prosedur, dan kriteria (NSPK) yang berlaku pada tahun 1993. Seiring dengan berjalannya waktu, teknologi dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi jembatan semakin berkembang sehingga menuntut adanya dukungan regulasi yang lebih lengkap berupa prosedur, ketentuan, instruksi kerja, dan lain-lain.

Mempertimbangkan hal tersebut dan mengingat telah terbitnya beberapa produk hukum terkait, antara lain Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi dan Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga No.05/SE/Db/2017 tentang Perubahan Atas Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga No. Um.01.03-Db/242 tentang Penyampaian Ketentuan Desain dan Revisi Desain Jalan dan Jembatan, diperlukan pemutakhiran panduan teknik pelaksanaan jembatan sehingga kaidahnya sesuai dengan perkembangan.

B. Dasar Pembentukan

1. Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 132, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4444)
2. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 11, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6018)

3. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4655)
4. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 8)
5. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 135 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Presiden Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 249)
6. Keputusan Presiden Nomor 79/TPA Tahun 2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan dari dan dalam Jabatan Pimpinan Tinggi Madya di Lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
7. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 06/PRT/M/2008 tentang Pedoman Pengawasan Penyelenggaraan dan Pelaksanaan Pemeriksaan Konstruksi di Lingkungan Departemen Pekerjaan Umum
8. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 15/PRT/M/2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 05/PRT/M/2017 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 15/PRT/M/2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 466)
9. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 41/PRT/M/2015 tentang Penyelenggaraan Keamanan Jembatan dan Terowongan Jalan (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 422)

### C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan teknis bagi pelaksana/penyedia jembatan mulai dari persiapan, konstruksi, sampai dengan pekerjaan akhir agar sesuai dengan peraturan dan perkembangan teknologi yang ada saat ini. Adapun Surat Edaran bertujuan mewujudkan pelaksanaan pekerjaan jembatan yang sesuai dengan persyaratan sehingga tepat waktu, tepat mutu, tepat biaya, dan berkeselamatan.

## D. Ruang Lingkup

Lingkup Surat Edaran ini meliputi ketentuan teknis pelaksanaan jembatan yang terdiri atas persiapan, material, pekerjaan struktur beton, fondasi, bangunan bawah, bangunan atas, jalan pendekat jembatan (oprit), dan bangunan pelengkap.

## E. Ketentuan Teknis Pelaksanaan Jembatan

### 1. Persiapan

Pekerjaan persiapan merupakan pekerjaan awal yang harus dikerjakan oleh penyedia jasa pada masa pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Materi mengenai persiapan meliputi mobilisasi, survei dan pengukuran awal, kantor lapangan dan fasilitas, fasilitas dan layanan pengujian, manajemen dan keselamatan lalu lintas, pengamanan lingkungan hidup, relokasi utilitas, dan pekerjaan pembersihan.

### 2. Material

Material yang digunakan dalam konstruksi jembatan sangat mempengaruhi kualitas hasil pelaksanaan pekerjaan jembatan. Materi mengenai pelaksanaan pekerjaan material meliputi material beton, baja, kayu, epoxy resin, geotekstil, pasangan batu, pasangan batu kosong, dan beronjong sesuai dengan standar yang dipersyaratkan.

### 3. Pekerjaan Struktur Beton

Pekerjaan struktur beton pada jembatan merupakan alternatif dan pilihan dalam perencanaan konstruksi jembatan. Pelaksanaan pekerjaan struktur beton meliputi beberapa aspek mulai dari persiapan acuan, perancah, pemasangan tulangan pada posisinya, sampai dengan pelaksanaan pengecoran dan perawatan beton. Materi mengenai pekerjaan struktur beton meliputi pelaksanaan pekerjaan beton pra-tekan, pelaksanaan perbaikan beton yang cacat, dan pelaksanaan K3 pekerjaan struktur beton.

### 4. Fondasi

Pekerjaan fondasi jembatan merupakan elemen penting pada jembatan yang berfungsi untuk menerima beban dari bangunan atas serta bangunan bawah jembatan dan kemudian beban tersebut didistribusikan ke lapisan tanah keras. Pelaksanaan pekerjaan fondasi jembatan harus dilakukan dengan baik untuk menghasilkan konstruksi fondasi yang kuat. Materi mengenai pekerjaan fondasi jembatan meliputi pelaksanaan fondasi dangkal, fondasi sumuran, fondasi tiang pancang dan tiang bor, serta pelaksanaan K3 pekerjaan fondasi.



## 5. Bangunan Bawah

Pekerjaan bangunan bawah jembatan merupakan pekerjaan antara pekerjaan fondasi dan pekerjaan bangunan atas jembatan. Materi mengenai pekerjaan bangunan bawah jembatan meliputi pelaksanaan pekerjaan abutmen, *pile cap*, pilar jembatan, dan K3 pekerjaan bangunan bawah jembatan.

## 6. Bangunan Atas

Bangunan atas jembatan merupakan bangunan yang berfungsi menerima beban lalu lintas kendaraan. Berdasarkan beban lalu lintas rencana, ditetapkan tipe dari bangunan atas jembatan. Materi mengenai pekerjaan bangunan atas jembatan meliputi pelaksanaan jembatan beton bertulang, jembatan gelagar, jembatan rangka baja, lantai jembatan, siar muai jembatan, jembatan kayu, *box culvert*, *corrugated steel plate*, dan K3 pekerjaan bangunan atas jembatan.

## 7. Jalan Pendekat Jembatan (*Oprit*)

Jalan pendekat atau oprit, merupakan segmen yang menghubungkan konstruksi perkerasan jalan dengan *abutment*. Pelaksanaan pekerjaan jalan pendekat (*oprit*) harus dilakukan dengan baik agar tidak terjadi kegagalan yang berupa turunnya jalan pendekat (*oprit*) jembatan. Materi mengenai pelaksanaan jalan pendekat (*oprit*) jembatan meliputi timbunan jalan, drainase, lapis perkerasan, pelat injak, dinding penahan tanah yang dapat berupa MSE (*Mechanically Stabilized Earth*), dan pelaksanaan K3 pekerjaan jalan pendekat jembatan.

## 8. Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap jembatan merupakan bangunan yang bertujuan untuk mendukung fungsi dan keamanan dari konstruksi jembatan. Materi mengenai pelaksanaan bangunan pelengkap jembatan meliputi bangunan pengaman dan perlengkapan lainnya.

Ketentuan lebih rinci mengenai ketentuan teknis pelaksanaan jembatan termuat dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran Direktur Jenderal ini.

F. Penutup

Dengan diterbitkannya Surat Edaran ini, Buku Panduan Teknik Pelaksanaan Jembatan BMS-93 Januari 1993 dinyatakan tidak menjadi acuan dalam pelaksanaan jembatan.

Surat Edaran ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Demikian disampaikan, atas perhatian Saudara diucapkan terima kasih.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 25 Januari 2019

DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA,



SUGIYARTANTO

Tembusan disampaikan kepada Yth.:

1. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
2. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
3. Inspektur Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
4. Direktur Jenderal Bina Konstruksi, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>1 PERSIAPAN</b>	
1.1 UMUM .....	1-1
1.2 MOBILISASI .....	1-1
1.2.1 Umum .....	1-1
1.2.2 Program Mobilisasi .....	1-3
1.2.3 Transportasi dan Penanganan .....	1-4
1.2.4 Bahan dan Penyimpanan .....	1-6
1.3 SURVEI DAN PENGUKURAN AWAL .....	1-7
1.3.1 Umum .....	1-7
1.3.2 Penetapan Titik Pengukuran Dari Pekerjaan (Setting Out Of Works) .....	1-8
1.4 KANTOR LAPANGAN DAN FASILITAS .....	1-8
1.4.1 Umum .....	1-8
1.4.2 Kantor Penyedia jasa Dan Fasilitasnya .....	1-9
1.4.3 Bengkel Dan Gudang Penyedia jasa .....	1-10
1.4.4 Kantor Dan Akomodasi Untuk Pengawas Pekerjaan .....	1-10
1.5 FASILITAS DAN LAYANAN PENGUJIAN .....	1-11
1.5.1 Umum .....	1-11
1.5.2 Fasilitas Laboratorium Dan Pengujian .....	1-11
1.5.3 Prosedur Pelaksanaan Pengujian .....	1-12
1.6 MANAJEMEN DAN KESELEMATAN LALU LINTAS .....	1-13
1.6.1 Umum .....	1-13
1.6.2 Rencana Manajemen Dan Keselamatan Lalu Lintas .....	1-13
1.6.3 Uraian Perlengkapan Minimal Jalan Sementara .....	1-18
1.6.4 Pekerjaan Jalan Atau Jembatan Sementara .....	1-22
1.7 PENGAMANAN LINGKUNGAN HIDUP .....	1-23
1.7.1 Umum .....	1-23
1.7.2 Pengelolaan Lingkungan Hidup .....	1-23
1.7.3 Implementasi Dokumen Lingkungan Hidup Yang Diperlukan .....	1-29

	Halaman
1.7.4 Laporan Bulanan .....	1-31
1.8 RELOKASI UTILITAS.....	1-32
1.8.1 Umum .....	1-32
1.8.2 Pelaksanaan .....	1-33
1.9 PEKERJAAN PEMBERSIHAN .....	1-34
1.9.1 Umum .....	1-34
1.9.2 Pembersihan Selama Pelaksanaan.....	1-35
 <b>2 MATERIAL</b>	
2.1 Umum .....	2-1
2.2 Beton .....	2-1
2.2.1 Umum .....	2-1
2.2.2 Material .....	2-1
2.2.3 Rancangan Campuran Beton .....	2-7
2.2.4 Mortar dan Grouting .....	2-23
2.2.5 Beton Siklop .....	2-25
2.2.6 Beton Volume Besar .....	2-25
2.2.7 Beton Memadat Sendiri .....	2-27
2.2.8 Beton Di Cuaca Panas .....	2-28
2.2.9 Pelaksanaan Produksi Beton.....	2-29
2.2.10 Pengendalian Produksi Beton Di Lapangan .....	2-53
2.3 BAJA .....	2-59
2.1.1 Baja Struktur .....	2-59
2.3.2 Galvanisasi Pada Besi dan Baja Fabrikasi .....	2-61
2.3.3 Pengelasan Elemen Baja Struktur Jembatan .....	2-66
2.4 KAYU .....	2-70
2.4.1 Umum .....	2-70
2.4.2 Persyaratan Material Kayu .....	2-71
2.4.3 Toleransi Material Kayu.....	2-71
2.4.4 Pelaksanaan Material Kayu.....	2-72
2.4.5 Pengendalian Mutu Material Kayu .....	2-75
2.5 MATERIAL LAINNYA .....	2-76
2.5.1 Timbunan Tanah dan Khusus/Ringan .....	2-76
2.5.2 Perkerasan Aspal .....	2-79
2.5.3 Landasan .....	2-81
2.5.4 Siar Muai (Expansion Joint) Tipe Asphaltic Plug.....	2-87

	Halaman
2.5.5 Epoxy Resin .....	2-91
2.5.6 Geotekstil .....	2-95
2.5.7 Pasangan Batu.....	2-96
2.5.8 Pasangan Batu Kosong dan Beronjong.....	2-98
<b>3 PEKERJAAN STRUKTUR BETON</b>	
3.1 Umum .....	3-1
3.2 Beton Bertulang.....	3-1
3.2.1 Umum .....	3-1
3.2.2 Acuan.....	3-1
3.2.3 Perancah.....	3-15
3.2.4 Penulangan.....	3-39
3.3 Beton Pra-Tekan .....	3-56
3.3.1 Umum .....	3-56
3.3.2 Material Beton Pra-Tekan.....	3-56
3.3.3 Pelaksanaan Unit-Unit Beton Pra-tekan .....	3-57
3.3.4 Beton Pra-tekan .....	3-61
3.3.5 Metode Pra-Tarik.....	3-67
3.3.6 Metode Pasca Tarik .....	3-72
3.3.7 Penyelesaian Akhir Setelah Pemberian Gaya Pra-tekan .....	3-77
3.3.8 Penanganan, Pengangkutan Dan Penyimpanan Unit-Unit Beton Pracetak.....	3-79
<b>4 FONDASI JEMBATAN</b>	
4.2 Umum .....	4-1
4.3 Pelaksanaan Fondasi Dangkal.....	4-2
4.3.5 Umum .....	4-2
4.3.6 Material .....	4-3
4.3.7 Peralatan.....	4-3
4.3.8 Metode Pelaksanaan Fondasi Pasangan Batu .....	4-3
4.3.9 Metode Pelaksanaan Fondasi Beton.....	4-6
4.4 Pelaksanaan Fondasi Sumuran.....	4-9
4.4.5 Umum .....	4-9
4.4.6 Material .....	4-11
4.4.7 Peralatan.....	4-11
4.4.8 Metode Pelaksanaan Fondasi Sumuran.....	4-11

	Halaman
4.4.9 Kontrol Kualitas Dasar Fondasi Sumuran .....	4-15
4.5 Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang .....	4-16
4.5.5 Umum .....	4-16
4.5.6 Material .....	4-17
4.5.7 Peralatan.....	4-21
4.5.8 Metode Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang .....	4-28
4.6 Pelaksanaan Fondasi Tiang Bor.....	4-35
4.6.5 Umum .....	4-35
4.6.6 Material .....	4-36
4.6.7 Peralatan.....	4-39
4.6.8 Metode Pelaksanaan Lubang Bor .....	4-42
4.6.9 Grouting Dasar Fondasi Tiang Bor .....	4-49
4.7 Pengujian Fondasi Tiang.....	4-50
4.7.5 Umum .....	4-50
4.7.6 Pengujian Aksial Tiang Dengan Metode Statik .....	4-52
4.7.7 Pengujian Aksial Tiang Metode Dinamik Dengan PDA .....	4-58
4.7.8 Pengujian Lateral Tiang Dengan Metode Statik.....	4-62
4.7.9 Pengujian Integritas Tiang Fondasi .....	4-68
4.8 K3 Pekerjaan Fondasi .....	4-70
 <b>5 BANGUNAN BAWAH JEMBATAN</b>	
5.1 Umum .....	5-1
5.2 Kepala jembatan (abutment) .....	5-1
5.2.1 Umum .....	5-1
5.2.2 Jenis-Jenis Kepala Jembatan (Abutment) .....	5-2
5.2.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kepala Jembatan (Abutment) .....	5-4
5.3 Pilar Jembatan Pada Kondisi Kering .....	5-16
5.3.1 Umum .....	5-16
5.3.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pilar Jembatan .....	5-16
5.4 Pilar jembatan Pada Kondisi Berair .....	5-29
5.4.1 Umum .....	5-29
5.4.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pilar Jembatan Pada Kondisi Berair.....	5-29
5.5 K3 Pekerjaan Bangunan Bawah Jembatan .....	5-39



## 6 BANGUNAN ATAS JEMBATAN

6.1	Umum .....	6-1
6.2	Jembatan Beton Bertulang .....	6-1
6.3	Jembatan Gelagar .....	6-6
6.3.2	Gelagar Beton Pasca-Tarik (Post-Tension) .....	6-6
6.3.3	Gelagar Pratarik (Pre-Tension).....	6-28
6.3.4	Sistem Pengaku Gelagar Beton .....	6-33
6.3.5	Gelagar Baja Komposit.....	6-38
6.3.6	Persiapan Pemasangan Gelagar Pada Jembatan .....	6-48
6.3.7	Pemasangan Gelagar Pada Jembatan.....	6-54
6.3.8	Pemberian Pengaman Gelagar Setelah Terpasang .....	6-65
6.4	Jembatan Rangka Baja .....	6-68
6.4.1	Jembatan Rangka Tetap (Permanen).....	6-68
6.4.2	Jembatan Rangka Semi Permanen.....	6-70
6.4.3	Persiapan Pelaksanaan Jembatan Rangka Baja .....	6-72
6.4.4	Metode Pemasangan Rangka Baja .....	6-77
6.4.5	Persoalan Umum.....	6-95
6.5	Jembatan Voided Slab .....	6-97
6.5.1	Umum .....	6-97
6.5.2	Pelaksanaan Fabrikasi .....	6-98
6.5.3	Pengangkutan Voided Slab .....	6-99
6.5.4	Sistem Pemasangan .....	6-103
6.5.5	Spasi dan grouting .....	6-103
6.5.6	Stressing Voided Slab .....	6-103
6.5.7	Kondisi Akhir .....	6-104
6.6	Lantai Jembatan.....	6-104
6.6.1	Umum .....	6-104
6.6.2	Lantai Deck Beton .....	6-104
6.6.3	Lantai Plat Baja Bergelombang .....	6-105
6.6.4	Perancah Lantai .....	6-105
6.6.5	Pemasangan Acuan Lantai .....	6-106
6.6.6	Drainase Jembatan .....	6-107
6.6.7	Pengaman lalu lintas (barrier) untuk jembatan .....	6-108
6.6.8	Perakitan Tulangan Lantai.....	6-111
6.6.9	Pengecoran Dan Perawatan Lantai Kendaraan.....	6-113

6.6.10	Pengaspalan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin (Cold Paving Hot Mix Asbuton).....	6-113
6.7	Box Culvert.....	6-116
6.7.1	Umum .....	6-116
6.7.2	Cara Pelaksanaan Secara Umum .....	6-116
6.7.3	Pekerjaan Pemasangan Bekisting.....	6-117
6.7.4	Perakitan Baja Tulangan .....	6-118
6.7.5	Pengecoran Beton.....	6-119
6.8	Siar Muai Jembatan (Expansion Joint) .....	6-121
6.8.1	Umum .....	6-121
6.8.2	Jenis-Jenis Siar Muai Jembatan (Expansion Joint).....	6-121
6.8.3	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Siar Muai Jembatan.....	6-126
6.9	Corrugated Steel Plate .....	6-134
6.9.1	Petunjuk Pemasangan .....	6-134
6.9.2	Timbunan .....	6-143
6.9.3	Jenis Peralatan Pemasangan.....	6-146
6.10	Jembatan Kayu .....	6-148
6.10.1	Umum .....	6-148
6.10.2	Bahan.....	6-149
6.10.3	Metode Pelaksanaan.....	6-150
6.11	Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) .....	6-156
6.11.1	Pekerjaan Pemasangan Unit Pracetak .....	6-156
6.11.2	Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan .....	6-158
6.11.3	Erection Gelagar .....	6-159
6.11.4	Jembatan Struktur Baja .....	6-168
6.11.5	Jembatan Struktur Kayu .....	6-170

## **7 JALAN PENDEKAT JEMBATAN ( OPRIT )**

7.1	Umum .....	7-1
7.2	Timbunan Jalan.....	7-1
7.2.1	Tanah Timbunan .....	7-1
7.2.2	Timbunan Ringan .....	7-2
7.3	Drainase.....	7-4
7.4	Lapisan Perkerasan .....	7-5
7.4.1	Perkerasan Kaku.....	7-5

	Halaman
7.4.2 Perkerasan Lentur.....	7-6
7.5 Pelat Injak .....	7-9
7.5.1 Pelaksanaan Pekerjaan Pelat Injak Cor Ditempat (Cast In Situ).....	7-10
7.5.2 Pelaksanaan Pelat Injak Pracetak (Precast).....	7-10
7.6 Dinding MSE (Mechanically Stabilize Earth).....	7-10
7.7 K3 Pelaksanaan Jalan Pendekat Jembatan .....	7-15
7.7.1 K3 Pekerjaan Timbunan Jalan.....	7-15
7.7.2 K3 Pekerjaan Drainase.....	7-16
7.7.3 K3 Lapis Perkerasan .....	7-17
7.7.4 K3 Pelat Injak .....	7-18
7.7.5 K3 Dinding MSE .....	7-19
<b>8 BANGUNAN PELENGKAP</b>	
8.1 Umum .....	8-1
8.2 Bangunan Pengaman.....	8-1
8.2.1 Bangunan Pengaman Tebing Sungai.....	8-1
8.2.2 Bangunan Pengarah Aliran/Pelindung Tebing Tak Langsung (Krib) ..	8-15
8.2.3 Bangunan Pengaman Pilar Jembatan (Fender).....	8-20
8.2.4 Bangunan Pengaman Dasar Sungai .....	8-21
8.2.5 K3 Bangunan Pengaman .....	8-26
8.3 Perlengkapan Lainnya.....	8-32
8.3.1 Rambu-Rambu Lalu Lintas Jembatan dan Marka.....	8-32
8.3.2 Papan Nama Jembatan.....	8-39
8.3.3 Lampu Penerangan Jembatan .....	8-40
8.3.4 K3 Perlengkapan Lainnya .....	8-49

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 - Faktor Pengembangan Agregat Halus .....	2-36
Gambar 2.2 - Grafik gradasi agregat pasir untuk mortar-busa .....	2-78
Gambar 3.1 - Sistem acuan kantilever .....	3-6
Gambar 3.2 - Sistem acuan kantilever .....	3-7
Gambar 3.3 - Bagan alir pelaksanaan pekerjaan perancah .....	3-14
Gambar 3.4 - Tiang vertikal (scaffolding upright/main frame).....	3-19
Gambar 3.5 - Palang penguat/pengekang (bracing) .....	3-20
Gambar 3.6 - Batang memajang (ledge).....	3-20
Gambar 3.7 - Lantai kerja (plat form) .....	3-20
Gambar 3.8 – Angkur (anchorage/wall coupling fixture).....	3-21
Gambar 3.9 – Pengaman kaki (toe board) .....	3-21
Gambar 3.10 – Perancah tupang siku (cantilevered scaffolding) .....	3-22
Gambar 3.11 – Perancah gantung (hanging scaffolding) .....	3-23
Gambar 3.12 – Batang memanjang (ledger) .....	3-25
Gambar 3.13 – Batang melintang (putlog) .....	3-26
Gambar 3.14 – Palang penguat diagonal (diagonal brace) .....	3-26
Gambar 3.15 – Angukur (anchorage) .....	3-27
Gambar 3.16 – Perancah penopang jembatan (bridge shoring).....	3-27
Gambar 3.17 – Bagian elemen dari perancah penopang jembatan (bridge shoring).....	3-28
Gambar 3.18 – Fondasi perancah pada dua kondisi tanah yang berbeda .....	3-30
Gambar 3.19 – Fondasi perancah pada kondisi permukaan tanah yang berbeda .....	3-31
Gambar 3.20 – Perancah travelling .....	3-31
Gambar 3.21 – Pemasangan soleboard dan baseplate .....	3-33
Gambar 3.22 – Pemasangan rangka perancah .....	3-33
Gambar 3.23 – Pemasangan papan atau jack base .....	3-34
Gambar 3.24 – Pemasangan shoring head .....	3-34
Gambar 3.25 – Label perancah (scafftag).....	3-36
Gambar 3.26 – Bagan alir pelaksanaan pekerjaan perancah.....	3-38
Gambar 3.27 – Baja tulangan beton polos (BjTP).....	3-39
Gambar 3.28 – Baja tulangan beton sirip (BjTS).....	3-39

	Halaman
Gambar 3.29 – Jaringan kawat baja las (wiremesh) .....	3-40
Gambar 3.30 – Pembengkokan besi beton manual .....	3-41
Gambar 3.31 – Pembengkokan besi menggunakan kunci besi.....	3-41
Gambar 3.32 – Kait pengikat dan sengkang .....	3-44
Gambar 3.33 – Diameter bengkokan minimum.....	3-45
Gambar 3.34 – Beton tahu.....	3-49
Gambar 3.35 – Dudukan tulangan.....	3-49
Gambar 3.36 – Dudukan tulangan.....	3-52
Gambar 3.37 – Bagan alir pelaksanaan pekerjaan penulangan.....	3-55
Gambar 3.38 – Penguncian (lock off) .....	3-63
Gambar 3.39 –Pergeseran (Slippage) pada angker pada ujung mati (dead-end)	3-63
Gambar 3.40 – Pergeseran (Slippage) total pada baji pada penyambungan (splice) .....	3-64
Gambar 3.41 – Saluran (duct) .....	3-78
Gambar 4.1 - Diagram alir metode pelaksanaan fondasi pasangan batu .....	4-4
Gambar 4.2 Diagram alir metode pelaksanaan fondasi beton.....	4-7
Gambar 4.3 Contoh dokumentasi pelaksanaan pekerjaan fondasi sumuran..	4-9
Gambar 4.4 - Sketsa penampang fondasi sumuran a) Lingkaran ; b) Persegi	4-10
Gambar 4.5 - Bagan alir pelaksanaan fondasi sumuran metode penurunan gravity.....	4-12
Gambar 4.6 - Bagan alir pelaksanaan fondasi sumuran metode galian terbuka	4-14
Gambar 4.7 - Rangkaian alat DCP (dynamic cone penetrometer) .....	4-16
Gambar 4.8 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang pancang .....	4-17
Gambar 4.9 - Sketsa potongan melintang tiang pancang beton pratekan (prestressed) .....	4-18
Gambar 4.10 - Tiang pancang pipa baja ujung terbuka (FHWA, 2016).....	4-19
Gambar 4.11 - Tiang pancang pipa baja ujung tertutup (FHWA, 2016).....	4-19
Gambar 4.12 - Fondasi tiang baja profil H (FHWA, 2016).....	4-20
Gambar 4.13 - Tiang pancang kayu.....	4-21
Gambar 4.14 - Drop hammer .....	4-22
Gambar 4.15 - Ilustrasi Pekerjaan Pemacangan Dengan Cara Diesel Hammer .....	4-22
Gambar 4.16 - Ilustrasi peralatan hydraulic hammer; a) single acting hydraulic;.....	4-24
Gambar 4.17 - Mesin penekan hidrolik (jacking) (Geo Publication, 2006) .....	4-25

	Halaman
Gambar 4.18 - Skema pemancangan dengan Vibratory Hammer.....	4-26
Gambar 4.19 - Ilustrasi tinggi jatuh dan berat hammer .....	4-29
Gambar 4.20 - Sketsa penyambungan fondasi tiang beton.....	4-32
Gambar 4.21 - Sketsa penyambungan fondasi tiang baja.....	4-33
Gambar 4.22 - Sketsa penyambungan fondasi tiang kayu .....	4-33
Gambar 4.23 - (a) Skema pelaksanaan kalendering; (b) Grafik pengujian kalendering.....	4-35
Gambar 4.24 - Bagan alir pelaksanaan pekerjaan tiang bor .....	4-36
Gambar 4.25 - Contoh penggunaan permanent casing .....	4-39
Gambar 4.26 - Beberapa jenis auger; A) Single flight auger ; B) Double flight auger ; C) Large diameter auger dengan double cutting edge ; D) rock auger.....	4-40
Gambar 4.27 - Core barrel; A) Single wall core barrel ; B) Double wall core barrel .....	4-41
Gambar 4.28 - Drilling bucket; A) Mengangkut sisa pengeboran ; B) Membersihkan dasar lubang bor .....	4-41
Gambar 4.29 - Lubang hasil galian menggunakan metode kering .....	4-42
Gambar 4.30 - Metode konstruksi kering ; (a) Pengeboran, (b) Pembersihan lubang, (c) Pemasangan tulangan, (d) Pengecoran (FHWA, 2010).....	4-43
Gambar 4.31 - Bagan alir pelaksanaan metode kering (dry method) .....	4-43
Gambar 4.32 - Proses pengeboran basah: (a) Pasang casing, (b) Isi lubang bor dengan slurry, (c) Bersihkan lubang bor dan pasang tulangan, (d) Tempatkan beton pada tremie, (e) Angkat tremie ketika beton dituangkan (FHWA, 2010).....	4-45
Gambar 4.33 - Bagan alir pelaksanaan metode basah (wet method).....	4-45
Gambar 4.34 - Proses pengeboran dengan casing: (a) Pengeboran menggunakan slurry, (b) Pasang casing dan keluarkan slurry, (c) Bersihkan lubang bor dan pasang tulangan, (d) Lakukan pengecoran dan Usahakan elevasi coran lebih tinggi dari elevasi muka air, (e) Angkat casing apabila pengecoran selesai (FHWA, 2010)...	4-47
Gambar 4.35 - Bagan alir pelaksanaan metode casing (casing method) .....	4-48
Gambar 4.36 - Flat-jack method ; b. Tube-a-manchette method.....	4-50
Gambar 4.37 - Contoh grafik hasil pembacaan axial loading test.....	4-55



	Halaman
Gambar 4.38 - Uji pembebanan statis dengan metode beban mati (kentledge)	4-56
Gambar 4.39 - Contoh skema instrument uji pembebanan statis tiang dengan metode beban mati (kentledge) .....	4-56
Gambar 4.40 - Uji pembebanan statis dengan metode reaction pile (FHWA, 2016) .....	4-57
Gambar 4.41 - Contoh skema instrument uji pembebanan statis tiang dengan metode tiang reaksi .....	4-57
Gambar 4.42 - Jack yang ditempatkan didasar (gambar kiri bawah), pemasangan beberapa jack (gambar kiri atas) dan pemasangan multi level jack (gambar kanan).....	4-58
Gambar 4.43 - Skema diagram instrumentasi untuk pengujian aksial tiang dengan metode dinamik.....	4-59
Gambar 4.44 - Contoh pemasangan instrument pada pengujian PDA.....	4-61
Gambar 4.45 - Contoh grafik hasil pembacaan lateral loading test .....	4-66
Gambar 4.46 - Ilustrasi reaction pile .....	4-66
Gambar 4.47 - Ilustrasi reaction pile dengan cara pile to pile.....	4-67
Gambar 4.48 - Ilustrasi weighted platforms.....	4-67
Gambar 4.49 - Ilustrasi sistem dead man .....	4-68
Gambar 4.50 - Skema diagram peralatan untuk pengujian Integritas.....	4-69
Gambar 4.51 - Skema pengujian crosshole sonic logging (CSL) .....	4-69
Gambar 5.1 - Kepala jembatan (abutment).....	5-1
Gambar 5.2 - Kepala jembatan jenis gravitasi.....	5-2
Gambar 5.3 - Kepala jembatan jenis T.....	5-3
Gambar 5.4 - Kepala jembatan jenis penopang .....	5-3
Gambar 5.5 - Kepala jembatan tipe integral.....	5-4
Gambar 5.6 - Proses penggalian tanah .....	5-5
Gambar 5.7 - Lantai kerja pekerjaan abutment.....	5-6
Gambar 5.8 - Pekerjaan penulangan footing kepala jembatan.....	5-7
Gambar 5.9 - Pekerjaan bekisting footing kepala jembatan .....	5-8
Gambar 5.10 - Pekerjaan pengecoran footing kepala jembatan.....	5-9
Gambar 5.11 - Pekerjaan curing footing kepala jembatan.....	5-9
Gambar 5.12 - Pekerjaan penulangan badan abutment.....	5-10
Gambar 5.13 - Pekerjaan bekisting badan abutment .....	5-11
Gambar 5.14 - Pekerjaan pengecoran badan abutment .....	5-12
Gambar 5.15 - Pekerjaan wing wall .....	5-13

	Halaman
Gambar 5.16 - Pekerjaan finishing abutment.....	5-14
Gambar 5.17 - Bagan alir tahapan pekerjaan kepala jembatan (abutment) .....	5-15
Gambar 5.18 - Pilar jembatan.....	5-16
Gambar 5.19 - Pekerjaan galian pilar jembatan.....	5-17
Gambar 5.20 - Pekerjaan galian pilar jembatan.....	5-18
Gambar 5.21 - Pekerjaan bekisting pile cap.....	5-18
Gambar 5.22 - Pekerjaan penulangan poer (pile cap).....	5-19
Gambar 5.23 - Pekerjaan pengecoran poer (pile cap) .....	5-20
Gambar 5.24 - Pekerjaan finishing poer (pile cap) .....	5-21
Gambar 5.25 - Pekerjaan penulangan pier kolom.....	5-21
Gambar 5.26 - Pekerjaan bekisting pier kolom .....	5-22
Gambar 5.27 - Pekerjaan pengecoran poer (pile cap) .....	5-23
Gambar 5.28 - Pekerjaan penulangan kepala pilar .....	5-24
Gambar 5.29 - Pekerjaan bekisting kepala pilar.....	5-25
Gambar 5.30 - Pekerjaan pengecoran kepala pilar .....	5-26
Gambar 5.31 - Pekerjaan akhir kepala pilar .....	5-27
Gambar 5.32 - Bagan alir tahap pekerjaan pilar jembatan (pier).....	5-28
Gambar 5.33 - Earth cofferdam .....	5-30
Gambar 5.34 - Rockfill cofferdam .....	5-30
Gambar 5.35 - Single-walled cofferdam.....	5-31
Gambar 5.36 - Double-walled cofferdam .....	5-31
Gambar 5.37 - Platform bekisting untuk pekerjaan pile cap .....	5-34
Gambar 5.38 - Pekerjaan platform pile cap.....	5-35
Gambar 5.39 - Pekerjaan penulangan kepala tiang (pile cap).....	5-36
Gambar 5.40 - Pekerjaan pengecoran kepala tiang.....	5-37
Gambar 5.41 - Pekerjaan badan pilar .....	5-37
Gambar 5.42 - Pekerjaan platfrom dan bekisting kepala pilar .....	5-38
Gambar 5.43 - Pekerjaan pengecoran kepala pilar .....	5-38
Gambar 6.1 – Perancah.....	6-2
Gambar 6.2 - Flow Chart Pelaksanaan Jembatan Beton .....	6-5
Gambar 6.3 - Pengangkutan Segmen Dengan Trailer .....	6-7
Gambar 6.4 - Pengangkutan gelagar dengan bogie.....	6-7

Gambar 6.5	- Pengangkatan Segmen dengan Crane; (a) Sudut kemiringan sling terhadap segmen Gelagar minimal 60°. Pengangkatan dengan sudut sling dibawah 60° beresiko putus pada titik angkat segmen Gelagar, (b) Pengangkatan menggunakan lifting beam apabila sudut kemiringan angkat terhadap segmen Gelagar kurang dari 60°. Sudut kemiringan sling terhadap lifting beam minimum 45°, (c) Operasi boom Crane masih dibawah jarak maksimum operasi radius untuk menghindari overturning Crane angkat. ....	6-8
Gambar 6.6	- Segmen unit Gelagar pada stressing bed sebelum stressing ...	6-9
Gambar 6.7	- Lantai Kerja.....	6-10
Gambar 6.8	- Bagan alir stressing bed.....	6-11
Gambar 6.9	- Pengolesan Epoxy.....	6-13
Gambar 6.10	- Perangkat angkut.....	6-15
Gambar 6.11	- Persiapan pemasangan .....	6-15
Gambar 6.12	- Instalasi Stressing Jack hydraulic .....	6-16
Gambar 6.13	- Penarikan Strand .....	6-16
Gambar 6.14	- Perlepasan stressing Jack hydraulic .....	6-17
Gambar 6.15	- Grouting.....	6-18
Gambar 6.16	- Landasan Stressing atau lantai kerja .....	6-19
Gambar 6.17	- Penyusunan Gelagar sesuai nomor kode produksi .....	6-19
Gambar 6.18	- Memasukkan Strand ke lubang tendon. ....	6-20
Gambar 6.19	- Pemasangan angkur.....	6-20
Gambar 6.20	- Pengolesan epoxy .....	6-21
Gambar 6.21	- Persiapan stressing Gelagar.....	6-21
Gambar 6.22	- Stressing.....	6-22
Gambar 6.23	- Pengukuran elongation .....	6-22
Gambar 6.24	- Pemotongan Strand yang lebih .....	6-23
Gambar 6.25	- Bagan Alir Stressing Gelagar .....	6-24
Gambar 6.26	- Bagan Alir Stressing dan Grouting .....	6-25
Gambar 6.27	- Peralatan Grouting.....	6-26
Gambar 6.28	- Super Tee Gelagar .....	6-28
Gambar 6.29	- Pemasangan diafragma.....	6-34
Gambar 6.30	- Instalasi Strand .....	6-34

	Halaman
Gambar 6.31 - Patch dengan semen pasir dengan rasio 1:4 .....	6-35
Gambar 6.32 - Stressing dan angkur .....	6-35
Gambar 6.33 - Potong Strand dan Angkur di tutup .....	6-36
Gambar 6.34 - Grouting Diafragma.....	6-36
Gambar 6.35 - Bentangan siap dipasang diafragma.....	6-37
Gambar 6.36 - Pemasangan diafragma dengan Crane.....	6-37
Gambar 6.37 - Stressing Lateral.....	6-38
Gambar 6.38 - Potongan Melintang.....	6-39
Gambar 6.39 - Tipe Perkuatan yang digunakan.....	6-40
Gambar 6.40 - Pengaku Tekuk Local .....	6-41
Gambar 6.41 - Bagan Alir Perakitan Gelgar Baja.....	6-47
Gambar 6.42 - Proses Erection dengan satu Crane angkat.....	6-54
Gambar 6.43 - Penyusunan Gelagar .....	6-55
Gambar 6.44 - Gelagar siap di Erection.....	6-56
Gambar 6.45 - roses Erection dengan satu Crane angkat .....	6-56
Gambar 6.46 - Proses Erection dengan satu Crane angkat.....	6-57
Gambar 6.47 - Kondisi semua Gelagar terpasang .....	6-57
Gambar 6.48 - Penyusunan Segmen Gelagar .....	6-58
Gambar 6.49 - Setelah di Stressing .....	6-59
Gambar 6.50 - Proses Erection dengan Portal.....	6-59
Gambar 6.51 - Selesai.....	6-60
Gambar 6.52 - Proses Penyusunan diatas launcher .....	6-61
Gambar 6.53 - Proses Pengangkatan.....	6-61
Gambar 6.54 - Gelagar diangkat.....	6-62
Gambar 6.55 - kondisi semua Gelagar terpasang.....	6-62
Gambar 6.56 - Proses Erection dengan Double Launcher.....	6-64
Gambar 6.57 - Launcher Bergerak .....	6-64
Gambar 6.58 - Selesai.....	6-65
Gambar 6.59 - Perletakan Elastromer.....	6-66
Gambar 6.60 - Perkuatan dengan rantai dan shoring kayu .....	6-66
Gambar 6.61 - Shoring baja dengan kayu .....	6-67
Gambar 6.62 - Shoring Baja .....	6-67
Gambar 6.63 - Stressing lateral diafragma dan pengecoran .....	6-67
Gambar 6.64 – Jembatan Rangka Permanen Standar Indonesia Kelas A.....	6-68
Gambar 6.65 – Jembatan Rangka Permanen Standar Indonesia Kelas B.....	6-69

	Halaman
Gambar 6.66 – Jembatan Rangka Permanen Standar Indonesia Kelas C.....	6-70
Gambar 6.67 – Potongan Melintang Rangka Semi Permanen dengan Lantai Kayu .....	6-71
Gambar 6.68 – Potongan Jembatan Rangka Semi Permanen dengan Lantai Beton .....	6-72
Gambar 6.69 - Perakitan Rangka Baja .....	6-78
Gambar 6.70 - Perakitan Rangka Baja panel kesatu .....	6-79
Gambar 6.71 - Perakitan Rangka Baja panel kedua .....	6-79
Gambar 6.72 - Perakitan Rangka Baja panel ketiga, dan panel seterusnya.....	6-80
Gambar 6.73 - Rangka baja mencapai satu span penuh .....	6-80
Gambar 6.74 - Pengulangan perakitan Rangka Baja panel kesatu span berikutnya.....	6-80
Gambar 6.75 - Pengulangan perakitan Rangka Baja panel kedua span berikutnya.....	6-81
Gambar 6.76 - Pengulangan Perakitan Rangka Baja panel ketiga dan seterusnya .....	6-81
Gambar 6.77 - Jembatan Rangka mencapai satu span penuh .....	6-81
Gambar 6.78 - Konstruksi jembatan rangka baja .....	6-82
Gambar 6.79 - Tampak dekat jembatan rangka baja .....	6-82
Gambar 6.80 - Konstruksi Kantilever Dipasang Sebagian Demi Sebagian .....	6-83
Gambar 6.81 - Persiapan landasan kayu.....	6-85
Gambar 6.82 - Perakitan bentang pemberat (counterweight).....	6-85
Gambar 6.83 - Perakitan bentang pemberat dengan traveler .....	6-86
Gambar 6.84 - Pemasangan Link Set.....	6-86
Gambar 6.85 - Perakitan bentang permanen secara bertahap .....	6-87
Gambar 6.86 - Lanjutan perakitan bentang permanen secara bertahap .....	6-87
Gambar 6.87 - Lanjutan perakitan bentang permanen secara bertahap .....	6-88
Gambar 6.88 - Perakitan rangka permanen pada tengah bentang terhubung..	6-88
Gambar 6.89 - penurunan rangka utama dengan hidrolik .....	6-89
Gambar 6.90 - Pemasangan tumpuan pada rangka baja.....	6-89
Gambar 6.91 - Konstruksi jembatan rangka baja .....	6-89
Gambar 6.92 - Konstruksi Jembatan Rangka Baja .....	6-90
Gambar 6.93 - Instalasi landasan kayu dan bentang sementara.....	6-91
Gambar 6.94 - Perakitan secara bertahap bentang peluncur.....	6-92
Gambar 6.95 - Perakitan bentang peluncur .....	6-92

	Halaman
Gambar 6.96 - Perakitan bentang utama.....	6-92
Gambar 6.97 - Perakitan bentang utama secara bertahap, dorong bentang sementara dengan hidrolik penggeser dan beri pemberat atau counterweight, kemudian dorong .....	6-93
Gambar 6.98 - konstruksi di dorong.....	6-93
Gambar 6.99 - Konstruksi di luncurkan.....	6-93
Gambar 6.100 - Pelepasan konstruksi rangka sementara secara bertahap .....	6-94
Gambar 6.101 - Rangka baja sementara dilepas dan rangka baja permanen diturunkan secara bertahap dengan dongkrak.....	6-94
Gambar 6.102 - Instalasi landasan pada tumpuan.....	6-94
Gambar 6.103 - Konstruksi jembatan rangka baja .....	6-95
Gambar 6.104 - Produksi Gelagar pretension.....	6-98
Gambar 6.105 - Setelah pemberian gaya prategang .....	6-98
Gambar 6.106 - Penyimpanan unit Gelagar.....	6-98
Gambar 6.107 - Pengangkatan unit voided slab .....	6-99
Gambar 6.108 - Pengaman saat pengangkutan .....	6-100
Gambar 6.109 - Pengiriman dengan ponton .....	6-101
Gambar 6.110 - Pengangkatan dari truck .....	6-102
Gambar 6.111 - Pengangkatan Perletakan pada landasan kayu .....	6-102
Gambar 6.112 - Penyimpanan.....	6-103
Gambar 6.113 - Lateral Stressing .....	6-103
Gambar 6.114 - Deck beton pada sistem Gelagar beton .....	6-104
Gambar 6.115 - Deck Baja .....	6-105
Gambar 6.116 - Ilustrasi drainase jembatan .....	6-108
Gambar 6.117 - Contoh Tipikal penghalang .....	6-109
Gambar 6.118 - Flow Chart Pelaksanaan Jembatan Beton .....	6-120
Gambar 6.119 - Siat muai tipe seal silicone.....	6-121
Gambar 6.120 - Siat muai tipe aspalthic plug .....	6-122
Gambar 6.121 - Siat muai tipe compression seal .....	6-123
Gambar 6.122 - Siat muai tipe strip seal.....	6-124
Gambar 6.123 - Siat muai tipe modular joint.....	6-125
Gambar 6.124 - Penutupan celah menggunakan masking strip.....	6-126
Gambar 6.125 - Pelapisan dengan wearing course .....	6-126
Gambar 6.126 - Pemotongan lapisan .....	6-127
Gambar 6.127 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-127



	Halaman
Gambar 6.128 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-127
Gambar 6.129 - Bagan alir pelaksanaan siar muai tipe asphaltic plug .....	6-128
Gambar 6.130 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-129
Gambar 6.131 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-129
Gambar 6.132 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-130
Gambar 6.133 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-130
Gambar 6.134 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-131
Gambar 6.135 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-132
Gambar 6.136 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-132
Gambar 6.137 - Pembersihan sisa pemotongan.....	6-132
Gambar 6.138 - Bagan alir siar muai tipe strip sea .....	6-133
Gambar 6.139 - Band Connector .....	6-135
Gambar 6.140 - Standard & Gasketed Couplers.....	6-136
Gambar 6.141 - Band Connector .....	6-137
Gambar 6.142 - Tipe-tipe gasket .....	6-138
Gambar 6.143 - Erection CSP dengan Hoist .....	6-139
Gambar 6.144 - Seam .....	6-140
Gambar 6.145 - Perletakan CSP .....	6-141
Gambar 6.146 - Timbunan CSP .....	6-143
Gambar 6.147 - Timbunan Sisi .....	6-144
Gambar 6.148 - Timbunan tanah granular .....	6-144
Gambar 6.149 - Stabilisasi Pondasi Diameter Kecil.....	6-145
Gambar 6.150 - Stabilisasi Pondasi Diameter Besar .....	6-145
Gambar 6.151 - Pemadatan dengan alat berat.....	6-148
Gambar 6.152 - Jembatan kayu bentang 5 m.....	6-148
Gambar 6.153 - Gelagar kayu Jembatan.....	6-149
Gambar 6.154 - Kayu Papan .....	6-149
Gambar 6.155 - Kayu Gelondongan/Balak .....	6-149
Gambar 6.156 - Pemasangan Pematokan.....	6-150
Gambar 6.157 - Kepala Jembatan Kayu.....	6-150
Gambar 6.158 - Kepala jembatan kayu.....	6-151
Gambar 6.159 - Pembuatan pilar dengan pemancangan kayu .....	6-152
Gambar 6.160 - pemasangan brace kayu dan lantai kayu .....	6-153
Gambar 6.161 - tipe Gelagar kayu.....	6-154
Gambar 6.162 - Sandaran kayu.....	6-154

	Halaman
Gambar 6.163 - jalur kendaraan dan pejalan kaki.....	6-155
Gambar 6.164 - jalur kendaraan .....	6-155
Gambar 6.165 - pagar pembatas sebagai sistem pencegahan jatuh .....	6-161
Gambar 6.166 - Tiang Listrik Tegangan Tinggi .....	6-163
Gambar 7.1 - Grafik gradasi agregat pasir untuk mortar-busa .....	7-3
Gambar 7.2 - Sketsa pelat injak jembatan .....	7-9
Gambar 7.3 - Sketsa dinding MSE.....	7-11
Gambar 8.1 – Ukuran standar penampang dinding penahan tanah .....	8-2
Gambar 8.2 – Sketsa penggunaan dinding penahan tanah .....	8-2
Gambar 8.3 - Contoh penggunaan dinding turap beton .....	8-9
Gambar 8.4 – Sketsa pemasangan perkuatan pada kaki turap baja .....	8-12
Gambar 8.5 - Talud sebagai pelindung tebing sungai .....	8-12
Gambar 8.6 - Tahapan pelaksanaan dinding tiang secant (lanjutan) .....	8-14
Gambar 8.7 - Tahapan pelaksanaan dinding tiang secant (lanjutan) .....	8-14
Gambar 8.8 - Sketsa contoh krib dari tiang pancang beton.....	8-19
Gambar 8.9 - Sketsa contoh krib dari tiang pancang kayu .....	8-19
Gambar 8.10 - Sketsa contoh krib dari beronjong.....	8-19
Gambar 8.11 - Sketsa contoh krib dari pasangan batu .....	8-20
Gambar 8.12 - Fender sebagai pengaman pilar jembatan .....	8-20
Gambar 8.13 – Metode diversion channel .....	8-23
Gambar 8.14 – Bagan Alir Pemasangan Rambu-Rambu Lalu Lintas.....	8-38
Gambar 8.15 – Papan Nama Jembatan.....	8-39
Gambar 8.16 – Perencanaan dan Penempatan Lampu Penerangan Jembatan.....	8-44
Gambar 8.17 – Bagan Alir Pemasangan Lampu Penerangan Jembatan .....	8-49

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 - Diameter, Berat, dan Ukuran Tulangan Sirip.....	2-5
Tabel 2.2 - Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip .....	2-5
Tabel 2.3 - Toleransi Berat Perbatang .....	2-6
Tabel 2.4 - Toleransi Berat Per Lot .....	2-6
Tabel 2.5 - Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton. ....	2-7
Tabel 2.6 - Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (*)	2-8
Tabel 2.7 - Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah .....	2-9
Tabel 2.8 - Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air -bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton.....	2-11
Tabel 2.9 - Maksimum rasio w/c atau rasio w/(c+p) yang diijinkan untuk beton tingkat pemaparan berat (severe exposures) * .....	2-11
Tabel 2.10 - Volume agregat kasar per satuan volume beton .....	2-12
Tabel 2.11 - Perkiraan awal berat beton segar.....	2-13
Tabel 2.12 - Kapasitas Wadah Ukur .....	2-18
Tabel 2.13 - Jumlah Lapisan Yang Diperlukan Untuk Benda Uji .....	2-23
Tabel 2.14 - Ketentuan Slump Flow .....	2-28
Tabel 2.15 - Ketentuan Penerimaan Hasil Uji Untuk SCC.....	2-28
Tabel 2.16 - Selimut beton untuk tulangan.....	2-31
Tabel 2.17 - Diameter minimum bengkokan yang disyaratkan.....	2-34
Tabel 2.18 - Standar Deviasi Secara Umum .....	2-36
Tabel 2.19 - Standar Deviasi Antar Pencampuran .....	2-37
Tabel 2.20 - Jumlah Minimum Penggunaan Alat Getar .....	2-43
Tabel 2.21 - Toleransi Waktu Yang Diizinkan .....	2-55
Tabel 2.22 - Ketentuan Kekuatan Minimum Baja Struktur.....	2-59
Tabel 2.23 - Ketentuan Beban Tarik Baut untuk tipe Critical Slip Joint.....	2-60
Tabel 2.24 - Jumlah contoh uji ketebalan.....	2-62
Tabel 2.25 - Ketebalan minimum lapisan pada contoh yang tidak disentrifugal	2-63
Tabel 2.26 - Ketebalan minimum lapisan pada contoh uji yang disentrifugal....	2-63
Tabel 2.27 - Persyaratan Bahan Pengelasan Sesuai dengan Spesifikasi Umum.....	2-67

	Halaman
Tabel 2.28 - Waktu Izin Elektroda Terekspos Udara .....	2-68
Tabel 2.29 - Suhu Preheat dan Interpass.....	2-69
Tabel 2.30 - Ukuran cincin penutup baut.....	2-74
Tabel 2.31 - Gradasi Timbunan Pilihan Berbutir.....	2-77
Tabel 2.32 - Gradasi agregat pasir alam berdasarkan ukuran saringan .....	2-78
Tabel 2.33 - Gradasi Agregat CPHMA Hasil Ekstraksi .....	2-80
Tabel 2.34 - Kadar dan Sifat Aspal Hasil Ekstraksi CPHMA.....	2-80
Tabel 2.35 - Ketentuan Sifat-sifat Campuran CPHMA.....	2-81
Tabel 2.36 - Sifat-sifat Karet Alam dan Karet Sintetis (Neoprene).....	2-83
Tabel 2.37 - Toleransi Dimensi Total Yang Diizinkan .....	2-84
Tabel 2.38 - Toleransi Dimensi pada Lembaran PTFE.....	2-85
Tabel 2.39 - Toleransi Profil .....	2-86
Tabel 2.40 - Toleransi Landasan Elastomer.....	2-86
Tabel 2.41 - Ketentuan Sifat-sifat Asphaltic Plug .....	2-88
Tabel 2.42 - Ketentuan Sifat-sifat Agregat .....	2-88
Tabel 2.43 - Persyaratan Bahan Performed Elastomeric Joint Seal .....	2-89
Tabel 2.44 - Ketentuan Bahan Silikon.....	2-90
Tabel 2.45 - Ukuran Lebar Celah dan Tebal Pelat Penutup .....	2-91
Tabel 2.46 -Persyaratan Fisik Pelengkap.....	2-93
Tabel 2.47 - Persyaratan Kekuatan Geotekstil.....	2-96
Tabel 3.1 - Daya Dukung Tanah Sebagai Landasan Perancah.....	3-17
Tabel 3.2 – Kait Standar Sengkang dan Kait Pengikat.....	3-43
Tabel 3.3 – Diameter bengkokan minimum.....	3-45
Tabel 4.1 Keuntungan dan kerugian fondasi sumuran berdasarkan bentuknya	4-10
Tabel 4.2 - Spesifikasi alat diesel hammer .....	4-23
Tabel 4.3 - Spesifikasi alat hydraulic hammer .....	4-24
Tabel 4.4 - Karakteristik dan kegunaan hammer.....	4-27
Tabel 4.5 - Spesifikasi dan rekomendasi penggunaan cairan mineral untuk konstruksi pengeboran .....	4-37
Tabel 4.6 - Spesifikasi dan rekomendasi penggunaan cairan polimer untuk konstruksi pengeboran .....	4-38
Tabel 4.7 - Jenis pengujian tiang berdasarkan jenis fondasinya .....	4-51
Tabel 4.8 - Siklus beban standar.....	4-65
Tabel 4.9 - Siklus beban ekseseError! Not a valid link. ....	4-65
Tabel 4.10 - Beban sikis dengan beban standar .....	4-65

	Halaman
Tabel 4.11 - Beban siklis dengan beban ekses .....	4-65
Tabel 4.12 - K3 Pekerjaan fondasi dangkal.....	4-71
Tabel 4.13 - K3 Pekerjaan fondasi sumuran .....	4-72
Tabel 4.14 - K3 Pekerjaan fondasi tiang pancang.....	4-73
Tabel 4.15 - K3 pekerjaan fondasi tiang bor.....	4-74
Tabel 5.1 - Prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pekerjaan bangunan bawah jembatan.....	5-39
Tabel 6.1 - Bentangan untuk Seri Jembatan Rangka .....	6-73
Tabel 6.2 - Sistem Pemberian Nama Komponen-komponen Jembatan Rangka .....	6-73
Tabel 7.1 - Gradasi timbunan pilihan berbutir.....	7-2
Tabel 7.2 - Gradasi agregat pasir alam berdasarkan ukuran saringan .....	7-3
Tabel 7.3 - K3 pekerjaan timbunan jalan.....	7-15
Tabel 7.4 - K3 pekerjaan drainase .....	7-16
Tabel 7.5 - K3 pekerjaan lapis perkerasan.....	7-17
Tabel 7.6 - K3 pekerjaan pelat injak.....	7-18
Tabel 7.7 - K3 dinding MSE .....	7-19
Tabel 8.1 - K3 pekerjaan beronjong .....	8-26
Tabel 8.2 - K3 pekerjaan dinding pasangan batu .....	8-27
Tabel 8.3 - K3 pekerjaan DPT beton.....	8-28
Tabel 8.4 - K3 pekerjaan rip-rap .....	8-30
Tabel 8.5 - Batas Kuat Pencahayaan.....	8-43
Tabel 8.6 - Rasio Kemerataan Pencahayaan.....	8-43
Tabel 8.7 - Rasio Kemerataan Pencahayaan.....	8-43
Tabel 8.8 - Jarak Antar Tiang Lampu Penerangan (E) Berdasarkan Tipikal Distribusi Pencahayaan dan Klasifikasi Lampu .....	8-44
Tabel 8.9 - K3 Pelengkap Lainnya .....	8-49

# 1. PERSIAPAN

## 1.1 UMUM

Pekerjaan persiapan adalah mempersiapkan semua fasilitas atau sarana kerja yang diperlukan untuk mendukung pelaksanaan pekerjaan, dengan tujuan agar pelaksanaan pekerjaan bisa berjalan dengan lancar sesuai dengan yang direncanakan.

Adapun ruang lingkup dari pekerjaan persiapan adalah sebagai berikut :

- a Mobilisasi
- b Survei dan Pengukuran Awal
- c Kantor Lapangan Dan Fasilitas
- d Fasilitas dan Layanan Pengujian
- e Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas
- f Pengamanan Lingkungan Hidup
- g Relokasi Utilitas
- h Pekerjaan Pembersihan

## 1.2 MOBILISASI

### 1.2.1 Umum

- a Uraian

Lingkup kegiatan mobilisasi yang dilakukan tergantung pada jenis dan volume pekerjaan yang harus dilaksanakan dan sesuai dengan kontrak, sebagaimana disyaratkan di bagian-bagian lain dari Dokumen Kontrak, dan secara umum harus memenuhi berikut:

- 1 Ketentuan Mobilisasi untuk semua Kontrak
  - a). Penyewaan atau pembelian sebidang lahan yang diperlukan untuk *base camp* Penyedia Jasa dan kegiatan pelaksanaan.
  - b). Mobilisasi semua Personil Penyedia Jasa sesuai dengan struktur organisasi pelaksana yang telah disetujui oleh Pengawas Pekerjaan termasuk para tenaga kerja yang diperlukan dalam pelaksanaan dan penyelesaian pekerjaan dalam Kontrak.
  - c). Mobilisasi dan pemasangan instalasi konstruksi dan semua peralatan sesuai dengan daftar peralatan yang tercantum dalam Penawaran yang diperlukan selama pelaksanaan Pekerjaan, dari suatu lokasi asal ke tempat pekerjaan di mana peralatan tersebut akan digunakan menurut Kontrak.



- d). Penyediaan dan pemeliharaan *base camp* Penyedia Jasa, termasuk kantor lapangan, tempat tinggal, bengkel, gudang, ruang laboratorium beserta peralatan ujinya, dan sebagainya.
- e). Perkuatan jembatan eksisting untuk pengangkutan alat-alat berat (jika diperlukan).
- f). Mobilisasi personil inti dan peralatan utama dapat dilakukan secara bertahap sesuai dengan kebutuhan lapangan
- g). Lahan, *base camp* termasuk kantor lapangan, tempat tinggal, bengkel, gudang, ruang laboratorium beserta perlengkapan dan peralatan ujinya, dan semua fasilitas dan sarana lainnya yang disediakan oleh penyedia jasa untuk mobilisasi menjadi milik penyedia jasa setelah waktu penyelesaian kontrak berakhir.

## 2 Ketentuan Mobilisasi Kantor Lapangan dan Fasilitasnya untuk Pengawas Pekerjaan

Ketentuan untuk mobilisasi kantor lapangan dan fasilitasnya harus sesuai dengan dokumen kontrak atau ditentukan dalam rencana kerja dan syarat-syarat pelaksanaan pekerjaan.

## 3 Ketentuan Mobilisasi Fasilitas Pengendalian Mutu

Penyediaan dan pemeliharaan laboratorium uji mutu bahan dan pekerjaan di lapangan harus memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam spesifikasi umum yang berlaku. Untuk bangunan laboratorium, perlengkapan dan peralatannya akan menjadi milik penyedia jasa pada saat waktu penyelesaian kontrak berakhir dan diperhitungkan sebagai barang sewa.

## 4 Kegiatan Demobilisasi untuk Semua Kontrak

Pembongkaran tempat kerja menjadi tanggung jawab penyedia jasa pada saat akhir masa pelaksanaan, termasuk pemindahan semua instalasi, peralatan dan perlengkapan dari tanah milik pemerintah dan pengembalian kondisi tempat kerja menjadi kondisi seperti semula sebelum tanggal mulai kerja dari pekerjaan. Kegiatan ini tidak mengurangi kewajiban penyedia jasa untuk menyediakan semua sumber daya yang diperlukan selama masa pemeliharaan seperti keuangan, manajemen, peralatan, tenaga kerja dan bahan.

### b Periode Mobilisasi

Kecuali ditentukan lain sebagaimana yang disebutkan pada spesifikasi umum yang berlaku, maka seluruh mobilisasi harus diselesaikan dalam jangka waktu 60 hari terhitung mulai tanggal mulai kerja, kecuali ditentukan dalam dokumen kontrak.

Penyediaan fasilitas dan pelayanan pengendalian mutu yang terdiri dari tenaga ahli, tenaga terampil, dan sumber daya uji mutu lainnya yang siap digunakan sesuai dengan tahapan mobilisasi yang disetujui (jika ada), harus diselesaikan dalam waktu paling lama 45 hari, kecuali ditentukan dalam dokumen kontrak.

### c Pengajuan Kesiapan Kerja

Penyedia Jasa harus menyerahkan kepada Pengawas Pekerjaan suatu program mobilisasi menurut detail dan waktu yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum yang berlaku.

Bilamana perkuatan bangunan pelengkap antara lain jembatan eksisting atau pembuatan jembatan darurat atau pembuatan timbunan darurat pada jalan yang berdekatan dengan lokasi kegiatan, diperlukan untuk memperlancar pengangkutan peralatan, instalasi bahan milik penyedia jasa, detail pekerjaan darurat ini juga harus diserahkan bersama dengan program mobilisasi sesuai dengan Spesifikasi Umum yang berlaku.

### 1.2.2 Program Mobilisasi

- a Dalam waktu paling lambat 7 hari setelah tanggal mulai kerja, rapat persiapan pelaksanaan (*Pre Construction Meeting*) harus dilaksanakan dan dihadiri wakil pengguna jasa, pengawas pekerjaan, dan penyedia jasa untuk membahas semua hal baik yang teknis maupun yang non teknis dalam kegiatan ini.

Agenda dalam rapat harus mencakup namun tidak terbatas pada berikut ini:

- 1 Pendahuluan
- 2 Sinkronisasi Struktur Organisasi dan Rincian Tugas dan Tanggung Jawab:
  - a). Wakil pengguna Jasa
  - b). Penyedia jasa.
  - c). Pengawas pekerjaan.
- 3 Masalah-masalah Lapangan:
  - a). Ruang Milik Jalan (RUMIJA).
  - b). Sumber-sumber bahan.
  - c). Lokasi *base camp*.
- 4 Wakil Penyedia jasa
- 5 Tatacara pengajuan survei, permohonan pemeriksaan pekerjaan, dan pengukuran hasil pekerjaan.
- 6 Proses persetujuan hasil pengukuran, hasil pengujian, dan hasil pekerjaan.
- 7 Dokumen Akhir Pelaksanaan Pekerjaan (Final Construction Documents).
- 8 Rencana Kerja:
  - a). Bagan jadwal pelaksanaan kontrak yang menunjukkan waktu dan urutan kegiatan utama yang membentuk pekerjaan, termasuk jadwal pengadaan bahan yang dibutuhkan untuk pekerjaan.
  - b). Rencana Mobilisasi.
  - c). Rencana Relokasi.
  - d). Rencana Keselamatan dan Kesehatan KerjaKonstruksi (RK3K).
  - e). Program Mutu dalam bentuk Rencana Mutu Kontrak (RMK).
  - f). Rencana Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas (RMKL).
  - g). Rencana Manajemen Rantai Pasok Sumber Daya (RMRP).
  - h). Rencana Inspeksi dan Pengujian.

- i). Rencana Kerja Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan (RKPPL) yang disusun berdasarkan dokumen upaya/Rencana Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan (jika ada), atau sekurang-kurangnya mengacu pada standar dan prosedur pengelolaan lingkungan yang berlaku khusus untuk kegiatan tersebut.
- 9 Komunikasi dan korespondensi.
  - 10 Rapat Pelaksanaan dan jadwal pelaksanaan pekerjaan.
  - 11 Pelaporan dan pemantauan.
- b Dalam waktu 14 hari setelah Rapat Persiapan Pelaksanaan, Penyedia jasa harus menyerahkan Program Mobilisasi (termasuk program perkuatan bangunan pelengkap antara lain jembatan sementara, bila ada) dan Jadwal Kemajuan Pelaksanaan kepada Pengawas Pekerjaan untuk dimintakan persetujuannya.
  - c Kecuali disebutkan lain dalam spesifikasi khusus, program mobilisasi harus menetapkan waktu untuk semua kegiatan mobilisasi yang disyaratkan dalam Pasal 1.2.1.1) dan harus mencakup informasi tambahan berikut:
    - 1 Lokasi *base camp* penyedia jasa dengan denah lokasi umum dan denah detail di lapangan yang menunjukkan lokasi kantor Penyedia jasa, bengkel, gudang, mesin pemecah batu, instalasi pencampur aspal, atau instalasi pencampur beton, dan laboratorium bilamana fasilitas tersebut termasuk dalam Lingkup Kontrak.
    - 2 Jadwal pengiriman peralatan yang menunjukkan lokasi asal dari semua peralatan yang tercantum dalam daftar peralatan yang diusulkan dalam Penawaran, bersama dengan usulan cara pengangkutan dan jadwal kedatangan peralatan di lapangan.
    - 3 Setiap perubahan pada peralatan maupun personil yang diusulkan dalam penawaran harus memperoleh persetujuan dari pengawas pekerjaan.
    - 4 Suatu daftar detail yang menunjukkan struktur yang memerlukan perkuatan agar aman dilewati alat-alat berat, usulan metodologi pelaksanaan dan jadwal tanggal mulai dan tanggal selesai untuk perkuatan setiap struktur.
    - 5 Suatu jadwal kemajuan yang lengkap dalam format bagan balok (*bar chart*) yang menunjukkan tiap kegiatan mobilisasi utama dan suatu kurva kemajuan untuk menyatakan persentase kemajuan mobilisasi.

### 1.2.3 Transportasi dan Penanganan

#### a Umum

Seksi ini menetapkan ketentuan-ketentuan untuk transportasi dan penanganan tanah, bahan campuran aspal panas, bahan-bahan lain, peralatan, dan perlengkapan.

## b Ketentuan Pra (Persiapan) Pelaksanaan

### 1 Rencana Rute Pengangkutan

Sebelum memulai setiap kegiatan di jalan-jalan umum yang akan digunakan untuk mengangkut bahan Penyedia jasa harus menyediakan informasi berikut ini :

- a). Peta terinci yang menunjukkan rute jalan dari lokasi semua sumber bahan (*quarry*) untuk semua kegiatan termasuk lokasi dari setiap penumpukan bahan ke tempat pekerjaan.
- b). Penyedia jasa harus memperoleh dari pemerintah setempat, batas tekanan gandar sepanjang semua *route* yang ditentukan dan menunjukkan *route-route* ini di atas peta.
- c). Penyedia jasa harus memperoleh izin dispensasi dari penyelenggara jalan sebagaimana diperlukan jika Penyedia jasa berencana membawa muatan yang melampaui batas yang disyaratkan melewati setiap jalan dan bangunan pelengkapannya.

### 2 Penilaian Kondisi Infrastuktur

Atas persetujuan rencana rute pengangkutan, Penyedia jasa harus melakukan survei yang lengkap terhadap semua infrastruktur pada jalur-jalur pengangkutan di bawah pengawasan Pengawas Pekerjaan.

Survei ini hampir dapat dipastikan berkonsentrasi pada jalan dan jembatan, tetapi dapat mencakup struktur lain yang mungkin terpengaruh oleh frekuensi lintasan kendaraan berat, seperti transportasi dermaga sungai/pantai untuk bongkar muat material. Survei ini harus mencatat semua kerusakan awal (sebelum digunakan) pada semua jalan. Permukaan atau struktur, didukung dengan photo dan rujukan melintang yang tepat pada lokasi-lokasi yang ada di dalam peta.

## c Pelaksanaan

### 1 Standar

Pelaksanaan pekerjaan harus mengacu pada Peraturan Pemerintah, Peraturan Daerah yang berlaku maupun ketentuan-ketentuan tentang pelestarian sumber daya alam dan lingkungan hidup.

### 2 Koordinasi

Penyedia jasa harus melakukan koordinasi yang diperlukan dalam kegiatan untuk selama pelaksanaan pekerjaan masih berlangsung sesuai dengan waktu pelaksanaan dalam dokumen kontrak, koordinasi tersebut terkait analisa dampak lalu lintas (amdalalin) maupun kesehatan, keamanan, kebersihan dan lingkungan (K3L), kecuali ditentukan lain dalam dokumen kontrak.

Bilamana terjadi tumpang tindih pelaksanaan antara beberapa Penyedia jasa, maka Pengawas Pekerjaan harus mempunyai kekuasaan penuh untuk memerintahkan setiap Penyedia jasa dan berhak menentukan urutan pekerjaan selanjutnya untuk menjaga kelancaran penyelesaian seluruh kegiatan.

Penyedia jasa harus menerima semua keputusan dari Pengawas Pekerjaan dan dianggap sebagai keputusan akhir tanpa menyebabkan adanya tuntutan apapun.

### 3 Pembatasan Beban Transportasi

- a). Bilamana diperlukan, pengawas pekerjaan dapat mengatur batas beban dan muatan sumbu untuk melindungi jalan atau jembatan yang ada di lingkungan kegiatan.
- b). Penyedia jasa harus bertanggung jawab atas setiap kerusakan jalan maupun jembatan yang disebabkan oleh kegiatan pelaksanaan pekerjaan.
- c). Bilamana menurut pendapat pengawas pekerjaan, kegiatan pengangkutan yang dilakukan oleh penyedia jasa akan mengakibatkan kerusakan jalan raya atau jembatan, atau bilamana terjadi banjir yang dapat menghentikan kegiatan pengangkutan oleh penyedia jasa, maka pengawas pekerjaan dapat memerintahkan penyedia jasa untuk menggunakan jalan alternatif, dan penyedia jasa tak berhak mengajukan tuntutan apapun untuk kompensasi tambahan sebagai akibat dari perintah pengawas pekerjaan.

### 4 Pembuangan Bahan di luar Ruang Milik Jalan

- a). Penyedia jasa harus mengatur pembuangan bahan di luar Ruang Milik Jalan sebagaimana disyaratkan dalam Spesifikasi Umum yang Berlaku.
- b). Bilamana terdapat bahan yang hendak dibuang di luar Ruang Milik Jalan, maka Penyedia jasa harus mendapatkan izin tertulis dari pemilik tanah di mana bahan buangan tersebut akan ditempatkan, dan izin tersebut harus ditembuskan kepada Pengawas Pekerjaan bersama dengan permohonan (*request*) untuk pelaksanaan.
- c). Tumpukan bahan yang dibuang tidak boleh mengganggu lingkungan di sekitarnya.

## 1.2.4 Bahan dan Penyimpanan

### a Pengadaan Bahan

#### 1 Sumber Bahan

Lokasi sumber bahan yang mungkin dapat dipergunakan dan pernah diidentifikasi serta diberikan dalam gambar hanya merupakan bahan informasi bagi penyedia jasa. Penyedia jasa tetap harus bertanggungjawab untuk mengidentifikasi dan memeriksa ulang apakah bahan tersebut cocok untuk dipergunakan dalam pelaksanaan pekerjaan.

#### 2 Variasi Mutu Bahan

Penyedia jasa harus menentukan sendiri jumlah serta jenis peralatan dan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan bahan yang memenuhi spesifikasi. Penyedia jasa harus menyadari bahwa contoh-contoh bahan tersebut tidak mungkin dapat menentukan batas-batas mutu bahan dengan tepat pada seluruh deposit, dan variasi mutu bahan harus dipandang sebagai hal yang biasa dan sudah diperkirakan. Pengawas pekerjaan dapat memerintahkan penyedia jasa untuk melakukan pengadaan bahan dari setiap tempat pada suatu deposit dan dapat menolak tempat-tempat tertentu pada suatu deposit yang tidak dapat diterima.

### 3 Persetujuan

- a). Pemesanan bahan tidak boleh dilakukan sebelum mendapat persetujuan tertulis dari pengawas pekerjaan sesuai dengan maksud penggunaannya. Bahan tidak boleh dipergunakan untuk maksud lain selain dari peruntukan yang telah disetujui.
- b). Jika mutu bahan yang dikirim ke lapangan tidak sesuai dengan mutu bahan yang sebelumnya telah diperiksa dan diuji, maka bahan tersebut harus ditolak, dan harus disingkirkan dari lapangan dalam waktu 48 jam, kecuali mendapat persetujuan lain dari pengawas pekerjaan.

### b Penyimpanan Bahan

#### 1 Umum

Bahan harus disimpan sedemikian rupa sehingga mutunya terjamin dan terpelihara serta siap dipergunakan untuk pekerjaan. Bahan yang disimpan harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga selalu siap pakai, dan mudah diperiksa oleh pengawas pekerjaan, serta tidak mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan sekitar dan penurunan keamanan sekitar. Tanah dan bangunan (*property*) orang lain tidak boleh dipakai tanpa izin tertulis dari pemilik atau penyewanya.

#### 2 Tempat Penyimpanan

Tempat penyimpanan di lapangan harus bebas dari tanaman dan sampah, bebas dari genangan air dan permukaannya harus lebih tinggi dari sekitarnya. Bahan yang langsung ditempatkan di atas tanah tidak boleh digunakan untuk pekerjaan, kecuali jika permukaan tanah tersebut telah disiapkan sebelumnya dan diberi lapis permukaan yang terbuat dari pasir atau kerikil setebal 10 cm sedemikian rupa hingga diterima oleh pengawas pekerjaan.

## 1.3 SURVEI DAN PENGUKURAN AWAL

### 1.3.1 Umum

Kajian Teknis Lapangan atau Survei adalah suatu kegiatan untuk mencari kesesuaian antara rancangan asli yang ditunjukkan dalam Gambar dengan kebutuhan aktual lapangan. Kegiatan ini terdiri dari survei lapangan dan analisis data lapangan. Penyedia jasa harus menyediakan personil ahli teknik untuk memperlancar pelaksanaan pekerjaan sehingga diperoleh mutu dan kinerja serta dimensi yang disyaratkan dalam ketentuan.

Pada awal pelaksanaan pekerjaan, personil tersebut harus disertakan dalam pelaksanaan suatu survei lapangan yang lengkap dan menyiapkan laporan hasil survei lapangan untuk menentukan kondisi fisik dan struktur lapangan yang ada. Selanjutnya personil tersebut harus disertakan dalam pematokan (*staking out*) dan survei seluruh kegiatan, investigasi dan pengujian bahan tanah, agregat, dan bahan aspal/bahan pengikat lainnya, dan kajian teknis serta penggambaran untuk menyimpan Dokumen Rekaman Kegiatan.

### 1.3.2 Penetapan Titik Pengukuran Dari Pekerjaan (*Setting Out Of Works*)

- a Secara umum, *Bench Mark* untuk survei rancangan akan menjadi rujukan terhadap jembatan yang akan ditetapkan titik pengukurannya
- b Penyedia jasa harus melakukan survei dengan akurat dan memasang "*Bench Mark*" (BM) pada lokasi tertentu di sepanjang lokasi kegiatan untuk memungkinkan peninjauan ulang (*review*) terhadap gambar, pengukuran ketinggian permukaan perkerasan atau penetapan titik pengukuran (*setting out*) dari pekerjaan yang akan dilakukan. *Bench Mark* permanen harus dibuat di atas tanah yang tidak akan mudah bergeser.
- c Bilamana pengawas pekerjaan memandang perlu, maka penyedia jasa harus menyediakan semua instrumen, personil, tenaga kerja dan bahan yang mungkin diperlukan untuk memeriksa penetapan titik pengukuran (*setting out*) atau untuk setiap pekerjaan relevan lainnya yang harus dilakukan.
- d Penyedia jasa tidak boleh memulai setiap bagian dari pekerjaan sebelum penyedia jasa memperoleh persetujuan penetapan titik pengukuran (*setting out*) dari pekerjaan tersebut.

## 1.4 KANTOR LAPANGAN DAN FASILITAS

### 1.4.1 Umum

#### a Uraian Pekerjaan

Penyedia jasa harus menyediakan, memasang, memelihara, membersihkan, menjaga, dan pada saat selesainya kontrak harus memindahkan atau membuang semua bangunan kantor darurat, gudang-gudang penyimpanan, barak-barak tenaga kerja dan bengkel-bengkel yang dibutuhkan untuk pengelolaan dan pengawasan kegiatan.

Kantor dan fasilitasnya yang disiapkan oleh Penyedia jasa menurut Spesifikasi Umum yang berlaku, tetap menjadi milik Penyedia jasa setelah Kontrak berakhir.

#### b Ketentuan Umum

- 1 Penyedia jasa harus menaati semua peraturan-peraturan nasional maupun daerah.
- 2 Kantor dan fasilitasnya harus ditempatkan sesuai dengan lokasi umum dan denah lapangan yang telah disetujui dan merupakan bagian dari program mobilisasi, di mana penempatannya harus diusahakan sedekat mungkin dengan daerah kerja (*site*) dan telah mendapat persetujuan dari pengawas pekerjaan.
- 3 Bangunan untuk kantor dan fasilitasnya harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga terbebas dari polusi yang dihasilkan oleh kegiatan pelaksanaan.

- 4 Bangunan yang dibuat harus mempunyai kekuatan struktural yang baik, tahan cuaca, dan elevasi lantai yang lebih tinggi dari tanah di sekitarnya.
- 5 Bangunan untuk penyimpanan bahan harus diberi bahan pelindung yang cocok sehingga bahan-bahan yang disimpan tidak akan mengalami kerusakan.
- 6 Sesuai pilihan penyedia jasa, bangunan dapat dibuat di tempat atau dirakit dari komponen-komponen pra-fabrikasi.
- 7 Kantor lapangan dan gudang sementara harus didirikan di atas fondasi yang mantap dan dilengkapi dengan penghubung dengan untuk pelayanan utilitas.
- 8 Bahan, peralatan dan perlengkapan yang digunakan untuk bangunan dapat baru atau bekas pakai, tetapi dengan syarat harus dapat berfungsi, cocok dengan maksud pemakaiannya dan tidak bertentangan dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
- 9 Lahan untuk kantor lapangan dan semacamnya harus ditimbun dan diratakan sehingga layak untuk ditempati bangunan, bebas dari genangan air, diberi pagar keliling, dan dilengkapi minimum dengan jalan masuk dari kerikil serta tempat parkir.
- 10 Penyedia jasa harus menyediakan sarana dan prasarana untuk keselamatan dan kesehatan kerja.
- 11 Kantor lapangan (*basecamp*) harus dapat menginformasikan arah evakuasi menuju titik berkumpul (*assembly point*) pada keadaan darurat bencana.
- 12 Basecamp harus dapat mengakomodasi kebutuhan gender (*responsive gender*).

#### 1.4.2 Kantor Penyedia jasa Dan Fasilitasnya

##### a Umum

Penyedia jasa harus menyediakan akomodasi dan fasilitas kantor yang cocok dan memenuhi kebutuhan kegiatan sesuai yang disyaratkan pada spesifikasi umum yang berlaku, serta mempertimbangkan aspek gender.

##### b Ukuran

Ukuran kantor dan fasilitasnya sesuai untuk kebutuhan umum berdasarkan dengan paket pekerjaannya. Penyedia jasa dan harus menyediakan sebuah ruangan yang digunakan untuk rapat kemajuan pekerjaan.

##### c Alat Komunikasi

- 1 Penyedia jasa harus menyediakan alat komunikasi dua arah dan dapat digunakan selama masa kontrak.
- 2 Bilamana sambungan saluran telepon tetap (*stationary*) atau bergerak (*mobile*) tidak mungkin disediakan atau tidak dapat disediakan dalam masa mobilisasi, maka Penyedia jasa harus menyediakan pengganti berupa alat komunikasi lainnya yang dapat berkomunikasi dengan jelas dan dapat diandalkan antara kantor wakil pengguna jasa, kantor tim supervisi lapangan dan titik terjauh di lapangan. Sistem telepon harus dipasang di kantor utama dan semua kantor cabang serta digunakan sesuai dengan petunjuk dari pengawas pekerjaan.



- 3 Bilamana izin atau perizinan dari instansi pemerintah yang terkait diperlukan untuk pemasangan dan penggunaan sistem telepon satelit semacam ini, pengawas pekerjaan akan melakukan semua pengaturan, tetapi semua biaya yang timbul harus dibayar oleh penyedia jasa.
- d **Perlengkapan dalam Ruang Rapat dan Ruang Penyimpanan Dokumentasi Kegiatan**
    - 1 Meja rapat dengan kursi untuk paling sedikit 8 orang, kecuali ditentukan lain dalam dokumen kontrak.
    - 2 Rak atau laci untuk penyimpanan gambar dan arsip untuk Dokumentasi Kegiatan secara vertikal atau horisontal, yang ditempatkan di dalam atau dekat dengan ruang rapat.
  - e **Kantor Pendukung**

Bilamana penyedia jasa menganggap perlu untuk mendirikan satu kantor pendukung atau lebih, yang akan digunakan untuk keperluan sendiri pada jarak 50 km atau lebih dari kantor utama di lapangan, maka penyedia jasa harus menyediakan, memelihara dan melengkapi satu ruangan pada setiap kantor pendukung dengan ukuran sekitar 12 meter persegi yang akan digunakan oleh staf pengawas pekerjaan untuk setiap kantor pendukung, kecuali ditentukan lain dalam dokumen kontrak.

#### **1.4.3 Bengkel Dan Gudang Penyedia jasa**

- a Penyedia jasa harus menyediakan sebuah bengkel di lapangan yang diberi perlengkapan yang memadai serta dilengkapi dengan daya listrik, sehingga dapat digunakan untuk memperbaiki peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan. Sebuah gudang untuk penyimpanan suku cadang, bahan untuk rehabilitasi jembatan juga harus disediakan.
- b Bengkel tersebut harus dikelola oleh seorang kepala bengkel yang mampu melakukan perbaikan mekanis dan memiliki sejumlah tenaga pembantu yang terlatih.

#### **1.4.4 Kantor Dan Akomodasi Untuk Pengawas Pekerjaan**

Ketentuan ini disediakan dalam Kontrak lain yang terpisah.

### **1.5 FASILITAS DAN LAYANAN PENGUJIAN**

#### **1.5.1 Umum**

- a **Uraian**

Pekerjaan ini mencakup penyediaan bahan, fasilitas, pekerja, pelayanan dan hal-hal lain yang diperlukan untuk melaksanakan pengujian pengendalian mutu dan kecakapan kerja yang disyaratkan dalam kontrak. Penyedia jasa harus bertanggungjawab atas pelaksanaan semua pengujian dan berkoordinasi dengan manager kendali mutu dan di bawah pengawasan pengawas pekerjaan.

Penyedia jasa harus melaksanakan pengujian pengendalian mutu di laboratorium lapangan atau di laboratorium lain yang disetujui oleh pengawas pekerjaan.

Semua survei, pengujian, audit teknis, dan sebagainya harus dilengkapi dengan peralatan GPS untuk ketepatan koordinat (garis lintang-garis bujur). Semua fasilitas, perlengkapan, peralatan pengujian dan sarana lainnya yang disiapkan oleh penyedia jasa menjadi milik penyedia jasa setelah kontrak berakhir.

b Pengajuan Kesiapan Kerja

Penyedia jasa diwajibkan untuk menyerahkan:

- 1 Usulan Laboratorium Pengujian: detail-detail dari mobilisasi laboratorium dan peralatannya sebagai bagian dari program mobilisasi, dan harus disediakan oleh penyedia jasa.
- 2 Usulan personil penguji disertai dengan data-data yang diperlukan dan diusulkan oleh penyedia jasa untuk memeriksa dan menguji menurut kontrak.
- 3 Jadwal inspeksi dan pengujian berupa jadwal induk (*master schedule*) semua pekerjaan yang akan diinspeksi dan diuji, sesuai dengan jadwal pelaksanaan (*construction schedule*) yang ada dapat ditentukan tanggal sementara untuk masing-masing kegiatan pengujian. Jadwal kegiatan pengujian ini harus diserahkan kepada pengawas pekerjaan dalam formulir pendahuluan (*preliminary form*) untuk dievaluasi pada setiap awal bulan.
- 4 Formulir pengujian berupa usulan formulir pengujian standar yang akan digunakan dalam kontrak ini untuk semua jenis pengujian yang disyaratkan, harus diserahkan kepada pengawas pekerjaan dalam waktu 45 hari terhitung sejak tanggal mulai kerja, untuk mendapat persetujuan dari pengawas pekerjaan, kecuali ditentukan lain dalam dokumen kontrak.

### 1.5.2 Fasilitas Laboratorium Dan Pengujian

- a Penyedia jasa harus menyediakan pelayanan pengujian dan fasilitas laboratorium sebagaimana disyaratkan untuk memenuhi seluruh ketentuan pengendalian mutu dari (sesuai) spesifikasi umum yang berlaku.
- b Penyedia jasa harus menyediakan dan memelihara sebuah laboratorium lengkap dengan peralatannya sesuai dengan lingkup pekerjaannya di lapangan, dengan ketentuan berikut:

1 Tempat Kerja

- a). Laboratorium haruslah merupakan bangunan terpisah dengan luas bangunan sekurang-kurangnya 108 meter persegi seperti yang disyaratkan pada spesifikasi umum yang berlaku, dan ditempatkan sesuai dengan lokasi umum dan denah tempat Kerja yang telah disetujui dan merupakan bagian dari program mobilisasi.
- b). Bangunan harus dilengkapi dengan lantai beton beserta fasilitas pembuangan air kotor, dan dilengkapi dengan dua buah pendingin udara (*air conditioning*) masing-masing berkapasitas minimum 1,5 PK, serta harus memenuhi semua ketentuan pada spesifikasi umum yang berlaku.

c). Perlengkapan di dalam ruangan bangunan harus terdiri atas meja kerja, lemari, ruang penyimpanan yang dapat dikunci, tangki perawatan, laci arsip (*filig cabinet*), meja dan kursi dengan mutu standar dan jumlah yang mencukupi kebutuhan.

## 2 Peralatan dan Perlengkapan

Peralatan dan perlengkapan laboratorium seperti yang terdaftar dalam Lampiran 1.4.B pada spesifikasi umum yang berlaku, harus sudah disediakan dalam waktu 45 hari terhitung sejak tanggal mulai kerja, sehingga pengujian sumber bahan dapat dimulai sesegera mungkin.

alat-alat ukur atau pengujian bahan untuk pekerjaan yang berhubungan dengan jembatan seperti pengujian tulangan, mutu beton dan lainnya harus dikalibrasi oleh instansi yang berwenang yang disetujui oleh pengawas pekerjaan dengan menunjukkan sertifikat kalibrasi yang masih berlaku.

### 1.5.3 Prosedur Pelaksanaan Pengujian

#### a Peraturan Dan Rujukan

Merujuk pada Standard Nasional Indonesia (SNI), sebagaimana diuraikan dalam pada spesifikasi umum yang berlaku, harus digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan. dalam segala hal, Penyedia jasa harus menggunakan SNI yang relevan atau setara untuk menggantikan standar-standar lain yang ditunjukkan di dalam spesifikasi umum yang berlaku. Bilamana standar tersebut tidak terdapat dalam spesifikasi umum yang berlaku, Penyedia jasa harus menggunakan SNI terbaru atau standar lain yang relevan sebagai pengganti atas perintah pengawas pekerjaan.

#### b Personil

Personil yang bertugas pada pengujian bahan haruslah terdiri atas tenaga-tenaga yang mempunyai pengalaman cukup dan telah terbiasa melakukan pengujian bahan yang diperlukan dan harus mendapat persetujuan terlebih dahulu dari pengawas pekerjaan.

#### c Formulir

Formulir yang digunakan untuk pengujian sesuai dengan formulir yang ada pada Standar Nasional Indonesia (SNI), dan harus disetujui terlebih dahulu oleh pengawas pekerjaan.

#### d Pemberitahuan

Penyedia jasa harus memberitahu pengawas pekerjaan rencana waktu pelaksanaan pengujian, paling sedikit satu hari sebelum pengujian dilaksanakan sehingga memungkinkan pengawas pekerjaan untuk menyaksikan setiap pengujian.

#### e Distribusi

Laporan pengujian harus segera dikerjakan dan didistribusikan kepada pengawas pekerjaan, sehingga memungkinkan untuk melakukan pengujian ulang, penggantian bahan atau pemadatan ulang (jika diperlukan) sedemikian hingga dapat mengurangi keterlambatan dalam pelaksanaan Pekerjaan.

## 1.6 MANAJEMEN DAN KESELEMATAN LALU LINTAS

### 1.6.1 Umum

Manajemen lalu lintas merupakan pekerjaan pengaturan lalu lintas selama masa konstruksi yang harus dituangkan dalam Rencana Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas (RMKL) yang disusun oleh penyedia jasa berdasarkan tahapan dan metoda pelaksanaan pekerjaan.

Penyedia jasa harus menyediakan, memasang, memelihara perlengkapan sementara dan harus menyediakan petugas bendera (*flagmen*) dan/atau alat pemberi isyarat lalu lintas lainnya sepanjang zona kerja saat diperlukan selama masa pelaksanaan. Manajemen dan keselamatan lalu lintas harus dilakukan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semua pengaturan lalu lintas yang disediakan dan dipasang oleh penyedia jasa harus dikaji dan disetujui oleh pengawas pekerjaan agar sesuai dengan ukuran, lokasi, reflektivitas (daya pantul), visibilitas (daya penglihatan), kecocokan, dan penggunaan yang sebagaimana mestinya sesuai dengan kondisi kerja yang khusus.

Pemenuhan manajemen keselamatan lalu lintas tidak dapat dilaksanakan pada setiap pekerjaan jembatan maka pemenuhan manajemen keselamatan lalu lintas dilakukan dengan persetujuan pengawas pekerjaan, kecuali ditentukan lain dalam dokumen kontrak.

### 1.6.2 Rencana Manajemen Dan Keselamatan Lalu Lintas

#### a Urutan Pekerjaan dan Rencana Manajemen Lalu Lintas

Penyedia jasa harus menjaga seluruh kegiatan pekerjaan sepanjang jalan dalam kondisi sedemikian agar lalu lintas dapat terbuka dengan selamat dan seluruh pekerja, dan pengguna jalan terlindungi.

Sebelum memulai pekerjaan apapun, penyedia jasa harus menyiapkan dan mengajukan kepada pengawas pekerjaan, Rencana Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas (RMKL) untuk kegiatannya selama masa pelaksanaan. RMKL harus berdasarkan analisa arus lalu lintas tingkat makro dan juga mikro dan tidak hanya terfokus di daerah konstruksi. RMKL harus disusun oleh Tenaga Ahli Keselamatan Jalan dari Penyedia jasa, disampaikan pada saat rapat persiapan pelaksanaan pekerjaan konstruksi (*Pre Construction Meeting/PCM*) dan mendapatkan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan. RMKL harus dimutakhirkan secara regular berdasarkan kondisi tempat pekerjaan.

Melakukan Analisa Dampak Lalu Lintas (ANDALALIN) sebagaimana ketentuan Peraturan Menteri Perhubungan No.75 Tahun 2016 atau perubahannya (jika ada) tentang Penyelenggaraan Analisis Dampak Lalu Lintas, maka penyusunan dokumen Rencana Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas (RMKL) harus merujuk pada dokumen hasil Analisa Dampak Lalu Lintas (ANDALALIN).

RMKL harus memperhitungkan Prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan harus memperhitungkan dan menyediakan fasilitas khusus untuk pejalan kaki dan kendaraan tidak bermotor jika dibutuhkan.

## b Implementasi Pekerjaan Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas

Pengawas pekerjaan menetapkan bahwa ketentuan yang sebagaimana mestinya untuk pengendalian lalu lintas untuk keselamatan pengguna jalan tidak disediakan, tidak dipelihara atau tidak dilaksanakan sesuai lingkup dari RMKL, pengawas pekerjaan dapat membatasi kegiatan Penyedia jasa yang mempengaruhi situasi semacam ini sampai penyesuaian yang diperlukan telah dilaksanakan. Pengawas pekerjaan dapat juga menangguhkan seluruh pekerjaan sampai penyesuaian tersebut dicapai.

Bilamana keselamatan pengguna jalan atau tenaga kerja diabaikan secara serius dan dengan sengaja oleh penyedia jasa, pengawas pekerjaan dapat menghentikan kegiatan penyedia jasa yang terkait dan dikenakan pemotongan bayaran seperti yang diuraikan pada spesifikasi umum yang berlaku.

Semua usia tenaga kerja paling muda berusia 18 tahun, dan tenaga kerja harus mengenakan baju yang reflektif, sepatu boot dan helm kerja pada setiap saat selama jam kerja di dalam daerah kerja.

Pelaksanaan pengaturan lalu lintas perlu berkoordinasi dengan pihak Kepolisian dan/atau Dinas Lalu Lintas dan angkutan jalan setempat.

Penyedia jasa harus menyediakan petugas bendera (*flagmen*) dan/atau perlengkapan jalan sementara pada setiap titik lokasi konflik antara lalu lintas umum dengan kendaraan dan/atau kegiatan proyek antara lain di :

- 1 Lokasi pertemuan jalan umum dengan jalan akses lokasi *basecamp*, sumber bahan (*quarry*) dan/atau tumpukan bahan (*stockpile material*).
- 2 Lokasi awal dan akhir jalur lalu lintas pada segmen jalan dan jembatan yang sedang dilakukan kegiatan konstruksi.
- 3 Lokasi pertemuan jalan umum dengan jalan akses kegiatan konstruksi.
- 4 Lokasi jembatan sementara.
- 5 Lokasi lainnya dengan potensi konflik lalu lintas umum dengan kendaraan proyek.

Pekerjaan pada malam hari harus diterangi dengan lampu dan atau sistem reflektif yang disetujui pengawas pekerjaan. Sistem penerangan harus ditempatkan dan dijalankan sedemikian hingga agar sorot cahaya tidak mengganggu pengguna jalan pada lokasi tersebut. Lampu pijar tidak diperkenankan untuk digunakan.

Pagar pengaman sementara dan/atau pembatas daerah konstruksi yang bersinggungan langsung dengan jalur lalu lintas harus dilengkapi dengan lampu pengaman sebagai tanda batas lokasi pekerjaan sekaligus sebagai pengarah bagi pengguna jalan untuk melalui jalur lalu lintas dengan aman.

Pada saat pelaksanaan konstruksi, pengawas pekerjaan wajib memeriksa dan mengawasi pelaksanaan keselamatan lalu lintas di lokasi pekerjaan dengan membuat formulir pemantauan kesesuaian berdasarkan RMKL yang telah

disepakati pada saat rapat persiapan pelaksanaan pekerjaan konstruksi termasuk di dalamnya adalah kelengkapan perlengkapan jalan sementara.

c Koordinasi Antara Berbagai Kontrak-kontrak Pekerjaan Sipil

Penyedia jasa akan diberitahu setiap pekerjaan sipil lainnya yang terdaftar dalam Lampiran 1.8.A pada spesifikasi umum yang berlaku, yang dijadwalkan untuk dilaksanakan selama masa pelaksanaan.

d Pemeliharaan Perlengkapan Jalan Sementara

Penyedia jasa harus menyediakan personil untuk melakukan pengawasan berkesinambungan terhadap kegiatan pengendalian lalu lintasnya. Personil tersebut harus tersedia baik siang maupun malam untuk menanggapi panggilan jika ada kerusakan dan/atau penurunan fungsi perlengkapan jalan dan jembatan sementara, antara lain terhadap barikade, lampu, rambu-rambu sementara, marka sementara dan sebagainya baik karena vandalisme atau kecelakaan lalu lintas.

Pemeliharaan perlengkapan jalan sementara oleh Penyedia jasa dapat berupa:

- 1 Perbaikan perlengkapan jalan sementara yang rusak.
- 2 Pembersihan rambu sementara atau penghalang plastik yang kotor karena vandalisme atau tingkat refleksinya menurun.
- 3 Mengganti perlengkapan jalan sementara yang rusak dan tidak dapat diperbaiki.

Penyedia jasa harus memberitahu identitas personil tersebut kepada pengawas pekerjaan maupun pejabat lalu lintas setempat (termasuk polisi) di tempat kerja.

e Bahan dan Peralatan

Penyedia jasa harus menyediakan perlengkapan jalan sementara sesuai RMKL atau sesuai perintah pengawas pekerjaan bila dianggap perlu. Semua perlengkapan jalan sementara ini tetap menjadi milik penyedia jasa pada akhir masa Kkontrak. perlengkapan jalan sementara, dapat berupa :

- 1 Alat pemberi isyarat lalu lintas sementara.
- 2 Rambu lalu lintas sementara.
- 3 Marka jalan sementara.
- 4 Alat penerangan sementara.
- 5 Alat pengendali pemakai jalan dan jembatan sementara, terdiri atas:
  - a). alat pembatas kecepatan; dan
  - b). alat pembatas tinggi dan lebar kendaraan;
- 6 Alat pengaman pemakai jalan dan jembatan sementara, terdiri atas:
  - a). pagar pengaman/Penghalang lalu lintas.
  - b). cermin tikungan.
  - c). patok pengarah (*delineator*).
  - d). pulau-pulau lalu lintas sementara.
  - e). pita penggaduh (*rumble strip*), dan

f). *Traffic Cones.*

Penyediaan dan penempatan alat pemberi isyarat lalu lintas dan rambu lalu lintas sementara sekurang-kurangnya harus sesuai dengan pedoman Teknis Perencanaan Perambuan Sementara untuk Pekerjaan Jalan No.Pd-T-12-2003, Instruksi Diijen Bina Marga No.02/IN/Db/2012 atau perubahannya (jika ada) tentang Panduan Teknis Rekayasa Keselamatan Jalan: Panduan Teknis 3: Keselamatan di Lokasi Pekerjaan Jalan, dan Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 13/2014 atau perubahannya (jika ada) tentang Rambu Lalu Lintas atau yang termutakhir.

Semua bahan dan peralatan yang disediakan untuk implementasi kegiatan-kegiatan manajemen dan keselamatan lalu lintas harus disediakan oleh Penyedia jasa dan tetap menjadi miliknya pada akhir Masa Kontrak.

Perlengkapan jalan sementara yang rusak oleh sebab apapun selama masa pelaksanaan harus diperbaiki atau diganti segera, termasuk pengecatan jika perlu oleh Penyedia jasa dengan biaya sendiri.

Bilamana tidak diperlukan lagi, perlengkapan jalan sementara harus disingkirkan dari area kerja.

Perlengkapan jalan sementara harus dibuat sedemikian hingga tidak merusak kendaraan yang melalui atau mencelakai pengguna jalan jika tertabrak dan harus tetap stabil dan berdiri di tempat ketika diterpa angin maupun getaran akibat lalu lintas kendaraan berat.

f Koordinator Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas

Penyedia jasa harus menyediakan tenaga Koordinator Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas (KMKL) yang memadai, dengan pengalaman yang sesuai minimum 3 tahun dalam tugas-tugas semacam ini dan staf yang diperlukan (jumlah minimum 2 orang) yang dibawahinya untuk seluruh pengendalian dan pelaksanaan dari manajemen dan keselamatan lalu lintas, termasuk koordinasi dengan pejabat lalu lintas setempat yang bertanggungjawab sesuai yuridiksi Daerah Kerja, sedemikian hingga dapat memperkecil halangan, risiko keselamatan dan memperlancar arus lalu lintas yang melalui daerah pekerjaan konstruksi dan melalui jalan-jalan pengalihan yang sesuai dan disetujui. Pemilihan KMKL harus disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

KMKL harus secara aktif berpartisipasi dalam semua rapat reguler maupun khusus dengan Pengawas Pekerjaan. KMKL harus siap dihubungi pada setiap saat (24 jam per hari, 7 hari per minggu) melalui komunikasi bergerak untuk mengatasi kesulitankesulitan, keadaan darurat, dan hal-hal lain terkait lalu lintas dan manajemen keselamatan lalu lintas selama Masa Pelaksanaan.

KMKL adalah individu yang bertanggungjawab atas semua permintaan Pengawas Pekerjaan yang terkait dengan hal-hal manajemen dan keselamatan lalu lintas. KMKL mempunyai wewenang untuk mengambil keputusan dan berkoordinasi dengan personil Penyedia jasa untuk hal-hal manajemen dan keselamatan lalu lintas.

Tugas-tugas KMKL harus mencakup berikut ini:

- 1 Memahami persyaratan kontraktual, termasuk gambar, spesifikasi, dan lingkungan di mana pekerjaan akan dilaksanakan;

- 2 Menginspeksi rutin terhadap kondisi dan keefektifan dari pengaturan lalu lintas yang digunakan dalam kegiatan dan memastikan bahwa perlengkapan tersebut berfungsi sebagaimana mestinya, bersih, dapat dilihat dan memenuhi spesifikasi, gambar, serta peraturan-peraturan setempat;
- 3 Meninjau dan mengantisipasi kebutuhan atas pengaturan lalu lintas yang sesuai, memberi pendapat kepada pengawas pekerjaan tentang hal-hal terkait, dan memastikan bahwa RMKL telah diimplementasikan untuk pergerakan lalu lintas yang aman dan efisien;
- 4 Mengkoordinasikan pemeliharaan kegiatan lalu lintas dengan pengawas pekerjaan;
- 5 Melakukan rapat keselamatan lalu lintas dengan penyedia jasa sebelum pelaksanaan dimulai, dan rapat berkala yang dianggap perlu atau sebagaimana diperintahkan oleh pengawas pekerjaan. Pengawas pekerjaan harus diberitahu sebelumnya untuk menghadiri rapat-rapat ini.

g Penutupan Jalan yang Tidak Sah

Semua penutupan dini/lambat atas jalan atau lajur di luar waktu yang ditetapkan dapat dikategorikan sebagai penutupan jalan yang tidak sah.

Semua penutupan total jalan tanpa suatu jalan pengalihan yang pantas harus dipandang sebagai penutupan jalan yang tidak sah dan penyedia jasa harus menanggung segala tuntutan yang timbul dari pihak ketiga.

h Akses Menuju Daerah Kerja

Penyedia jasa harus menggunakan sebuah kendaraan penghantar ketika memasuki atau meninggalkan daerah kerja sampai jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas. Penyedia jasa harus menyediakan fasilitas yang sama untuk Personil Pengawas Pekerjaan dan Pengguna Jasa.

Memasuki dan meninggalkan daerah kerja harus dilaksanakan dengan selamat sehingga memperkecil risiko terhadap para tenaga kerja dan pengguna jalan.

i Kejadian Khusus dan Hari Libur

Tabel 1.8.B.4 pada Lampiran 1.8 B dari spesifikasi umum yang berlaku, mengidentifikasi kejadian khusus di mana selama waktu pada hari libur, Pengawas pekerjaan berhak untuk tidak mengizinkan penutupan jalan.

Pengawas pekerjaan dapat juga membatalkan penutupan jalan dengan pertimbangan teknis dan K3L, keadaan kahar dan pertimbangan lainnya.

Penyedia jasa harus mempertimbangkan kejadian semacam ini dalam rencana kerjanya.

j Penutupan Lajur/Jalan dengan Menggunakan Tanda Visual

Penutupan lajur dengan menggunakan tanda visual harus dilakukan sesuai dengan detail-detail dalam gambar atau sebagaimana yang diperintahkan oleh pengawas pekerjaan.



k Penutupan Jalan Keluar/Masuk pada Jalan Umum

Penutupan jalan keluar/masuk pada jalan umum harus dilakukan sesuai dengan detail-detail dalam Gambar atau sebagaimana yang diperintahkan oleh pengawas pekerjaan.

l Penutupan Jalan Keluar/Masuk pada Jalan dalam Kota

Penutupan jalan keluar/masuk pada jalan dalam kota harus dilakukan sesuai dengan detail-detail dalam Gambar atau sebagaimana yang diperintahkan oleh pengawas pekerjaan.

m Rambu Lalu Lintas dan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Tambahan

Pengawas Pekerjaan dapat meminta rambu lalu lintas tambahan dan Penyedia jasa harus menyediakan tambahan rambu-rambu lalu lintas sementara atau alat pemberi isyarat lalu lintas. Peralatan tersebut harus sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Pengawas Pekerjaan. Penyedia jasa harus menyediakan peralatan tersebut dalam waktu 48 jam dan memasang serta memelihara peralatan tersebut selama Masa Pelaksanaan.

### 1.6.3 Uraian Perlengkapan Minimal Jalan Sementara

a Rambu-rambu Sementara

Istilah “Rambu-rambu Sementara” harus mencakup semua rambu-rambu sementara yang diperlukan untuk arah lalu lintas umum yang melalui dan sekitar pekerjaan selama pelaksanaan pekerjaan. Rambu-rambu ini ditunjukkan dan dirujuk dalam Gambar.

Rambu-rambu sementara harus dipasang pada lokasi yang ditunjukkan dalam gambar sebagaimana yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.

Rambu-rambu sementara harus memenuhi semua ketentuan dalam Spesifikasi yang berlaku.

Rambu sementara pada pekerjaan jalan terdiri dari rambu tetap, rambu portabel dan rambu elektronik.

Rambu-rambu sementara yang tidak dirancang sebagai rambu tetap atau portabel pada gambar akan menjadi pilihan Penyedia jasa, apakah tetap atau portabel.

Semua rambu-rambu sementara harus memenuhi ketentuan-ketentuan dimensi, warna dan tanda sesuai gambar dalam spesifikasi ini.

Rambu-rambu sementara harus terlihat dengan jarak 150 meter dan terbaca dengan jarak 90 meter pada cuaca cerah siang hari dan pada malam hari dengan sorot lampu rendah standar oleh yang memiliki ketajaman visus mata 20/20 (angka 20 yang pertama artinya yang bersangkutan berdiri dan dapat membaca obyek dengan jarak 20 feet atau 6 meter, sedangkan angka 20 yang kedua artinya orang bermata normal berdiri dan dapat membaca dengan jarak 20 feet atau 6 meter).

Penyedia jasa dapat diminta untuk menutupi rambu-rambu tertentu selama kemajuan pekerjaan. Tutup untuk rambu-rambu daerah konstruksi haruslah dengan ukuran dan ketebalan yang cukup untuk menutup seluruh informasi sedemikian hingga informasi

tersebut tidak terlihat baik selama siang maupun malam hari. Tutup harus diikat dengan kencang untuk mencegah pergerakan yang disebabkan oleh angin.

Penyedia jasa harus membersihkan semua panel rambu saat pemasangan dan sesering mungkin setelah pemasangan tersebut sebagaimana ditetapkan oleh Pengawas Pekerjaan jika dianggap perlu, tetapi paling sedikit setiap 4 bulan sekali.

Rambu yang digunakan dengan lembar bahan temple atau cat langsung pada panel akan dipandang memenuhi syarat jika rambu tersebut memenuhi ketentuan-ketentuan keterlihatan, keterbacaan dan warnanya memenuhi kebutuhan sebagaimana yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan. Perbedaan menyolok warna reflektif antara siang dan malam akan menjadi dasar untuk menolak rambu-rambu tersebut.

Untuk menyediakan rambu-rambu tersebut dengan memadai atas perubahan kondisi lalu lintas dan kerusakan yang disebabkan oleh lalu lintas umum atau sebaliknya, Penyedia jasa harus segera menyediakan tambahan panel, tiang dan perlengkapan atau rambu portabel yang dipasang di daerah konstruksi. Penyedia jasa harus memelihara inventaris barang-barang yang umum diperlukan di tempat kerja dan menyediakan barang-barang tersebut dalam waktu pemberitahuan yang singkat.

#### 1 Rambu-Rambu Tetap

Rambu-rambu tetap harus dengan tiang kayu dengan cara yang sama sebagaimana ditunjukkan dalam gambar atau sebagaimana diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan untuk pemasangan rambu-rambu pada tepi jalan, kecuali berikut ini:

- a). Pengaku dan rangka pada bagian belakang panel dari rambu tidak diperlukan.
- b). Tinggi dari dasar panel di atas tepi jalur lalu lintas paling sedikit 1,5 meter kecuali jika rambu ditempatkan pada jalur pejalan kaki dan sepeda maka tinggi dari dasar panel rambu di atas tepi jalur lalu lintas paling sedikit harus 2,1 meter.
- c). Tiang rambu-rambu daerah konstruksi dapat dipasang tepat di atas penunjang sementara rambu-rambu yang berbentuk datar sebagaimana disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, atau rambu-rambu yang dapat dipasang pada tiang listrik yang ada atau penunjang lainnya sebagaimana yang disetujui Pengawas Pekerjaan. Bilamana rambu-rambu daerah konstruksi dipasang pada tiang listrik yang ada, maka tidak boleh dibuat lubang pada tiang yang menunjang rambu tersebut.
- d). Tiang yang tertanam harus dengan kedalaman 0,8 meter dan lubang tiang harus ditimbun kembali di sekeliling tiang dengan beton mutu  $f_c' 10$  MPa atau sebagaimana yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

Ukuran tiang dan jumlah tiang haruslah sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar, kecuali jika rambu-rambu tetap dipasang dan jenis rambu yang dipasang tidak ditunjukkan dalam Gambar, ukuran tiang dan jumlah tiang harus ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan. Tiang haruslah dari kayu yang baik mutunya dan tidak cacat, sesuai untuk tujuan yang dimaksud.

Rambu tetap yang digunakan selama masa konstruksi harus terbuat dari bahan retroreflektif dan berkeselamatan yaitu tidak menyebabkan fatalitas kecelakaan jika tertabrak.

Panel-panel rambu untuk rambu tetap haruslah terdiri dari lembaran plywood.

Tanda dan tepi dapat dilakukan dengan proses sablon. Ukuran dan jarak hurufhuruf dan lambang-lambang haruslah sebagaimana yang dilukiskan dalam lembar spesifikasi rambu-rambu yang diterbitkan oleh Pengguna Jasa.

## 2 Rambu Portabel

Masing-masing rambu portabel haruslah terdiri dari dasar, penunjang atau kerangka dan panel rambu. Unit-unit ini harus dapat dikirim ke lapangan untuk digunakan dan ditempatkan untuk pelaksanaan yang segera.

Panel-panel rambu untuk rambu portabel haruslah terdiri dari lembaran plywood.

Penunjang atau kerangka rambu harus mampu menunjang panel dengan dimensi maksimum 120 cm, dalam posisi tegak lurus dengan pusat dari panel rambu dan jarak minimum panel di atas perkerasan adalah 1,2 meter. Jika rambu portabel berpindah tempat atau terguling, oleh sebab apapun, selama kemajuan pekerjaan, Penyedia jasa harus segera mengganti rambu-rambu itu pada lokasi awal dari rambu-rambu tersebut.

## 3 Rambu Elektronik

Rambu elektronik yang digunakan atau dipasang harus sesuai dengan peraturan dan ketentuan yang dikeluarkan oleh kementerian teknis terkait.

Semua rambu yang digunakan pada pekerjaan konstruksi dan pada jalan sementara mengacu kepada Peraturan Menteri Perhubungan No.13 Tahun 2014 dengan spesifikasi teknis yang diterbitkan oleh kementerian teknis terkait.

### b Penghalang Lalu Lintas

Penghalang lalu lintas harus terbuat dari bahan jenis plastik yang baru sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar. Penghalang dengan beton pracetak hanya diperbolehkan dengan izin khusus dari Pengawas Pekerjaan.

Penghalang lalu lintas harus digunakan untuk memandu lalu lintas untuk tidak melintasi perkerasan yang baru dihampar dan dipasang pada lokasi yang ditunjukkan dalam Gambar atau sebagaimana yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.

Penghalang lalu lintas yang dirancang sebagai “jenis plastik” dalam Gambar harus memenuhi ketentuan-ketentuan pada Spesifikasi Umum yang Berlaku.

Penghalang lalu lintas harus memenuhi ketentuan dimensi dan warna yang terdapat dalam Gambar dan Spesifikasi ini.

#### **Penghalang Lalu Lintas, Jenis Plastik :**

- 1 Penghalang lalu lintas, jenis plastik harus digunakan untuk pengalih lalu lintas dari perkerasan aspal beton yang baru.
- 2 Penghalang lalu lintas, jenis plastik harus cukup berat agar dapat tetap stabil jika terdapat angin atau pusaran angin akibat lewatnya lalu lintas. Penghalang ini harus dipasang rapat dan saling mengunci satu dengan yang lain sesuai manual dari pabrik.

- 3 Pemberat yang digunakan untuk penghalang lalu lintas jenis plastik haruslah air dan terisi sesuai dengan ketentuan pabrik.

c Marka Jalan Sementara

Bahan untuk marka jalan sementara dapat berupa pita rekat (road marking tape) yang berwarna putih / kuning atau paku jalan dengan mata kucing. Sebelum melakukan pemasangan Penyedia jasa harus menunjukkan contoh bahan marka sementara untuk mendapat persetujuan dari Pengawas Pekerjaan.

Pemasangan Marka sementara berupa pita rekat tidak diperkenankan pada kondisi perkerasan basah.

Penggunaan paku jalan dengan mata kucing diperbolehkan sebagai alternatif untuk pengarah sementara pada pekerjaan jalan, ukuran paku jalan yang disarankan adalah 100 x 50 mm dan terbuat dari polysterin hijau/kuning yang berpendar dengan dilengkapi pinil reflektor berpelekat dengan interval pemasangan disesuaikan dengan pemasangan paku permanen.

Penyedia jasa harus mengganti marka sementara baik berupa pita rekat ataupun paku jalan yang terkelupas atau lepas.

Marka jalan sementara harus dilaksanakan pada setiap pelapisan perkerasan sebelum jalan dibuka untuk lalu lintas umum. Pada pelapisan ulang perkerasan aspal beton, marka sementara harus dilaksanakan sesegera mungkin setelah suatu lapisan telah dihampar. Marka sementara pada permukaan akhir harus dibuang sebelum marka permanen dilaksanakan.

Perencanaan dan pemasangan marka sementara harus mengacu pada Peraturan Menteri perhubungan No. PM 67 Tahun 2018 atau perubahannya (jika ada) tentang Marka Jalan.

Semua garis menerus dan marka jalan konstruksi yang berpotongan harus dibuang sampai benar-benar bersih dengan pengaus pasir atau cara lain yang disetujui dan tidak merusak permukaan atau tekstur perkerasan. Pola pembuangan harus dalam bentuk yang tidak sama sehingga tidak menyisakan bekas marka yang dibuang dengan menggunakan pengausan secara diagonal dan termasuk beberapa daerah permukaan sekitarnya. Kerusakan yang terjadi pada permukaan harus diperbaiki dengan biaya Penyedia jasa dengan metoda yang dapat diterima oleh Pengawas Pekerjaan. Penumpukan pasir atau bahan lainnya yang mengakibatkan bahaya terhadap lalu lintas harus dibuang. Pada saat selesai, permukaan aspal yang diauskan dengan pasir harus dilapisi tipis dengan ter emulsi atau bahan sejenis yang disetujui.

d Lain-Lain

Penyedia jasa harus menyediakan pengatur lalu lintas dan pelayanan berikut untuk pengendalian dan pemeliharaan lalu lintas yang melalui daerah konstruksi dengan subkomponen yang berbeda sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar.

#### 1.6.4 Pekerjaan Jalan Atau Jembatan Sementara

##### a Umum

Penyedia jasa harus menyediakan memelihara, dan membongkar semua jalan, jembatan, jalan masuk dan sejenisnya yang diperlukan oleh Penyedia jasa untuk menghubungkan Penyedia jasa dengan jalan umum pada saat Akhir Pelaksanaan Pekerjaan.

Jalan dan/atau jembatan (jika ada) sementara ini harus dibangun sampai diterima Pengawas Pekerjaan, meskipun demikian Penyedia jasa tetap harus bertanggungjawab terhadap setiap kerusakan yang terjadi atau disebabkan oleh jalan dan/atau jembatan (jika ada) sementara ini.

##### b Lahan yang Diperlukan

Sebelum membuat jalan atau jembatan sementara, Penyedia jasa harus melakukan semua pengaturan yang diperlukan, bila diperlukan termasuk pembayaran kepada pemilik tanah yang bersangkutan atas pemakaian tanah itu dan harus memperoleh persetujuan dari pejabat yang berwenang dan Pengawas Pekerjaan. Setelah pekerjaan selesai, Penyedia jasa harus membersihkan dan mengembalikan kondisi tanah itu ke kondisi semula sampai diterima oleh Pengawas Pekerjaan dan pemilik tanah yang bersangkutan.

##### c Peralatan Penyedia jasa Lain yang Lewat

Penyedia jasa harus melakukan semua pengaturan agar Pekerjaan yang sudah dilaksanakan dapat dilewati dengan aman oleh Peralatan Konstruksi, bahan dan karyawan Penyedia jasa lain yang melaksanakan pekerjaan di dekat lokasi kegiatan. Untuk keperluan ini, Penyedia jasa dan Penyedia jasa lain yang melaksanakan pekerjaan di dekat lokasi kegiatan, harus menyerahkan suatu jadwal transportasi yang demikian kepada Pengawas Pekerjaan untuk mendapat persetujuannya, paling sedikit 15 (lima belas) hari sebelumnya.

##### d Jalan Alih Sementara atau Detour

Jalan alih sementara atau detour harus dibangun sebagaimana yang diperlukan untuk kondisi lalu lintas yang ada, dengan memperhatikan ketentuan keselamatan dan kekuatan struktur. Semua jalan alih yang demikian tidak boleh dibuka untuk lalu lintas umum sampai alinyemen, pelaksanaan, drainase dan pemasangan rambu lalu lintas sementara telah disetujui Pengawas Pekerjaan. Selama digunakan untuk lalu lintas umum Penyedia jasa harus memelihara pekerjaan yang telah dilaksanakan, drainase dan rambu lalu lintas sampai diterima oleh Pengawas Pekerjaan.

##### e Jalan dan jembatan Samping (*Ramp*) Sementara untuk Lalu Lintas

Penyedia jasa harus membangun dan memelihara jembatan dan jalan samping sementara untuk jalan masuk umum dari dan ke jalan raya pada semua tempat bilamana jalan masuk tersebut sudah ada sebelum Pekerjaan dimulai dan pada tempat lainnya yang diperlukan atau diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.

## 1.7 PENGAMANAN LINGKUNGAN HIDUP

### 1.7.1 Umum

Sub bab ini menguraikan ketentuan-ketentuan penanganan dampak lingkungan dan tindakan yang diperlukan untuk melaksanakan setiap pekerjaan konstruksi yang diperlukan dalam Kontrak.

### 1.7.2 Pengelolaan Lingkungan Hidup

#### a Dampak Terhadap Kualitas Air (Sungai, Danau, Mata air, Air Bawah Tanah)

- 1 Sebelum memulai Pekerjaan Penyedia jasa harus memastikan bahwa kualitas air (sungai, danau, mata air, air bawah tanah) atau saluran pembuangan lainnya tidak melebihi baku mutu kualitas air atau parameter yang tercantum di dalam dokumen lingkungan, SKKLH (disesuaikan dengan panjang jembatan) , dan/atau Izin Lingkungan. Jika telah melebihi baku mutu lingkungan, agar menginformasikan kepada masyarakat atau instansi terkait khususnya instansi lingkungan hidup di daerah tersebut.
- 2 Penyedia jasa harus memastikan bahwa semua pengaruh dari semua kegiatan Penyedia jasa tidak akan melampaui baku mutu lingkungan sesuai peraturan yang berlaku.
- 3 Sungai, danau, mata air, dan air bawah tanah yang berada di dalam, atau di sekitar lokasi pekerjaan dalam Kontrak ini tidak boleh diganggu tanpa persetujuan Wakil Pengguna Jasa.
- 4 Pada pekerjaan konstruksi, jika terdapat pekerjaan galian atau pengerukan pada dasar sungai, dan/atau tepi danau untuk pelaksanaan pekerjaan sebagaimana mestinya, maka setelah pekerjaan tersebut selesai Penyedia jasa harus menimbun kembali penggalian tersebut sampai kembali ke kondisi awal dengan menggunakan bahan yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- 5 Penempatan cofferdam atau bahan material yang ditumpuk pada daerah sungai dan/atau danau harus disingkirkan seluruhnya setelah pelaksanaan sebagaimana disyaratkan pada Spesifikasi Umum yang Berlaku.
- 6 Apabila diperlukan, saluran air harus direlokasi dengan kapasitas yang memadai untuk memastikan aliran dapat melewati daerah pekerjaan tanpa halangan pada semua tingkatan banjir.
- 7 Penyedia jasa harus menyediakan semua bahan, peralatan dan tenaga kerja yang diperlukan apabila terjadi pengalihan saluran dengan cara pembuatan saluran sementara.
- 8 Setiap penggalian untuk bahan timbunan tidak diizinkan mengganggu aliran drainase yang ada.
- 9 Pada penggalian yang berpotensi tercampur dengan air permukaan (sungai, danau), mata air, air hujan, air buangan lainnya yang dapat menyebabkan terjadi genangan yang mencemari permukaan badan jalan disekitarnya, Penyedia jasa harus terlebih dulu menyiapkan rencana metode penggalian termasuk rencana

penampungan hasil galian dan saluran pembuangan air berlumpur yang harus disetujui oleh Pengawas Pekerjaan sebelum melaksanakan pekerjaan galian.

- 10 Setiap bahan berbahaya dan beracun (B3) yang digunakan dan/atau dihasilkan dari kegiatan penyedia jasa, seperti minyak hidrolik atau minyak pelumas/oli, yang jatuh atau tumpah di lokasi pekerjaan dan sekitarnya, harus segera dibersihkan oleh Penyedia jasa agar dapat menghindari terjadinya pencemaran air dan tanah.
  - 11 Pencucian kendaraan dan peralatan Penyedia jasa hanya diperkenankan pada daerah yang khusus dirancang untuk kegiatan tersebut.
  - 12 Air limbah domestik dari basecamp harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai, atau saluran pembuangan lain sesuai manajemen pengolahan limbah cair untuk memenuhi standar baku mutu kualitas air. Jika tidak bisa mencapai standar tersebut maka Penyedia jasa harus melakukan waste water treatment (pengolahan air limbah) dalam rangka memenuhi standar baku mutu kualitas air dengan metode yang disetujui oleh Wakil Pengguna Jasa. Baku mutu kualitas air limbah domestik terlampir dalam Spesifikasi Umum yang Berlaku.
- b Dampak Terhadap Kualitas Udara Ambien
- 1 Penyedia jasa harus memastikan bahwa emisi dari semua kegiatan termasuk kegiatan transportasi tidak akan melampaui baku mutu emisi sesuai peraturan yang berlaku.
  - 2 Instalasi pencampuran aspal (AMP), concrete batching plant (CBP), Stone Crusher dan setiap peralatan konstruksi yang tidak bergerak harus dipasang yang jauh dari pemukiman dan daerah sensitif (kawasan hutan, kawasan rawan bencana, kawasan permukiman, kawasan lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B)), dan dipastikan tidak menimbulkan gangguan terhadap masyarakat. Lokasi tersebut harus disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
  - 3 Instalasi pencampuran aspal (AMP), *concrete batching plant* (CBP), sebelum digunakan oleh Penyedia jasa harus dipastikan mempunyai Izin Lingkungan yang diterbitkan oleh instansi/pejabat yang berwenang. Apabila tidak memiliki Izin Lingkungan, maka AMP atau CBP tidak dapat digunakan. AMP harus dilengkapi dengan alat pengumpul debu (*dust collector*) yang lengkap yaitu sistem pusaran kering (*dry cyclone*) dan/atau pusaran basah (*wet cyclone*) atau tabung filter sehingga tidak menimbulkan pencemaran udara. Bilamana salah satu sistem di atas rusak atau tidak berfungsi maka Instalasi Pencampuran Aspal (AMP), tidak boleh digunakan. *Stone Crusher* dipastikan tidak menimbulkan pencemaran udara.
  - 4 Truk harus ditutup dan semua penutup harus diikat dengan kencang.
  - 5 Penyedia jasa harus menyediakan pasokan air di tempat kerja yang memadai untuk pengendalian kadar air selama kegiatan penghamparan dan pemadatan, dan harus membuang bahan sisa pada lokasi yang tidak berpotensi menimbulkan debu dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

- 6 Penyedia jasa harus memastikan bahwa emisi gas buang alat transportasi atau kendaraan pengangkut yang digunakan selama pelaksanaan pekerjaan tidak melebihi baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor atau parameter yang tercantum di dalam dokumen lingkungan, SKKLH, dan/atau Izin Lingkungan. Baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor terlampir dalam Spesifikasi Umum yang Berlaku.
- 7 Sebelum memulai Pekerjaan Penyedia jasa harus memastikan bahwa saat kegiatan pelaksanaan pekerjaan pada ruas jalan dan/atau jembatan tidak melebihi baku mutu kualitas udara ambien atau parameter yang tercantum di dalam dokumen lingkungan, SKKLH, dan/atau Izin Lingkungan. Jika telah melebihi baku mutu lingkungan, agar menginformasikan kepada masyarakat atau instansi terkait khususnya instansi lingkungan hidup di daerah tersebut Baku mutu kualitas udara ambien terlampir dalam Spesifikasi Umum yang Berlaku.

c Dampak Kebisingan dan/atau Getaran

Sebelum memulai Pekerjaan Penyedia jasa harus memastikan bahwa saat pelaksanaan pekerjaan pada ruas jalan dan/atau jembatan tidak melebihi baku mutu kebisingan dan/atau getaran atau parameter yang tercantum di dalam dokumen lingkungan, SKKLH, dan/atau Izin Lingkungan. Jika telah melebihi baku mutu lingkungan, agar menginformasikan kepada masyarakat atau instansi terkait khususnya instansi lingkungan hidup di daerah tersebut. Baku mutu kebisingan dan getaran terlampir masing-masing dalam Spesifikasi Umum yang Berlaku.

d Dampak terhadap Lalu Lintas, Harta Milik yang Bersebelahan, dan Utilitas

- 1 Ketentuan-ketentuan yang diatur pada Spesifikasi Umum yang Berlaku tentang Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas, harus berlaku.
- 2 Galian saluran atau galian lainnya yang memotong jalan secara melintang harus dilaksanakan maksimal setengah lebar jalan sehingga jalan tetap berfungsi sebagian untuk lalu lintas setiap saat.
- 3 Penyedia jasa harus bertanggung-jawab terhadap kelancaran lalu lintas jika diperlukan Penyedia jasa harus menyediakan jalan alih (detour) atau pelaksanaan setengah lebar jalan.
- 4 Semua pekerjaan harus dilaksanakan dengan menjaga ketidaknyamanan seminim mungkin bagi pengguna jalan dan paling sedikit satu lajur harus tetap berfungsi setiap saat.
- 5 Pada saat pelaksanaan Pekerjaan, Penyedia jasa harus memastikan bahwa di dalam dan di sekitar Ruang Milik Jalan harus bebas dari bahan konstruksi, sampah atau benda-benda lepas lainnya yang dapat menghalangi atau membahayakan keselamatan lalu lintas yang melewati lokasi pekerjaan jalan. Lokasi pekerjaan harus bebas dari parkir yang tidak sah atau kegiatan perdagangan di jalanan kecuali pada daerah yang dirancang untuk kegiatan tersebut.
- 6 Penyedia jasa harus berkoordinasi dengan lembaga/instansi terkait dalam rangka memiliki atau mendapatkan informasi tentang keberadaan dan lokasi



utilitas yang ada di bawah tanah, ketentuan tentang perizinan untuk pengalihan, relokasi atau penghentian sementara (jika diperlukan) yang terkait dengan kegiatan pekerjaan tersebut dan merupakan tanggung jawab Penyedia jasa.

- 7 Penyedia jasa harus bertanggung-jawab melindungi dan memperbaiki setiap kerusakan terhadap pipa, kabel, selongsong, jaringan bawah tanah dan atau bangunan struktur lainnya yang disebabkan oleh pelaksanaan pekerjaan.
  - 8 Untuk menghindari gangguan atau bahaya terhadap lalu lintas, lubang pada perkerasan beraspal dan lubang untuk keperluan pengujian kepadatan harus segera diperbaiki.
  - 9 Penyedia jasa harus memberikan akses jalan masuk bagi kendaraan dan pejalan kaki menuju rumah, daerah bisnis, industri dan lainnya. Jalan masuk sementara harus disediakan bilamana pelaksanaan telah mendekati jalan masuk permanen untuk setiap periode di atas 16 jam, semua penghuni dan anggota masyarakat yang terkena dampak harus diinformasikan dengan waktu maksimal 24 jam sebelum pekerjaan dimulai.
- e Keselamatan dan Kesehatan Manusia
- 1 Ketentuan-ketentuan mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
  - 2 Penyedia jasa harus:
    - a). memenuhi semua peraturan keselamatan yang berlaku.
    - b). memperhatikan keselamatan semua personil yang berada di Lapangan dan menyiapkan rencana Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan (SMK3L) Konstruksi.
    - c). setiap Pekerjaan Sementara menyediakan (jalan khusus, jalan setapak, pengaman dan pagar) jika diperlukan, untuk manfaat dan perlindungan bagi publik dan penghuni dari lahan yang bersebelahan.

Penyiapan rencana SMK3L mengacu pada pedoman sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan (SMK3L) bidang jalan dan perubahan-perubahannya, bila ada.
  - 3 Penyedia jasa harus menyediakan rambu peringatan sesuai dengan ketentuan dan menjaga keselamatan dan kesehatan personilnya. Personil Penyedia jasa harus menyediakan seorang petugas keselamatan kerja yang bertanggungjawab untuk menjaga keselamatan dan mencegah terjadinya kecelakaan, petugas tersebut harus memenuhi aturan dan persyaratan K3 Konstruksi.
  - 4 Penyedia jasa harus melindungi kesehatan Personil Penyedia jasa yang dipekerjakan di Lapangan dengan memastikan bahwa semua bagian dari tempat kerja dijaga kebersihan dan mencegah timbulnya wabah penyakit.
  - 5 Ketentuan-ketentuan tentang Keselamatan pada Pekerjaan Galian, harus berlaku. Semua gigi-gigi, pulley (roda penyesuai putaran), rantai, gigi jentera dan bagian bergerak yang berbahaya lainnya dari Instalasi Pencampur harus dilindungi seluruhnya dan dinyatakan aman jika sedang digunakan.
  - 6 Fasilitas pengendalian limbah sanitair yang sesuai harus disediakan untuk semua staf kegiatan dan pekerja. Limbah tersebut harus dikumpulkan dan

dibuang secara berkala sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

f Dampak terhadap Flora dan Fauna

- 1 Pemotongan pohon dilakukan jika diperlukan untuk pelebaran jalan dan harus mendapat persetujuan dari Pengawas Pekerjaan. Setiap pohon yang ditebang harus diganti dengan dua pohon yang sudah hampir jadi (bukan pohon kecil) dengan jenis yang sama atau sejenis. Tidak ada pohon yang boleh ditanam dalam zona bebas. Penanaman pohon harus sesuai dengan pekerjaan Lain-lain yang terdapat pada Spesifikasi Umum yang Berlaku.
- 2 Penyedia jasa harus membatasi pergerakan para tenaga kerja, lokasi *basecamp*, AMP dan sebagainya, dan peralatannya jika pelaksanaan kegiatan terindikasi di dalam daerah sensitif, misalnya kawasan hutan, kawasan rawan bencana, kawasan permukiman, kawasan lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B), dan semua daerah sensitif lainnya untuk memperkecil kerusakan terhadap tanaman alami, terganggunya fauna, dan harus berusaha untuk menghindari setiap kerusakan terhadap lahan. Tidak ada *basecamp*, AMP, tempat parkir peralatan atau kendaraan atau tempat penyimpanan yang diizinkan di luar Ruang Milik Jalan bilamana jalan melalui daerah sensitif.

g Dampak Terhadap Tanah

- 1 Penyedia jasa harus memastikan bahwa permukaan tanah yang terganggu oleh kegiatan-kegiatan Penyedia jasa tidak melampaui baku mutu lingkungan sebagaimana yang ditetapkan dalam Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.
- 2 Untuk mencegah terjadinya penurunan kualitas lingkungan yang mengakibatkan kelongsoran dan erosi tanah selama penggalian untuk bahan timbunan, tepi dari galian untuk bahan timbunan tersebut tidak boleh lebih dekat 2 meter dari tumit timbunan atau 10 meter dari puncak setiap galian.

h Pembuangan Limbah

- 1 Pembuangan semua limbah padat dan cair dari kegiatan konstruksi harus merujuk pada Seksi 1.5 Transportasi dan Penanganan pada Spesifikasi Umum, serta sesuai dengan ketentuan-ketentuan dan izin-izin dari instansi pemerintah yang berwenang.
- 2 Pembuangan bahan harus merujuk pada Spesifikasi Umum yang Berlaku.
- 3 Bilamana bahan yang dibuang seperti yang disyaratkan diatas dan lokasi pembuangan tersebut terlihat dari jalan, maka Penyedia jasa harus membuang bahan tersebut dan meratakannya sedemikian hingga dapat diterima oleh Pengawas Pekerjaan.

i Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3)

- 1 Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (LB3) yang dihasilkan dari kegiatan konstruksi (misalnya oli bekas, kain majun bekas/terkontaminasi B3, lampu bekas, baterai bekas, sisa kemasan bekas/terkontaminasi B3 dan

sebagainya) harus sesuai dengan ketentuan dan perizinan terkait pengelolaan Limbah B3.

- 2 Limbah B3 yang dihasilkan selama kegiatan konstruksi harus disimpan dalam Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) LB3 dengan spesifikasi yang memenuhi persyaratan perizinan terkait LB3 yang berlaku dan dikeluarkan oleh instansi lingkungan hidup yang berwenang.

j Dampak terhadap Daerah Sensitif

Ketentuan-ketentuan berikut di daerah sensitif, harus berlaku:

- 1 Khusus kegiatan pelaksanaan pekerjaan, pada ruas jalan dan/atau jembatan yang masuk daerah sensitif maka Pengawas Pekerjaan harus berkoordinasi dengan lembaga/instansi terkait dalam rangka mendapatkan informasi yang dibutuhkan seperti keberadaan, habitat, jenis serta koridor satwa liar. Dalam pelaksanaan pekerjaan harus menghindari zona inti/koridor satwa liar.
- 2 Untuk semua tempat pengambilan bahan (*quarry*) dan sumber bahan lainnya (yang dimiliki oleh Penyedia jasa atau pihak lain) Penyedia jasa harus menyerahkan kepada Pengawas Pekerjaan lokasi sumber bahan yang terinci. Penyedia jasa juga harus menyerahkan kepada Pengawas Pekerjaan suatu denah rute pengangkutan sesuai dan merujuk pada Seksi 1.5 Transportasi dan Penanganan pada Spesifikasi Umum yang menjelaskan rute yang dilewati oleh pengangkutan bahan dari lokasi sumber bahan.
- 3 Penyedia jasa harus mempunyai surat pernyataan/ persetujuan dari instansi pemerintah yang berwenang bahwa lokasi dan kegiatan sumber bahan, dan rute kegiatan pengangkutan yang dilakukan dapat diterima sesuai dengan peraturan perundangan-undangan yang berlaku dan tidak mengganggu lingkungan dan sosial masyarakat.
- 4 Semua tempat pengambilan bahan (*quarry*) yang digunakan harus mendapat izin dari instansi Pemerintah yang berwenang.
- 5 Pengambilan bahan (*quarry*) pada daerah sensitif yang dilindungi secara resmi tidak diperkenankan.
- 6 Penyedia jasa harus memastikan bahwa *basecamp* yang digunakan tidak berdampak lingkungan serta tidak mengganggu sosial masyarakat secara umum.
- 7 Sesuai dengan praktek pengembangan hutan yang berkelanjutan, semua bahan kayu untuk turap, tiang pancang pemikul beban, cerucuk, harus dibeli dari Penyedia yang sah (tidak berasal dari penebangan liar). Surat Keterangan Sahnya Hasil Hutan (SKSHH) yang menyatakan keabsahan dari bahan yang diambil harus dilampirkan dalam dokumen pembelian dan diserahkan kepada Pengawas Pekerjaan.
- 8 Semua bagian dari lokasi pekerjaan harus dikembalikan ke kondisi semula seperti pada saat sebelum pekerjaan dimulai.

### 1.7.3 Implementasi Dokumen Lingkungan Hidup Yang Diperlukan

Penyedia jasa harus memenuhi setiap rekomendasi yang telah dinyatakan dalam dokumen lingkungan (Amdal, UKL-UPL, DELH, atau DPLH), Surat Keputusan Kelayakan Lingkungan Hidup (SKKLH) dan/atau Izin Lingkungan. Wakil Pengguna Jasa harus menyampaikan Dokumen Lingkungan, Surat Keputusan Kelayakan Lingkungan Hidup (SKKLH) dan/atau Izin Lingkungan, kepada Penyedia jasa sebagai bahan yang harus dipatuhi dalam rangka pelaksanaan pengamanan lingkungan hidup. Gambaran umum tentang potensi dampak terhadap lingkungan hidup akibat kegiatan pekerjaan jalan dan jembatan yang mungkin terjadi pada setiap tahapan kegiatan, apabila belum termuat dalam Dokumen Lingkungan, Surat Keputusan Kelayakan Lingkungan Hidup (SKKLH) dan/atau Izin Lingkungan, harus disampaikan oleh Penyedia jasa kepada Pengawas Pekerjaan, dan Penyedia jasa harus melakukan upaya pengurangan dampak dengan persetujuan Pengawas Pekerjaan. Tahapan kegiatan antara lain:

#### a Tahap Prakonstruksi

- 1 Survei pendahuluan, berdampak pada persepsi masyarakat dan keresahan masyarakat.
- 2 Sosialisasi rencana kegiatan, dilakukan dalam rangka memberikan dan menggali informasi dari masyarakat. Sosialisasi rencana kegiatan berdampak pada persepsi masyarakat dan keresahan masyarakat.
- 3 Pengadaan tanah, harus dilakukan survei tata guna lahan, luas tanah yang diperlukan dan perkiraan harga tanah terkait dengan kompensasi pembebasan tanah yang diperlukan.

#### b Tahap Konstruksi

- 1 Pekerjaan Mobilisasi/Demobilisasi, berdampak pada gangguan lalu lintas, pencemaran udara dan kerusakan jalan akses.
- 2 Pelaksanaan Konstruksi yang berdampak pada lokasi pekerjaan, lokasi sumber bahan (*Quarry*) termasuk jalan akses dan lokasi *basecamp*.

Pada masing-masing lokasi tersebut harus dilakukan monitoring terhadap dampak lingkungan sesuai dengan lokasi kegiatan secara langsung maupun tidak langsung termasuk lokasi jalan akses kegiatan.

#### c Tahap Paska Konstruksi

- 1 Kegiatan pengoperasian jalan, dapat berdampak pada pencemaran udara, kemacetan dan kecelakaan lalu lintas serta perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali.
- 2 Pemeliharaan Jalan, dapat berdampak terhadap gangguan lalu lintas.

Sedangkan klasifikasi dampak penting hipotetik sesuai dengan kelompok komponen lingkungan yang terganggu sebagai berikut :

- 1 Penurunan Kualitas Lingkungan Meliputi :
  - a). Berubahnya penggunaan lahan.
  - b). Terganggunya flora dan fauna.
  - c). Terganggunya aliran air permukaan.

- d). Menurunnya kualitas udara.
  - e). Meningkatnya kebisingan dan getaran.
  - f). Terganggunya biota perairan.
  - g). Timbulan limbah B3.
  - h). Penurunan kualitas air (sungai, danau, mata air, air bawah tanah).
  - i). Pencemaran tanah.
- 2 Gangguan Pada Masyarakat meliputi :
    - a). Hilangnya aset.
    - b). Terganggunya lalu-lintas.
    - c). Hilangnya mata pencaharian.
    - d). Sikap dan Persepsi Negatif Masyarakat.
    - e). Timbulnya Keresahan masyarakat.
    - f). Hilang/terganggunya fasum/fasos.
  - 3 Terganggunya Infrastruktur meliputi :
    - a). Terganggunya utilitas.
    - b). Terganggunya aksesibilitas.
    - c). Kerusakan jalan.

#### **1.7.4 Laporan Bulanan**

##### **a Jenis Laporan**

- 1 Laporan terdiri dari laporan yang bersifat internal berupa Laporan Pelaksanaan Rencana Kerja Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan (RKPPL) dan eksternal berupa Laporan Pelaksanaan Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL) atau Laporan Pelaksanaan Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL).
- 2 Laporan pelaksanaan RKPPL disusun oleh Penyedia jasa kepada Pengawas Pekerjaan.
- 3 Laporan Pelaksanaan RKL-RPL sebagaimana yang tercantum pada dokumen Amdal atau DELH dan Laporan Pelaksanaan UKL-UPL sebagaimana yang tercantum pada dokumen UKL-UPL atau DPLH, SKKLH dan/atau Izin Lingkungan disusun oleh Penyedia jasa untuk disampaikan kepada Pemegang Izin Lingkungan melalui Pengawas Pekerjaan yang selanjutnya akan diteruskan kepada instansi lingkungan hidup yang berwenang.
- 4 Format dan metode pelaporan internal diatur sesuai dengan yang tercantum pada Spesifikasi ini. Sedangkan, format dan metode pelaporan eksternal kepada instansi lingkungan hidup mengikuti peraturan dan ketentuan yang ditetapkan oleh instansi lingkungan hidup sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 45 Tahun 2005 atau perubahannya (jika ada) Tentang Pedoman Penyusunan Laporan Pelaksanaan Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL) dan/atau peraturan perundangan terkait lainnya.

## b Pengajuan

Laporan Draft Rencana Kerja Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan (RKPPL) dari Penyedia jasa harus diserahkan pada saat Rapat Persiapan Pelaksanaan (Pre Construction Meeting, PCM) untuk dilakukan pembahasan dan mendapat persetujuan dari Wakil Pengguna Jasa atau Pengawas Pekerjaan. Selanjutnya RKPPL yang telah disetujui tersebut dilakukan monitoring setiap bulan terhadap kemajuan pekerjaan dan tindak lanjut penanganan pengelolaan lingkungan.

Format Rencana Kerja Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan (RKPPL) terlampir dalam Lampiran 1.17 pada Spesifikasi Umum yang berlaku.

Penyedia jasa dalam penyiapan RKPPL harus memenuhi ketentuan berikut:

- 1 RKPPL harus disiapkan sesuai ketentuan dalam spesifikasi ini dan lingkup kegiatan sesuai kontrak.
- 2 RKPPL harus dilengkapi dengan dokumen pendukung yang memadai dan lengkap serta substansial sesuai lokasi kegiatan, potensi dampak yang ditimbulkan dan tindak lanjut pengelolaan lingkungan sebagai data pendukung untuk mengesahkan permohonan pembayaran dalam waktu yang ditetapkan sesuai dengan Pasal-pasal yang relevan dari Syarat-syarat Umum/Khusus Kontrak dan Spesifikasi ini.
- 3 Salinan RKPPL termasuk dokumen pendukung diserahkan kepada Pengguna Jasa atau Pengawas Pekerjaan yang akan digunakan sebagai pedoman pengelolaan dan pemantauan lingkungan dalam pelaksanaan kegiatan setiap bulan.
- 4 Konsep laporan pelaksanaan RKL-RPL atau UKL-UPL harus disampaikan oleh Penyedia jasa kepada Pengawas Pekerjaan setidaknya 2 (dua) minggu sebelum jatuh tempo pelaporan sebagaimana yang ditetapkan pada Surat Keputusan Kelayakan Lingkungan Hidup (SKKLH) dan/atau Izin Lingkungan untuk mendapatkan persetujuan dari Wakil Pengguna Jasa selaku pemegang Izin Lingkungan. Pelaporan yang sudah disetujui harus diteruskan oleh Wakil Pengguna Jasa selaku pemegang Izin Lingkungan kepada instansi lingkungan hidup.

## c Waktu

- 1 Pelaporan internal (RKPPL) dilakukan dengan frekuensi bulanan sedangkan frekuensi pelaporan eksternal (Laporan Pelaksanaan RKL-RPL atau UKL-UPL) kepada instansi lingkungan hidup dilakukan setiap 6 bulan sekali atau sesuai dengan periode yang tercantum pada Dokumen Lingkungan, SKKLH dan/atau Izin Lingkungan.
- 2 Setiap Laporan Bulanan Rencana Kerja Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan (RKPPL) harus diberi tanggal akhir dari bulan kalender yang diserahkan bersama sebagai kelengkapan data Usulan Sertifikat Bulanan sebagaimana disebutkan pada Spesifikasi Umum yang Berlaku.

## 1.8 RELOKASI UTILITAS

### 1.8.1 Umum

#### a Uraian

Pekerjaan ini mencakup relokasi jaringan bawah tanah, kabel, lampu penerangan jalan, tiang listrik, tiang telepon, tiang lampu pengatur lalu lintas yang ada, utilitas air minum dan utilitas lainnya bersama dengan semua perlengkapan yang terkait, sebagaimana diperlukan baik di dalam Ruang Milik Jalan maupun di luar Ruang Milik Jalan untuk pelaksanaan pekerjaan jalan yang lancar dan sebagaimana mestinya, yang ditunjukkan dalam Gambar atau sebagaimana diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan.

#### b Pengaturan Dengan Instansi Setempat

- 1 Dalam konteks ini, istilah Instansi Setempat harus berarti setiap utilitas umum, instansi pemasok atau instansi lain yang bertanggung jawab terhadap utilitas umum dan pelayanan.
- 2 Sesuai dengan Syarat-Syarat Kontrak, Penyedia jasa bertanggung jawab untuk koordinasi dengan Instansi Setempat dan menyerahkan kepada Direksi Pekerjaan berikut ini :
  - a). Salinan yang berhubungan dengan peraturan, petunjuk, standar dan spesifikasi dari Instansi Setempat.
  - b). Rencana kerja yang terinci yang menunjukkan relokasi utilitas dan pelayanan yang diperlukan.
  - c). Pemberitahuan tertulis kepada Instansi Setempat yang memiliki utilitas.

#### c Pengawasan Pekerjaan dan Relokasi Fasilitas

- 1 Pekerjaan relokasi, bilamana dilaksanakan Penyedia jasa dengan pemberitahuan kepada Instansi Setempat, harus mengikuti petunjuk pengawasan dari Pengguna Jasa.
- 2 Bilamana pekerjaan ini dikerjakan oleh pemilik utilitas atau badan yang ditunjuk maka Penyedia jasa harus bertanggung jawab untuk melakukan pengaturan hal-hal yang perlu dengan pemilik utilitas untuk menjamin agar penyambungan kembali atas fasilitas tersebut dapat dilaksanakan dengan cepat dan memenuhi ketentuan setelah penyelesaian pekerjaan relokasi.

#### d Jadwal Kerja

- 1 Pengaturan yang diperlukan dengan Instansi Setempat yang berhubungan dengan relokasi, harus dilaksanakan selama periode mobilasi atau sebelumnya, dan Penyedia jasa harus menyerahkan kepada Direksi Pekerjaan suatu program untuk pekerjaan relokasi sebelum akhir periode mobilasi.
- 2 Bilamana gangguan sementara terhadap pelayanan yang ada tidak dapat dihindarkan selama pelaksanaan dalam kontrak, maka Penyedia jasa harus

membuat pengaturan yang diperlukan dengan Instansi Setempat, dan menyerahkan program atas pekerjaan tersebut kepada Direksi Pekerjaan, dalam 30 hari setelah pemberitahuan tertulis dari Direksi Pekerjaan atas persetujuan tersebut.

- 3 Bilamana terjadi keterlambatan atas program yang disebutkan diatas, atau keterlambatan pengaturan dengan Instansi Setempat oleh Penyedia jasa, menyebabkan keterlambatan pelaksanaan pekerjaan jalan dan jembatan akibat dari kinerja pekerjaan relokasi tersebut atau gangguan sementara terhadap pelayanan yang ada, tidak akan dianggap sebagai alasan untuk memperpanjang periode pelaksanaan kontrak.

### 1.8.2 Pelaksanaan

#### a Pelaksanaan oleh Instansi Setempat

Jika tidak diperintahkan lain oleh Direksi Teknis, pemindahan, relokasi dan penyambungan kembali utilitas dan pelayanan yang ada harus menjadi tanggung-jawab Penyedia jasa.

#### b Pelaksanaan atau pelaksanaan Sebagian Oleh Penyedia jasa

- 1 Bilamana Direksi Pekerjaan memerintahkan beberapa atau semua pekerjaan relokasi untuk dilaksanakan oleh Penyedia jasa, Penyedia jasa harus melaksanakan pekerjaan tersebut dengan ketat sesuai dengan spesifikasi ini dan memenuhi semua peraturan, petunjuk, spesifikasi dan ketentuan lain atau petunjuk dari Instansi Setempat yang bersangkutan.
- 2 Penyedia jasa harus bertanggung jawab dalam memperoleh data dari Instansi Setempat semua informasi tentang lokasi, fungsi, dan penggunaan utilitas atau pelayanan yang akan dipindahkan dan harus melakukan investigasi secara menyeluruh terhadap kondisi lapangan sebelum mulai bekerja. Setiap kerusakan yang diakibatkan oleh operasi-operasi ini yang mengakibatkan pengabaian, kelalaian, dan kurang hati-hatian dari Penyedia jasa harus diperbaiki oleh Penyedia jasa dengan biayanya sendiri.
- 3 Pelayanan yang ada harus diputus baik sementara atau permanen, harus dialihkan atau dipotong dengan tepat dan aman dibawah pengawasan Instansi Setempat, dan semua bahan bongkaran harus dibersihkan dengan cermat dan disimpan di lapangan untuk pemulihan oleh pemilik (baik Instansi Setempat atau Pengguna Jasa, sebagaimana memungkinkan).
- 4 Bahan dengan permukaan lama yang dilapisi (*coating*) yang akan dipasang kembali di lokasi baru harus disiapkan, sebagaimana diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan dan sesuai dengan ketentuan Instansi Setempat, dengan perlindungan atau pencegahan terhadap karat dan selanjutnya harus dicat ulang sebelum dipasang kembali.
- 5 Bahan lama yang sangat rusak atau lapuk untuk dipasang kembali harus dibuang dari lapangan oleh Penyedia jasa, dan diganti dengan bahan baru sebagaimana diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan. Bilamana bahan lama



menjadi tidak dapat digunakan karena kerusakan yang disebabkan oleh Penyedia jasa, harus diperbaiki atau diganti oleh Penyedia jasa dengan biaya sendiri, kecuali jika terdapat perjanjian dua belah pihak yang menyatakan bahwa kerusakan tersebut memang tidak dapat dihindarkan.

- 6 Lubang atau kerusakan lainnya yang terjadi di lapangan harus dikembalikan kondisinya oleh Penyedia jasa atau yang melaksanakan pekerjaan sebagaimana diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan dan sesuai dengan persyaratan yang relevan dengan Dokumen Kontrak.

## **1.9 PEKERJAAN PEMBERSIHAN**

### **1.9.1 Umum**

Selama masa pelaksanaan pekerjaan, Penyedia jasa harus memelihara Pekerjaan yang bebas dari akumulasi sisa bahan bangunan, kotoran dan sampah, yang diakibatkan oleh kegiatan pelaksanaan. Pada saat selesainya Pekerjaan, semua sisa bahan bangunan dan bahan-bahan tak terpakai, sampah, perlengkapan, peralatan dan mesin-mesin harus disingkirkan, seluruh permukaan yang terekspos harus dibersihkan dan lokasi kegiatan ditinggal dalam kondisi layak dan diterima oleh Pengawas Pekerjaan.

### **1.9.2 Pembersihan Selama Pelaksanaan**

- a Penyedia jasa harus melakukan pembersihan secara teratur untuk menjamin bahwa tempat kerja, struktur, kantor sementara, tempat hunian dipelihara bebas dari akumulasi sisa bahan bangunan, sampah dan kotoran lainnya yang diakibatkan oleh kegiatan di tempat kerja dan memelihara tempat kerja dalam kondisi rapi dan bersih setiap saat.
- b Penyedia jasa harus menjamin bahwa sistem drainase terpelihara, dan bebas dari kotoran dan bahan yang lepas, dan berada dalam kondisi siap pakai pada setiap saat.
- c Penyedia jasa harus menjamin bahwa rumput yang tumbuh pada Ruang Milik Jalan dipangkas dan dipelihara sedemikian rupa sehingga ketinggiannya maksimum 10 cm.
- d Penyedia jasa harus melakukan pengendalian agar lingkungan tidak tercemar oleh debu.
- e Penyedia jasa harus menjamin bahwa rambu jalan dan sejenisnya dibersihkan secara teratur agar bebas dari kotoran dan bahan lainnya.
- f Penyedia jasa harus menyediakan drum di lapangan untuk menampung sisa bahan bangunan, kotoran dan sampah sebelum dibuang.
- g Penyedia jasa harus membuang sisa bahan bangunan, kotoran dan sampah di tempat yang telah ditentukan sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

- h Penyedia jasa tidak diperkenankan mengubur sampah atau sisa bahan bangunan di lokasi kegiatan tanpa persetujuan dari Pengawas Pekerjaan.
- i Penyedia jasa tidak diperkenankan membuang Bahan Beracun dan Berbahaya (B3), seperti cairan kimia, minyak atau thinner cat ke dalam saluran atau sanitasi yang ada.
- j Penyedia jasa tidak diperkenankan membuang sisa bahan bangunan ke dalam sungai atau saluran air
- k Bilamana Penyedia jasa menemukan bahwa saluran drainase samping atau bagian lain dari sistem drainase dipakai untuk pembuangan setiap jenis bahan selain dari pengaliran air permukaan, baik oleh tenaga kerja Penyedia jasa maupun pihak lain, maka Penyedia jasa harus segera melaporkan kejadian tersebut kepada Pengawas Pekerjaan, dan segera mengambil tindakan sebagaimana diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan untuk mencegah terjadinya pencemaran lebih lanjut.

## Contents

<b>1. PERSIAPAN</b> .....	1-1
1.1 <b>UMUM</b> .....	1-1
1.2 <b>MOBILISASI</b> .....	1-1
1.2.1    Umum.....	1-1
1.2.2    Program Mobilisasi.....	1-3
1.2.3    Transportasi dan Penanganan.....	1-4
1.2.4    Bahan dan Penyimpanan.....	1-6
1.3 <b>SURVEI DAN PENGUKURAN AWAL</b> .....	1-7
1.3.1    Umum.....	1-7
1.3.2    Penetapan Titik Pengukuran Dari Pekerjaan ( <i>Setting Out Of Works</i> ).....	1-8
1.4 <b>KANTOR LAPANGAN DAN FASILITAS</b> .....	1-8
1.4.1    Umum.....	1-8
1.4.2    Kantor Penyedia jasa Dan Fasilitasnya.....	1-9
1.4.3    Bengkel Dan Gudang Penyedia jasa.....	1-10
1.4.4    Kantor Dan Akomodasi Untuk Pengawas Pekerjaan.....	1-10
1.5 <b>FASILITAS DAN LAYANAN PENGUJIAN</b> .....	1-10
1.5.1    Umum.....	1-10
1.5.2    Fasilitas Laboratorium Dan Pengujian.....	1-11
1.5.3    Prosedur Pelaksanaan Pengujian.....	1-12
1.6 <b>MANAJEMEN DAN KESELEMATAN LALU LINTAS</b> .....	1-13
1.6.1    Umum.....	1-13
1.6.2    Rencana Manajemen Dan Keselamatan Lalu Lintas.....	1-13
1.6.3    Uraian Perlengkapan Minimal Jalan Sementara.....	1-18
1.6.4    Pekerjaan Jalan Atau Jembatan Sementara.....	1-22
1.7 <b>PENGAMANAN LINGKUNGAN HIDUP</b> .....	1-23
1.7.1    Umum.....	1-23
1.7.2    Pengelolaan Lingkungan Hidup.....	1-23
1.7.3    Implementasi Dokumen Lingkungan Hidup Yang Diperlukan.....	1-29
1.7.4    Laporan Bulanan.....	1-30
1.8 <b>RELOKASI UTILITAS</b> .....	1-32

1.8.1	Umum.....	1-32
1.8.2	Pelaksanaan.....	1-33
1.9	PEKERJAAN PEMBERSIHAN.....	1-34
1.9.1	Umum.....	1-34
1.9.2	Pembersihan Selama Pelaksanaan.....	1-34

**No table of figures entries found.No table of figures entries found.**

## 2 MATERIAL

### 2.1 Umum

Bab ini membahas tentang persyaratan material yang diperlukan dalam pelaksanaan konstruksi jembatan, seperti pekerjaan beton menjelaskan bagaimana tahapan dalam produksi beton dari bahan dasar dengan menggunakan desain campuran yang sesuai dengan standar yang disyaratkan, dan pengangkutan adonan beton ke lokasi pekerjaan.

Selain itu, juga dibahas pemilihan material seperti material baja, material kayu, dan material lainnya (seperti material timbunan tanah, perkerasan aspal, landasan, siar muai, epoxy resin, geotekstil, pasangan batu, pasangan batu kosong dan beronjong) yang sesuai dengan standar yang disyaratkan pada pelaksanaan jembatan.

Kualitas pelaksanaan pekerjaan beton lebih baik, terutama pada bangunan atas akan berarti mengurangi pemeliharaan dan perbaikan beton pada tahun-tahun permulaan umur jembatan.

### 2.2 Beton

#### 2.2.1 Umum

Yang dimaksud dengan beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang setara, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

#### 2.2.2 Material

##### 2.2.2.1 Bahan Pengikat

###### a Semen

- 1 Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus jenis Semen Portland tipe I.
- 2 Di dalam satu proyek hanya dapat digunakan satu merek semen, kecuali jika diizinkan oleh Pengawas Pekerjaan. Apabila hal tersebut diizinkan, maka Penyedia Jasa harus mengajukan kembali rancangan campuran beton sesuai dengan tipe semen yang digunakan.

###### b Abu Terbang (*Fly Ash*)

Mineral yang berupa bahan tambah dapat berbentuk: abu terbang (*fly ash*) kelas F sesuai dengan SNI 2460:2014.

###### c Semen Slag

Semen slag atau terak tanur tinggi berbutir (*ground granulated blast furnace slag*) sesuai dengan SNI 6385:2016.

d Mikro silika

Bahan pozzolanic yang sangat halus, sebagian besar terdiri dari silika amorf yang diproduksi oleh tungku busur plastik sesuai dengan ASTM C 1240-04 dan ACI 243R-96.

### 2.2.2.2 Air

Air yang digunakan untuk campuran, perawatan, atau pemakaian lainnya harus bersih, dan bebas dari bahan yang merugikan seperti minyak, garam, asam, basa, gula atau organik. Air harus diuji sesuai dengan dan harus memenuhi ketentuan dalam SNI 7974:2016. Apabila timbul keragu-raguan atas mutu air yang diusulkan dan karena sesuatu sebab pengujian air seperti di atas tidak dapat dilakukan, maka harus diadakan perbandingan pengujian kuat tekan mortar semen dan pasir standar dengan memakai air yang diusulkan dan dengan memakai air murni hasil sulingan. Air yang diusulkan dapat digunakan apabila kuat tekan mortar dengan air tersebut pada umur 7 (tujuh) hari dan 28 (dua puluh delapan) hari mempunyai kuat tekan minimum 90% dan kuat tekan mortar dengan air suling untuk periode umur yang sama.

### 2.2.2.3 Agregat

a Umum

Kecuali disyaratkan lain atau diizinkan, ukuran maksimum nominal agregat kasar tidak boleh melebihi tiga perempat dari jarak bersih minimum antar batang tulangan, seperlima dari dimensi terkecil antar sisi dalam bekisting, atau sepertiga dari ketebalan *slab* atau *topping*.

b Agregat Halus

- 1 Alam
- 2 Buatan

c Agregat Kasar

- 1 Kerikil
- 2 Batu Pecah

### 2.2.2.4 Bahan Tambah Kimia

Berikut adalah tipe-tipe dari bahan tambah kimia untuk campuran beton:

a Bahan Tambahan Tipe A

Bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.

b Bahan tambahan tipe B

Bahan tambahan yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

c Bahan tambahan tipe C

Bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton.

d Bahan tambahan tipe D

Bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

e Bahan tambahan tipe E

Bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan dan juga untuk mempercepat waktu pengikatan serta menambah kekuatan awal beton.

f Bahan tambahan tipe F

Bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan.

g Bahan tambahan tipe G

Bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

### 2.2.2.5 Bahan Perawat Beton (*Curing*)

Bahan perawat beton, adalah sebagai berikut:

a Curing Compound

Sesuai dengan ASTM C 309, diklasifikasikan menjadi:

- 1 Tipe 1, *curing compound* tanpa *dye*, biasanya terdiri dari paraffin sebagai selaput lilin yang dicampur air
- 2 Tipe 1D, *curing compound* dengan *fugitive dye* (warna akan hilang selama beberapa minggu)
- 3 Tipe 2, *curing compound* dengan zat berwarna putih

b Selimut/penutup lembab/dalam air

Sesuai dengan ACI 306 (1997) dan ACI 305. Ideal untuk mencegah hilangnya moisture. Mempertahankan suhu yang seragam. Kekurangannya yaitu membutuhkan tenaga kerja yang banyak dan perlu pengawasan dan tidak praktis untuk proyek yang besar.

c Lembaran plastik/membrane

Sesuai dengan SNI 4817:2008 dan ASTM C 171 (AASHTO M 171), menggunakan lapisan *Polyethylene* dengan ketebalan 4 mm. Kelebihannya yaitu ringan, efektif sbg penghalang hilangnya moisture, dan mudah diterapkan. Kekurangannya yaitu dapat menyebabkan *discoloration* permukaan, lebih terlihat bila lapisan plastik bergelombang, dan diperlukan penambahan air secara periodik.

d Lembaran tipis polyethylene (polyethylene film)

Bening (tembus pandang) dan putih, buram sesuai dengan SNI 4817:2008 dan ASTM D 2103.

- e Evaporation retardant

Sesuai dengan ACI 308.

- f Burlap/Karung Goni dibasahi

Sesuai dengan ASTM C 171 (AASHTO M 171) dan AASHTO M 182, menggunakan bahan yang dapat mempertahankan moisture, seperti burlap (karung goni) yang dibasahi. Kelebihannya yaitu tidak terjadi *discoloration* & tahan terhadap api. Kekurangannya yaitu memerlukan penambahan air secara periodik & diperlukan lapisan plastik penutup burlap untuk mengurangi kebutuhan penambahan air.

- g Uap (*steam*)

Sesuai dengan ketentuan dalam ACI Committee 517 1992. Dibagi menjadi uap bertekanan rendah (*live steam*/tekanan atmosferik) yang berlangsung selama 10-12 jam pada suhu 40° – 55°C dan uap bertekanan tinggi (*autoclave*) yang berlangsung selama 10-16 jam pada suhu 40° – 55°C. Sebelum perawatan dengan uap dilakukan, beton harus dipertahankan pada suhu 10° – 30°C selama beberapa jam. Jenis perawatan ini menguntungkan bila ingin memperoleh kekuatan awal. Panas tambahan dibutuhkan untuk menyelesaikan hidrasi (misal pada musim hujan).

#### 2.2.2.6 Baja Tulangan

- a Material

Material utama yang digunakan sebagai bahan tulangan adalah besi. Untuk besi dengan kadar karbon > 2 % dinamakan besi tuang, sedangkan besi dengan kadar karbon < 2 % dinamakan baja.

Penulangan untuk jembatan biasanya dipasok sesuai dengan persyaratan di dalam AASHTO M 311 M (ASTM-A615). Penulangan lain disediakan sesuai dengan persyaratan dari standar ASSHTO M 225 (ASTM-A496), AASHTO M 32 (ASTM-A82), dan AASHTO M 55 (ASTM-A185).

Baja tulangan yang digunakan harus bebas dari kerak lepas, adukan, karat lepas atau tebal, atau bahan melekat lainnya. Penggunaan batang ulir lebih baik daripada batang polos. Pada pelaksanaannya, penggunaan baja tulangan sesuai dengan perhitungan dan desain hasil perencanaan yang dilakukan oleh konsultan perencana.

- b Syarat dan Mutu Baja Tulangan

- 1 Sifat Tampak

Baja tulangan beton tidak boleh mengandung serpihan, lipatan, retakan, gelombang, cerna yang dalam dan hanya diperkenankan berkarat ringan pada permukaan.

- 2 Bentuk

- a). Baja tulangan beton polos

Permukaan batang baja tulangan beton harus rata tidak bersirip.



b). Baja tulangan beton sirip

Permukaan batang baja tulangan beton sirip harus bersirip teratur. Setiap batang diperkenankan mempunyai rusuk memanjang yang searah dan sejajar dengan sumbu batang, serta sirip-sirip lain dengan arah melintang sumbu batang.

Sirip-sirip melintang sepanjang batang baja tulangan beton harus terletak pada jarak yang teratur. Serta mempunyai bentuk dan ukuran yang sama. Bila diperlukan tanda angka-angka atau huruf-huruf pada permukaan baja tulangan beton, maka sirip melintang pada posisi di mana angka atau huruf harus ditiadakan.

Sirip melintang tidak boleh membentuk sudut kurang dari 45° terhadap sumbu batang, apabila membentuk sudut antara 45° sampai 70°, arah sirip melintang pada satu sisi, atau kedua sisi dibuat berlawanan. Bila sudutnya diatas 70° arah yang berlawanan tidak diperlukan.

3 Ukuran dan Toleransi

a). Diameter, Berat, dan Ukuran Sirip

Diameter dan berat per meter baja beton polos seperti tercantum pada Tabel 2.1 Diameter, ukuran sirip dan berat per meter baja tulangan beton sirip seperti tercantum pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.1 - Diameter, Berat, dan Ukuran Tulangan Polos**

No.	Penamaan	Diameter Nominal (mm)	Luas Penampang Nominal (cm <sup>2</sup> )	Berat Nominal (kg/m)
1	P 6	6	0,2827	0,222
2	P 8	8	0,5027	0,395
3	P 10	10	0,7854	0,617
4	P 12	12	1,131	0,888
5	P 14	14	1,539	1,21
6	P 16	16	2,011	1,58
7	P 19	19	2,835	2,23
8	P 22	22	3,801	2,98
9	P 25	25	4,909	3,85
10	P 28	28	6,158	
11	P 32	32	8,042	

**Tabel 2.2 - Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip**

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal	Diameter dalam nominal (do)	Tinggi sirip melintang		Jarak sirip melintang (maks)	Lebar rusuk Memanjang (maks)	Berat nominal
		Mm			c	M			
					m	m	M	m	kg/m
1	S.6	6	0,2827	5,5	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222
2	S.8	8	0,5027	7,3	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395
3	S.10	10	0,7854	8,9	0,5	1,0	7,0	7,9	0,617

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal	Diameter dalam nominal (d <sub>o</sub> )	Tinggi sirip melintang		Jarak sirip melintang (maks)	Lebar rusuk memanjang (maks)	Berat nominal
					min	maks			
		Mm	c	M	m	m	M	m	kg/m
4	S.13	13	1,327	12,0	0,7	1,3	9,1	10,2	1,04
5	S.16	16	2,011	15,0	0,8	1,6	11,2	12,6	4,58
6	S.19	19	2,835	17,8	1,0	1,9	13,3	14,9	2,23
7	S.22	22	3,801	20,7	1,1	2,2	15,4	17,3	2,98
8	S.25	25	4,909	23,6	1,3	2,5	17,2	19,7	3,85
9	S.29	29	6,625	27,2	1,5	2,9	20,3	22,8	5,18
10	S.32	32	8,042	30,2	1,6	3,2	22,4	25,1	6,31
11	S.36	36	10,18	34,0	1,8	3,6	25,2	28,3	7,99
12	S.40	40	12,57	38,0	2,0	4,0	28,0	31,4	9,88
13	S.50	50	19,64	48,0	2,5	5,0	38,0	39,3	17,4

b). Toleransi Berat Per Batang

Toleransi berat perbatang baja tulangan beton polos dan sirip ditetapkan seperti tercantum dalam Tabel 2.3

**Tabel 2.3 - Toleransi Berat Perbatang**

Diameter nominal (mm)	Toleransi (%)
$6 \leq d \leq 8$	$\pm 7$
$10 \leq d < 16$	$\pm 6$
$16 \leq d < 28$	$\pm 5$
$d \geq 28$	$\pm 4$

c). Toleransi Berat Per Lot

Toleransi berat per lot baja tulangan beton polos dan sirip ditetapkan seperti tercantum dalam Tabel 2.4

**Tabel 2.4 - Toleransi Berat Per Lot**

Diameter nominal (mm)	Toleransi (%)
$6 \leq d \leq 10$	$\pm 6$
$10 \leq d < 14$	$\pm 5$
$16 \leq d < 28$	$\pm 4$
$d \geq 28$	$\pm 3,5$

4 Ukuran dan Toleransi

Sifat mekanis baja tulangan beton ditetapkan seperti tercantum pada Tabel 2.5 berikut ini.

**Tabel 2.5 - Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton**

Kelas Baja Tulangan	Uji Tarik			
	Kuat luluh/meleh (YS)		Kuat Tarik (TS)	Regangan dalam 200 mm Min.
	MPa		MPa	%
BjTP 280	Min.280	Maks.40	Min.350	11 (d ≤ 10 mm)
				12 (d ≥ 12 mm)
BjTS 280	Min.280	Maks.40	Min.350	11 (d ≤ 10 mm)
				12 (d ≥ 13 mm)
BjTS 420A	Min.420	Maks.54	Min.525	9 (d ≤ 19 mm)
				8 (22 ≤ d ≤ 25 mm)
				7 (d ≥ 29 mm)
BjTS 420B	Min.420	Maks.54	Min.525	14 (d ≤ 19 mm)
				12 (22 ≤ d ≤ 36 mm)
				10 (d > 36 mm)
BjTS 520	Min.520	Maks.64	Min.650	7 (d ≤ 25 mm)
				6 (d ≥ 29 mm)
BjTS 550	Min.550	Maks.67	Min.687,	7 (d ≤ 25 mm)
				6 (d ≥ 29 mm)
BjTS 700	Min.700	Maks.82	Min.805	7 (d ≤ 25 mm)
				6 (d ≥ 29 mm)

### 2.2.3 Rancangan Campuran Beton

Campuran beton merupakan perpaduan dari komposit material penyusunnya. Karakteristik dan sifat bahan akan mempengaruhi hasil rancangannya. Perancangan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi dan proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perancangan beton (*mix design*). Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknis serta ekonomis. Dalam menentukan proporsi campuran ada beberapa metode yang dikenal, antara lain: Metode *American Concrete Institute*, *Portland Cement Association*, *Road Note No. 4*, *British Standard* atau *Departement of Enviroment*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, dan cara coba – coba. Detail komposisi bahan penyusun beton sesuai dengan SNI dan standar lainnya yang berlaku dan hasil *trial mix* laboratorium independent dan dengan persetujuan Pengawas Pekerjaan.

#### 2.2.3.1 Perhitungan Komposisi Campuran

Perhitungan komposisi campuran beton dilakukan setelah adanya penentuan karakteristik campuran beton atau kuat tekan campuran beton yang akan dibuat. Karakteristik campuran beton atau kuat tekan campuran beton ditentukan berdasarkan perhitungan dan hasil desain perencanaan yang dilakukan oleh konsultan perencana. Setelah penentuan karakteristik campuran beton atau kuat tekan campuran beton, maka campuran beton dapat dibuat berdasarkan langkah-langkah sebagai berikut:

a Langkah Awal Penentuan Pemilihan Campuran Beton Normal

1 Langkah 1 Pemilihan Slump

Bila slump tidak disyaratkan, gunakan Tabel 2.6 Rentang nilai slump tersebut berlaku bila beton dipadatkan dengan digetar.

**Tabel 2.6 - Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (\*)**

Tipe konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum <sup>†</sup>	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, Dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

\*Slump dapat ditambah bila digunakan bahan tambahan kimia, asalkan beton yang diberi bahan tambahan tersebut memiliki rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen yang sama atau lebih kecil dan tidak menunjukkan segregasi yang berarti atau blinding berlebihan.

\*Slump boleh ditambah 25 mm untuk metode pemadatan selain dengan penggetaran

## 2 Langkah 2 Pemilihan Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum

Ukuran nominal agregat kasar maksimum dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil. Dengan demikian, beton dengan agregat berukuran lebih besar membutuhkan lebih sedikit adukan mortar per satuan isi beton.

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya.

Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- a). 1/5 dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting,
- b). 1/3 tebalnya pelat lantai,
- c).  $\frac{3}{4}$  jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan pra-tekan (*pretensioning strands*).

Bila diinginkan beton berkekuatan tinggi, maka hasil terbaik dapat diperoleh dengan ukuran nominal agregat maksimum yang lebih kecil karena hal ini akan memberikan kekuatan lebih tinggi pada rasio air-semen yang diberikan.

## 3 Langkah 3 Perkiraan Air Pencampur

Banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada:

- a). Ukuran nominal maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat;
- b). Temperatur beton;
- c). Bentuk agregat, dan;
- d). Penggunaan bahan tambahan kimia.

Slump tidak terlalu dipengaruhi oleh jumlah semen atau bahan bersifat semen lainnya dalam tingkat pemakaian yang normal, penggunaan sedikit bahan tambahan mineral yang halus dapat mengurangi kebutuhan air, perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target slump yang diinginkan lihat pada Tabel 2.7

Perbedaan dalam kebutuhan air tidak selalu ditunjukkan dalam kekuatan mengingat adanya faktor-faktor penyimpangan lainnya yang juga terlibat. Agregat kasar yang bundar dan bersudut, keduanya bermutu baik dan memiliki gradasi yang sama, dapat diharapkan menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang kira-kira sama untuk jumlah semen yang sama, sekalipun ada perbedaan dalam rasio air-semen atau rasio air-(semen+pozzolanik) yang dihasilkan dari kebutuhan air pencampur yang berbeda.

Penggunaan pasir buatan dan batu pecah membutuhkan lebih banyak air dibandingkan bila menggunakan pasir alam dan kerikil. Bentuk partikel agregat tidak selalu merupakan indikator, baik lebih tinggi atau lebih rendah dari kekuatan rencana.

**Tabel 2.7 - Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah**

Air (kg/m <sup>3</sup> ) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm†*	75 mm††	150 mm††
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Jumlah air ini digunakan untuk menghitung banyaknya semen dalam campuran percobaan pada suhu (20-25) °C. Agregat bentuk bulat umumnya membutuhkan lebih sedikit air sekitar 18 kg bagi beton. Penggunaan bahan tambahan kimia, ASTM C 494, dapat pula mengurangi air pencampur sebanyak 5% atau lebih. Volume bahan tambahan cair dimasukkan sebagai bagian dari jumlah seluruh air pencampur. Slump dengan nilai lebih dari 175 mm hanya dapat dicapai dengan penggunaan bahan kimia tambahan untuk beton dengan ukuran nominal agregat maksimum 25 mm.

Nilai slump untuk beton dengan agregat lebih besar dari 40 mm didasarkan dari uji slump setelah partikel agregat lebih besar dari 40 mm dikeluarkan dengan cara disaring basah.

Jumlah air pencampur ini digunakan untuk menghitung campuran percobaan bila menggunakan agregat yang berukuran maksimum 75 mm atau 150 mm. Ini adalah nilai rata-rata untuk agregat dengan bentuk yang baik dan dengan susunan besar butir yang baik pula dari kasar hingga halus.

**Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukani perkiraan kebutuhan air, diantaranya adalah:**

**Bahan tambahan kimia**

Bahan tambahan kimia dipakai untuk mengubah sifat-sifat beton, membuat beton lebih mudah dikerjakan; awet; lebih ekonomis; menambah atau mengurangi waktu pengikatan; mempercepat kekuatan dan atau mengontrol panas hidrasi. Bahan tambahan kimia digunakan setelah dilakukan evaluasi secara cermat.

Bahan tambahan/aditif untuk mengurangi kadar air pencampur dan atau mengatur waktu pengikatan yang memenuhi syarat ASTM C 494, bila digunakan

dengan atau tanpa campuran bahan tambahan kimia lainnya, akan banyak mengurangi jumlah air per satuan isi beton. Penggunaan sedikit bahan tambahan kimia, untuk slump yang sama, akan memperbaiki sifat beton seperti sifat pengerjaan, penyelesaian akhir (*finishing*), pemompaan, keawetan, dan kuat tekan serta kuat lenturnya.

Penambahan bahan tambahan kimia cair dalam jumlah banyak harus dianggap sebagai bagian dari air pencampur. Nilai slump pada Tabel 2.6 dapat ditambah bila digunakan bahan tambahan kimia selama beton dengan bahan tambahan kimia tadi memiliki rasio air-semen yang sama atau lebih kecil dan tidak menunjukkan potensi segregasi dan blinding berlebihan.

Apabila dilakukan campuran percobaan untuk membuktikan hubungan-hubungan kekuatan atau menilai kembali kekuatan dari sebuah campuran, harus digunakan air pencampur dan kadar udara yang terkecil. Kadar udara harus yang maksimum yang diijinkan dan beton harus diukur untuk mencapai slump tertinggi yang diijinkan. Bila beton di lapangan memiliki kadar air dan atau kadar udara yang lebih rendah, maka proporsi bahan-bahan beton harus disesuaikan untuk menghasilkan beton yang diinginkan.

#### 4 Langkah 4 Pemilihan Rasio Air-Semen Atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen

Rasio **w/c** atau **w/(c +p)** yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Oleh karena agregat, semen, dan bahan bersifat semen yang berbeda-beda umumnya menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio **w/c** atau **w/(c +p)** yang sama, sangat dibutuhkan adanya hubungan antara kekuatan dengan **w/c** atau **w/(c+p)** dari bahan-bahan yang sebenarnya akan dipakai. Bila data ini tidak ada, maka perkiraan dan nilai lama dari beton yang menggunakan semen Portland tipe I, diberikan dalam Tabel 2.8. Dengan bahan-bahan tertentu, nilai **w/c** atau **w/(c+p)** akan memberikan kekuatan seperti dalam Tabel 2.8, berdasarkan hasil pengujian benda uji umur 28 hari yang dipelihara dalam kondisi baku di laboratorium. Kekuatan rata-rata harus melebihi kekuatan yang disyaratkan dengan perbedaan yang cukup tinggi untuk menggunakan hasil-hasil uji yang rendah dalam rentang batas tertentu.

**Tabel 2.8 - Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton**

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air- semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Nilai-nilai ini adalah perkiraan rata-rata kekuatan beton yang mengandung tidak lebih dari 2 % udara untuk beton tanpa tambahan udara dan 6 % kadar udara total untuk beton dengan tambahan udara. Untuk w/c atau w/(c+p) yang tetap,

kekuatan beton berkurang bila kadar udara bertambah. Nilai kekuatan umur 28 hari adalah nilai lama dan dapat berubah bila digunakan berbagai bahan bersifat semen. Nilai kekuatan ini didasarkan pada benda uji silinder (150 x 300) mm yang dipelihara dalam kondisi lembab pada temperatur (23 ± 1,7) °C sebelum diuji. Hubungan yang ditunjukkan dalam Tabel 2.8 adalah untuk ukuran nominal agregat maksimum (19 - 25) mm.

Untuk tingkat pemaparan yang sangat buruk, w/c atau w/(c+p) harus dipertahankan tetap rendah sekalipun persyaratan kekuatan mungkin dicapai dengan nilai lebih tinggi Tabel 2.9 memberikan batasan nilai-nilainya.

**Tabel 2.9 - Maksimum rasio w/c atau rasio w/(c+p) yang diijinkan untuk beton tingkat pemaparan berat (*severe exposures*) \***

Tipe struktur	Struktur selalu/seringkali basah dan terpapar pembekuan serta pencairan	Struktur yang dipengaruhi air laut atau sulfat
Bagian tipis (pegangan tangga, gili-gili, sills, talang, ornamental work) dan bagian selimut beton kurang dari 25 mm.	0,45	0,40 <sup>‡</sup>
	0,50	0,45 <sup>‡</sup>

Bila beton menggunakan bahan-bahan bersifat pozolan (pozzolanic materials), seperti pozolan alam, abu terbang, serbuk tanur tinggi (GGBFS), serbuk silika, maka rasio air-semen ditambah bahan pengikat lainnya (dalam berat) harus digunakan sebagai pengganti rasio air-semen (dalam berat) tradisional.

Ada 2 (dua) pendekatan yang biasanya dipakai untuk menentukan rasio w/(c+p) yang dianggap ekuivalen dengan rasio air-semen w/c.

- a). Berat ekuivalen dari bahan-bahan bersifat pozolan, atau
- b). Isi atau volume absolut dari bahan-bahan pozolanik dalam campuran.

Untuk pendekatan pertama, kesamaan berat, berat total dari bahan-bahan pozolanik tetap sama, (artinya, w/(c+p) = w/c); tetapi volume absolut total dari semen ditambah bahan pozolanik biasanya sedikit lebih besar.

Pendekatan kedua, dengan menggunakan persamaan 2, rasio w/(c+p) dalam berat dihitung dengan memakai hubungan volume absolut yang sama, namun akan mengurangi berat total bahan pozolanik, karena berat jenis dari bahan-bahan pozolanik umumnya lebih kecil dari berat jenis semen.

## 5 Langkah 5 Perhitungan Kadar Semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam contoh-contoh di langkah 3 dan langkah 4 tersebut di atas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (langkah 3) dibagi rasio air-semen (langkah 4). Namun demikian, bila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak. Penggunaan bahan

pozolanik atau bahan tambahan kimia akan mempengaruhi sifat-sifat dari beton baik beton segar maupun beton yang telah mengeras.

## 6 Langkah 6 Perkiraan Kadar Agregat Kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 2.10 Atau dilakukan perhitungan secara analitis atau grafis.

Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan rapatnya tulangan baja, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10% dari nilai yang ada dalam Tabel 2.10.

**Tabel 2.10 - Volume agregat kasar per satuan volume beton**

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan† dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

\* Volume berdasarkan berat kering oven (*dry-rodded unit weight*) sesuai ASTM C-29 dan SNI 03-4804-1998

\* Lihat SNI 03-1968-1990 untuk menghitung modulus kehalusan.

Volume ini dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan untuk pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental (keleccakan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai (*pavement*), nilainya dapat ditambah sekitar 10 %.

## 7 Langkah 7 Perkiraan Kadar Agregat Halus

Setelah selesai melakukan langkah 6, seluruh komponen bahan dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat atau metoda berdasarkan volume absolut.

Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama.

Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 2.11 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m<sup>3</sup> tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk



memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan seperti yang akan ditunjukkan dalam contoh-contoh.

**Tabel 2.11 - Perkiraan awal berat beton segar**

Ukuran nominal maksimum agregat ( mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m <sup>3</sup> *	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Nilai yang dihitung memakai rumus 1 untuk beton dengan jumlah semen cukup banyak (330 kg semen per m<sup>3</sup>), dan dengan slump sedang dan berat jenis agregat 2,7. Untuk slump sebesar 75 mm sampai dengan 100 mm menurut Tabel 2.7 Bila informasi yang diperlukan cukup, maka berat perkiraan dapat diperhalus lagi dengan cara sebagai berikut : untuk setiap perbedaan air pencampur 5 kg dengan slump sebesar 75 mm sampai dengan 100 mm, koreksi berat tiap m<sup>3</sup> sebanyak 8 kg pada arah berlawanan; untuk setiap perbedaan 20 kg kadar semen dari 330 kg, koreksi berat per m<sup>3</sup> sebesar 3 kg dalam arah bersamaan; untuk setiap perbedaan berat jenis agregat 0,1 terhadap nilai 2,7, koreksi berat beton sebesar 60 kg dalam arah yang sama.

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

#### 8 Langkah 8 Penyesuaian Terhadap Kelembaban Agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembab, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air (biasanya setelah direndam selama satu hari) lebih besar dari 1%, dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan slump yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air-semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan bahwa partikel semen tidak terbawa masuk ke dalam agregat.

Menurut SNI 03-2493-1991, prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium mengizinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1,0 % dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unset concrete*). Disarankan oleh SNI 03-2493-1991 bahwa jumlah yang diserap dapat dianggap sebesar 80 % dari perbedaan antara jumlah air sebenarnya yang terdapat dalam pori-pori agregat (kondisi kering udara) dan penyerapan jumlah nominal 24 jam yang ditentukan dalam SNI 03-1969-1990 atau SNI 03-1970-1990.

Untuk agregat dengan penyerapan lebih besar, SNI 03-2493-1991 mensyaratkan pengondisian sebelumnya untuk memenuhi syarat penyerapan dengan pengaturan berat agregat yang didasarkan pada jumlah kadar air dan pengaturan termasuk air permukaan sebagai bagian dari air pencampur yang disyaratkan.

### 2.2.3.2 Percobaan Pencampuran Beton

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji menurut SNI 03-2493-1991 atau sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan slump yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan.

Beton harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan / yield (SNI 03-1973-1990 dan SNI 03-3418-1994). Juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (*finishing-nya*).

Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai slump yang sama seperti campuran percobaan adalah setara dengan jumlah bersih air pencampur dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam  $m^3$ . Jika nilai slump campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak  $2 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap penambahan atau pengurangan nilai slump sebesar 10 mm.

Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam  $\text{kg}/m^3$  dari campuran percobaan, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan.

### 2.2.3.3 Pengujian Beton Basah

#### a Pengujian Slump

##### 1 Ketentuan Umum

Slump test adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur tingkat kekakuan dari beton segar. Dengan cara mengukur penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Kecuali disyaratkan lain atau diizinkan, beton harus memiliki *slump* sebesar 100 mm di lokasi penyerahan. Tentukan *slump* sesuai ASTM C143/C143M. Toleransi *slump* harus sesuai persyaratan ACI 117M.

Apabila bahan campuran tambahan pembuat plastis Tipe I atau II sesuai ASTM C1017/C1017M atau bila bahan campuran tambahan pereduksi air rentang tinggi tipe F atau tipe G sesuai ASTM C494/C494M diizinkan untuk meningkatkan *slump* beton, campuran beton harus diproporsikan mencapai *slump* 50 mm sampai dengan 100 mm sebelum penambahan bahan campuran tambahan

tersebut dan di lokasi penyerahan mencapai *slump* maksimum 200 mm setelah bahan campuran tambahan tersebut ditambahkan, kecuali disyaratkan lain.

## 2 Peralatan Pengujian Slump

Adapun alat yang digunakan untuk slump test adalah:

### a). Alat Uji

Alat uji harus berupa sebuah cetakan yang terbuat dari bahan logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen. Ketebalan logam tersebut tidak boleh lebih kecil dari 1,5 mm dan bila dibentuk dengan proses pemutaran (*spinning*), maka tidak boleh ada titik dalam cetakan yang ketebalannya lebih kecil dari 1,15 mm.

Cetakan harus berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Permukaan dasar dan permukaan atas kerucut harus terbuka dan sejajar satu dengan yang lain serta tegak lurus terhadap sumbu kerucut. Batas toleransi untuk masing-masing diameter dan tinggi kerucut harus dalam rentang 3,2 mm dari ukuran yang telah ditetapkan. Cetakan harus dilengkapi dengan bagian injakan kaki dan untuk pegangan. Bagian dalam dari cetakan relatif harus licin dan halus, bebas dari lekukan, deformasi atau mortar yang melekat. Cetakan harus dipasang secara kokoh di atas pelat dasar yang tidak menyerap air. Pelat dasar juga harus cukup luas agar dapat menampung adukan beton setelah mengalami slump.

### b). Cetakan Dengan Material Alternatif

Cetakan yang terbuat selain dari bahan logam diperbolehkan bila persyaratan berikut dipenuhi. Cetakan harus memenuhi persyaratan ukuran. Cetakan harus cukup kaku untuk menjaga ukuran yang telah ditetapkan dan toleransi selama penggunaan, tahan terhadap gaya tumbuk dan harus tidak menyerap air. Cetakan harus diuji coba untuk mendapatkan hasil-hasil yang dapat dibandingkan dengan hasil-hasil yang diperoleh jika menggunakan cetakan logam sesuai persyaratan. Uji banding harus dilakukan oleh laboratorium yang independen atas nama pembuat cetakan. Uji banding harus terdiri minimum 10 sampel pada masing-masing dari tiga nilai slump yang berbeda dengan rentang dari 50 mm sampai 125 mm.

Tidak boleh ada hasil-hasil uji slump individual yang berbeda lebih dari 15 mm dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan cetakan logam. Hasil uji rata-rata dari masing-masing pengujian slump yang diperoleh dengan menggunakan cetakan material alternatif tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm dari hasil uji rata-rata yang diperoleh dengan cetakan logam. Bila ada perubahan material atau metode pembuatan, pengujian untuk uji banding harus diulangi.

Bila kondisi cetakan individual diduga telah menyimpang dari toleransi kondisi fabrikasinya maka suatu uji perbandingan tunggal harus dilakukan. Bila hasil-hasil pengujian berbeda lebih dari 15 mm (0,5 in) dari yang dihasilkan cetakan logam, maka cetakan tidak boleh digunakan.

c). Batang Penusuk

Batang penusuk harus merupakan suatu batang baja yang lurus, penampang lingkaran dengan diameter 16 mm dan panjang sekira 600 mm, memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm.

3 Pelaksanaan Pengujian Slump

a). Basahi cetakan dan letakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku. Cetakan harus ditahan secara kokoh di tempat selama pengisian, oleh operator yang berdiri di atas bagian injakan. Segera isi cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis sekira sepertiga dari volume cetakan. Sepertiga dari volume cetakan slump diisi hingga ketebalan 67 mm, dua pertiga dari volume diisi hingga ketebalan 155 mm.

b). Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pematat. Sebarkan penusukan secara merata di atas permukaan setiap lapisan. Untuk lapisan bawah akan ini akan membutuhkan penusukan secara miring dan membuat sekira setengah dari jumlah tusukan dekat ke batas pinggir cetakan, dan kemudian lanjutkan penusukan vertikal secara spiral pada seputar pusat permukaan.

Padatkan lapisan bawah seluruhnya hingga kedalamannya. Hindari batang penusuk mengenai pelat dasar cetakan. Padatkan lapisan kedua dan lapisan atas seluruhnya hingga kedalamannya, sehingga penusukan menembus batas lapisan di bawahnya.

c). Dalam pengisian dan pemadatan lapisan atas, lebihkan adukan beton di atas cetakan sebelum pemadatan dimulai. Bila pemadatan menghasilkan beton turun dibawah ujung atas cetakan, tambahkan adukan beton untuk tetap menjaga adanya kelebihan beton pada bagian atas dari cetakan. Setelah lapisan atas selesai dipadatkan, ratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk di atasnya. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara-hati-hati. Angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu  $5 \pm 2$  detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, dalam waktu tidak lebih dari 2 ½ menit.

d). Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera slump dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton. Bila terjadi keruntuhan atau keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, abaikan pengujian tersebut dan buat pengujian baru dengan porsi lain dari contoh. Bila dua pengujian berturutan pada satu contoh beton menunjukkan keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, kemungkinan adukan beton kurang plastis atau kurang kohesif untuk dilakukan pengujian slump.

4 Ketelitian dan Penyimpangan Nilai *Slump*

a). Ketelitian

Tidak perlu pengujian antar laboratorium yang dilaksanakan dalam metode pengujian ini, karena tidak mungkin mendapatkan beton yang setara pada tempat yang berbeda-beda, bebas dari kesalahan kecuali berdasarkan pengujian nilai slump. Data lapangan yang ekstensif mengizinkan suatu

pernyataan berkenaan dengan ketelitian beberapa teknisi dari metode pengujian ini.

- 1). Rentang pengujian, 38 hingga 70 mm.
- 2). Jumlah total contoh,
- 3). Deviasi standar kemampuan pengulangan (1S), 8 mm.
- 4). Batas kemampuan pengulangan 95 persen (D2S), 21 mm

Jadi, hasil dari dua pengujian yang dilaksanakan secara benar oleh teknisi-teknisi yang berbeda dalam laboratorium yang sama pada material yang sama tidak boleh lebih dari 21 mm. Karena keterbatasan rentang nilai slump dalam beton yang digunakan dalam pengujian ini, harus hati-hati dalam menerapkan nilai-nilai ketelitian ini.

b). Penyimpangan

Metode pengujian ini tidak memiliki penyimpangan karena nilai slump ditetapkan berkaitan dengan metode pengujian ini. Data yang akurat didasarkan atas penggunaan kerucut-kerucut dari bahan logam. Tidak ada data spesifik yang tersedia untuk hasil-hasil pengujian beberapa teknisi menggunakan kerucut dari bahan alternatif selain logam.

b Pengujian berat isi beton

1 Peralatan

a). Timbangan

Timbangan dengan ketelitian 45 g atau 0.3% dari berat benda uji, atau lebih besar berdasarkan rentang yang digunakan. Rentang yang digunakan berdasarkan timbangan yang dapat digunakan untuk menimbang wadah ukur kosong sampai wadah ukur yang telah terisi beton sekitar 2600 kg/m<sup>3</sup>.

b). Batang Penusuk

Batang penusuk terbuat dari baja yang lurus dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm, dengan bagian ujungnya dibulatkan setengah bola dengan diameter 16 mm.

c). Penggetar Internal

Penggetar internal harus memiliki permukaan yang halus dan rapat pada bagian penggetarnya serta digerakkan dengan motor listrik. Frekuensi getaran harus 7000 getaran per menit atau lebih. Diameter terluar dari bagian penggetar tidak kurang dari 19 mm dan tidak lebih dari 38 mm. Panjang bagian penggetar tidak kurang dari 600 mm.

d). Wadah Ukur

Wadah ukur berbentuk silinder, dapat terbuat dari baja atau logam lain (sesuai CATATAN 1). Kapasitas minimum dari wadah silinder harus sesuai dengan persyaratan yang tercantum dalam Tabel 2.12 yang berdasarkan pada ukuran agregat dalam beton yang akan diuji. Semua wadah ukur, kecuali wadah ukur pada pengukur kadar udara (air meter) yang digunakan pada pengujian TEST METHOD C 138, harus sesuai dengan persyaratan TEST METHOD C 29/C 29M. Wadah ukur yang digunakan pada pengukur kadar udara (air meter)

harus sesuai dengan persyaratan *TEST METHOD C 231*, dan harus dikalibrasi untuk volumenya sebagaimana dijelaskan pada *TEST METHOD C 29/C 29M*. Permukaan atas dari wadah ukur pada pengukur kadar udara (air meter) harus mulus dan rata dalam batas 0.3 mm (sesuai CATATAN 2). Penandaan ukuran wadah ukur digunakan untuk pengujian beton dengan ukuran maksimum nominal agregat yang sama atau lebih kecil dari yang tertera dalam tabel. Volume aktual wadah ukur minimal 95 % dari volume nominal sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.12.

**Tabel 2.12 - Kapasitas Wadah Ukur**

Nominal Maximum Size of Coarse Aggregate		Capacity of Measure <sup>A</sup>	
in.	Mm	ft <sup>3</sup>	L
1	25.0	0.2	6
1 <sup>1/2</sup>	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1.0	28
4 <sup>1/2</sup>	112	2.5	70
6	150	3.5	100

CATATAN 1 Logam tidak boleh bereaksi terhadap pasta semen. Bagaimanapun, bahan reaktif seperti aluminium mungkin dapat digunakan dimana terdapat konsekuensi pada reaksi inisial. Permukaan film yang terbentuk akan melindungi logam dari serangan korosi.

CATATAN 2 Permukaan atas cukup datar jika 0.3 mm *gage* tidak dapat dimasukkan di antara bibir gelas dan pelat kaca 6 mm atau lebih tebal diletakkan di bagian atas dari wadah.

e). Alat Perata

Pelat logam persegi empat dengan ketebalan 6 mm atau pelat acrylic atau kaca dengan ketebalan 12 mm, lebar 50 mm dan panjang yang disesuaikan dengan wadah silinder yang digunakan. Permukaan pelat harus rata dan mulus dengan toleransi penyimpangan 2 mm

f). Palu Karet

Untuk wadah ukur dengan volume tidak lebih dari 14 liter, gunakan palu karet dengan berat (600 ± 200) g, sedangkan untuk wadah ukur dengan volume lebih dari 14 liter, gunakan palu karet dengan berat (1000 ± 200) g.

2 Prosedur

a). Pemilihan Metode Pemadatan

Pemilihan metode pemadatan berdasarkan nilai slump dilakukan jika tidak ditentukan dalam spesifikasi. Metode pemadatan dilakukan dengan cara penusukan dan getaran internal. Untuk nilai slump yang lebih besar dari 75 mm pemadatan dilakukan dengan cara penusukan. Untuk nilai slump yang terletak di antara 25 mm sampai 75 mm pemadatan dapat dilakukan dengan cara penusukan atau penggetaran internal. Apabila nilai slump lebih kecil dari 25 mm maka pemadatan hanya boleh dilakukan dengan cara penggetaran.

Beton nonplastis, seperti yang biasa digunakan pada pabrik pembuatan pipa dan pekerjaan menembok, tidak termasuk dalam cara uji ini.

b). Pemadatan

Beton ditempatkan dalam tiga lapis dengan volume yang sama pada setiap lapis. Untuk wadah ukur yang digunakan dengan volume 14 liter atau lebih kecil, tusuk-tusuk setiap lapis dengan 25 tusukan batang penusuk, 50 tusukan bila volume wadah ukur yang digunakan 28 liter, dan satu tusukan untuk setiap 20 cm<sup>2</sup> dari permukaan untuk wadah ukur yang lebih besar. Tusukan lapisan bawah tidak menyentuh wadah ukur bagian bawah. Penusukan dilakukan secara merata di atas penampang melintang wadah ukur dan untuk dua lapis di atasnya, tusukan menembus lapisan di bawahnya sedalam 25 mm. Setelah setiap lapis ditusuk, pukul-pukul setiap sisi sebanyak 10 sampai 15 kali dengan menggunakan palu (sesuai Bab 2.2.3.3 b). 1). f.) untuk mengurangi jumlah pori dalam beton. Tambahkan lapis terakhir dan hindari pengisian yang terlalu penuh.

c). Penggetaran Internal

Isi dan getarkan wadah ukur dalam dua lapis yang sama. Tempatkan semua beton dalam setiap lapis dalam wadah ukur sebelum penggetaran dimulai pada lapis tersebut. Masukkan alat penggetar pada tiga tempat yang berbeda di setiap lapis. Untuk pemadatan lapis bawah, alat penggetar diusahakan tidak mengenai bagian bawah wadah ukur. Dalam pemadatan lapis terakhir, alat penggetar harus menembus setiap lapis yang di bawahnya kira-kira 25 mm. Alat penggetar harus ditarik secara hati-hati agar tidak ada udara yang terperangkap dalam beton. Waktu penggetaran yang diperlukan akan tergantung dari tingkat kemudahan pekerjaan beton dan efektifitas penggetar (Vibrator) (sesuai CATATAN 3). Penggetaran menerus hanya boleh dilakukan untuk mendapatkan beton yang padat (sesuai CATATAN 4). Amati lamanya waktu penggetaran yang diperlukan untuk berbagai jenis beton, penggetar dan alat ukur yang digunakan.

CATATAN 3 Biasanya, penggunaan penggetar dilakukan sampai permukaan beton menjadi relatif mulus.

CATATAN 4 Penggetaran berlebih mungkin menyebabkan segregasi dan kehilangan kuantitas udara yang terperangkap.

d). Penyelesaian Pemadatan

Pada penyelesaian pemadatan, wadah ukur tidak boleh dalam keadaan kekurangan atau kelebihan beton. Jumlah maksimum kelebihan beton kira-kira 3 mm di atas wadah ukur. Beton dapat ditambahkan dalam jumlah yang sedikit untuk menutupi kekurangan. Jika dalam wadah ukur terdapat kelebihan beton pada saat penyelesaian pemadatan, maka pindahkan kelebihan beton tersebut dengan menggunakan sendok semen atau sekop secepatnya seiring penyelesaian pemadatan dan sebelum wadah ukur diratakan.

e). Perataan

Setelah pemadatan, ratakan permukaan atas beton sampai batas atas wadah ukur dengan alat perata hingga permukaan beton benar-benar rata. Perataan sebaiknya dilakukan dengan menekan alat perata pada permukaan atas

wadah ukur untuk menutupi sekitar 2/3 dari permukaan dan gerakkan pelat perata dengan gerakan menyapu sampai benar-benar tertutup. Kemudian letakkan pelat perata pada permukaan atas wadah ukur untuk menutupi 2/3 permukaan lainnya dan lakukan dengan tekanan vertikal dan gerakan menyapu untuk menutupi semua permukaan wadah ukur dan lanjutkan sampai permukaan wadah ukur benar-benar rata. Lakukan tusukan akhir dengan menggunakan pelat perata sampai permukaan mulus.

f). Pembersihan dan Penimbangan

Setelah diratakan, bersihkan semua kelebihan beton yang terdapat pada bagian luar wadah ukur, lalu tentukan berat beton dan wadah ukur dengan timbangan sesuai dengan persyaratan pada Bab 2.2.3.3.b).1).a untuk hasil yang akurat.

3 Perhitungan

a). Berat Isi

Menghitung berat isi adalah sebagai berikut :

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

- D = berat isi beton, kg/m<sup>3</sup>
- Mc = wadah ukur yang diisi beton, kg
- Mm = berat wadah ukur, kg
- Vm = volume wadah ukur, m<sup>3</sup>

b). Volume Produksi Campuran

Menghitung volume produksi campuran adalah sebagai berikut :

$$Y = \frac{M}{D} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

- D = berat isi beton, kg/m<sup>3</sup>
- M = berat total material dalam campuran, kg
- Y = adalah volume produksi campuran, m<sup>3</sup>

c). Volume Produksi Campuran Relatif

Menghitung volume produksi campuran relatif adalah sebagai berikut :

$$R_y = \frac{Y}{Y_d} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

- R<sub>y</sub> = perbandingan volume produksi campuran relative
- Y = volume produksi campuran, m<sup>3</sup>
- Y<sub>d</sub> = volume beton yang dirancang untuk diproduksi, m<sup>3</sup>

Nilai R<sub>y</sub> yang lebih besar dari 1,00 menunjukkan suatu kelebihan beton yang diproduksi sedangkan untuk nilai yang lebih kecil menunjukkan campuran kurang dari volume desain.



d). Kadar Semen

Menghitung kadar semen aktual adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{C_b}{Y} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

- C = kadar semen aktual, kg/m<sup>3</sup>
- C<sub>b</sub> = berat semen dalam campuran, kg
- Y = volume produksi campuran, m<sup>3</sup>

e). Kadar Udara

Menghitung kadar udara adalah sebagai berikut :

$$A = \left\{ \frac{T - D}{T} \right\} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

Atau

$$A = \left\{ \frac{Y - V}{Y} \right\} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

Dengan :

- A = kadar udara dalam beton (%)
- D = berat isi beton, kg/m<sup>3</sup>
- T = berat isi teoritis beton, kg/m<sup>3</sup>
- Y = volume produksi campuran, m<sup>3</sup>
- V = volume absolut total, m<sup>3</sup>

\*sumber ASTM C 138 atau SNI 1973:2008

**2.2.3.4 Pembuatan Benda Uji**

a Penempatan Cetakan

Cetak benda uji sedekat mungkin ke tempat penyimpanan selama 24 jam pertama. Jika tidak memungkinkan untuk mencetak benda uji dekat tempat penyimpanan, pindahkan benda uji ke tempat penyimpanan sesegera mungkin setelah diratakan. Letakkan cetakan pada permukaan kaku, bebas dari getaran dan gangguan lainnya. Hindarkan dari gangguan, benturan atau goresan permukaan benda uji saat pemindahan benda uji ke tempat penyimpanan. Lindungi benda uji dari sinar matahari langsung dan hujan.

b Penempatan Benda Uji

Tempatkan beton ke dalam cetakan menggunakan sekop beton tumpul. Pilih penyendokan beton dari wadah pengaduk untuk menjamin bahwa beton merupakan perwakilan dari campuran. Mungkin perlu untuk mengaduk kembali beton dalam wadah pengaduk dengan sekop untuk menghindari segregasi selama pencetakan benda uji.

Gerakan sekop sekeliling sisi atas cetakan saat beton diisikan untuk meyakinkan penyebaran beton secara merata dan untuk mengurangi segregasi agregat kasar dalam cetakan. Selanjutnya sebarkan beton dengan menggunakan tongkat penusuk

sebelum mulai pemadatan. Pada penempatan lapisan terakhir operator harus mencoba untuk menambah jumlah beton yang akan mengisi secara tepat cetakan setelah dipadatkan. Jangan tambahkan benda uji yang tidak mewakili ke cetakan yang sedang diisi.

c Jumlah Lapisan

Buat benda uji dengan lapisan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.13 berikut:

**Tabel 2.13 - Jumlah Lapisan Yang Diperlukan Untuk Benda Uji**

Tipe, ukuran dan kedalaman benda uji (mm)	Model pemadatan	Jumlah lapisan	Perkiraan tebal lapisan (mm)
Silinder: - sampai dengan 300 - lebih dari 300 - sampai dengan 460 - lebih dari 460	Tongkat penusuk*	3 lapis yang sama	100 sedekat mungkin
	Tongkat penusuk*	sebanyak keperluan	
	Penggetar	2 lapis yang sama	200 sedekat mungkin
Prisma dan silinder rangkai mendatar: - sampai dengan 200 - lebih dari 200 - sampai dengan 200 - lebih dari 200	Penggetar	3 lapis atau lebih	
	Tongkat penusuk*	2 lapis yang sama	100 sedekat mungkin
	Tongkat penusuk*	2 lapis atau lebih	
	Penggetar	1 lapis	200 sedekat mungkin
	Penggetar	3 lapis atau lebih	

### 2.2.3.5 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji di laboratorium mencakup pengujian benda uji tekan silinder. Ketentuan, toleransi dan pelaksanaan pengujian kuat tekan benda uji silinder mengacu pada sub bab 2.2.10.6.

### 2.2.3.6 Penyesuaian Pengujian Skala Produksi

Untuk penyesuaian mekanisme alat pencampur dengan kondisi sesungguhnya dan penyesuaian dengan material yang akan digunakan untuk produksi beton, komposisi campuran beton yang didapat dari hasil percobaan campuran beton dilaboratorium harus dibuktikan dengan percobaan dengan skala produksi di *batching plant*.

Komposisi yang digunakan untuk produksi beton adalah komposisi hasil penyesuaian dengan percobaan skala produksi.

## 2.2.4 Mortar dan Grouting

### 2.2.4.1 Mortar

a Umum

Merupakan pekerjaan yang mencakup pembuatan dan pemasangan adukan untuk penggunaan dalam beberapa pekerjaan dan sebagai pekerjaan akhir permukaan pada pasangan batu atau struktur lain.

b Bahan dan Campuran

- 1 Semen harus memenuhi ketentuan dalam Bab 2.2.2.1 a) pedoman ini.
- 2 Agregat halus harus memenuhi ketentuan dalam SNI 03-6820-2002.

- 3 Kapur tohor harus memenuhi ketentuan dalam jumlah residu, letupan dan lekukan (*popping & pitting*), dan penahan air sisa untuk kapur jenis N dalam SNI 03-6378-2000.
- 4 Air harus memenuhi ketentuan dalam Bab 2.2.2.2 dari pedoman ini.

#### 2.2.4.2 Grouting

##### a Umum

*Grouting* dilakukan untuk menghilangkan aliran rembesan air dengan cara injeksi bertekanan tinggi sehinggalan retakan, lubang dan sambungan pada substansi padat dapat terisi. *Grouting* dapat dilakukan untuk mengintersepsi retakan, atau mengisi retakan.

##### b Bahan *Grout*

*Grout* harus terdiri dari semen portland dan air, atau semen portland, pasir, dan air, yang sesuai dengan kebutuhan teknisnya. Bahan tambahan yang boleh digunakan adalah yang telah diketahui tidak memiliki pengaruh buruk terhadap bahan *grout*, baja, atau beton. Bahan tambahan yang mengandung kalsium klorida tidak boleh dipergunakan.

##### c Pemilihan Proporsi *Grout*

- 1 Proporsi bahan untuk *grout* harus didasarkan pada salah satu ketentuan berikut:
  - a). Hasil pengujian pada *grout* yang masih segar dan yang sudah mengeras yang dilaksanakan sebelum pekerjaan *grout* dimulai, atau
  - b). Catatan pengalaman sebelumnya dengan bahan dan peralatan yang serupa dan pada kondisi lapangan yang sebanding.
- 2 Semen yang digunakan untuk pekerjaan harus sesuai dengan jenis semen yang digunakan dalam penentuan *grout*.
- 3 Kandungan air haruslah merupakan nilai minimum yang cukup untuk menjamin tercapainya pelaksanaan pemompaan *grout* dengan baik, tetapi nilai rasio air-semen (dalam perbandingan berat) tidak boleh melampaui 0,45.
- 4 Penurunan kemampuan alir *grout* akibat penundaan pelaksanaan *grouting* tidak boleh diatasi dengan penambahan air.

##### d Pengadukan dan Pemompaan *Grout*

- 1 *Grout* harus diaduk dalam alat yang mampu untuk mencampur dan beragitasi secara menerus sehingga akan menghasilkan distribusi bahan yang merata dan seragam. Selanjutnya, adukan dilewatkan melalui saringan, dan kemudian dipompa sedemikian hingga akan mengisi selongsong tendon secara penuh.
- 2 Suhu komponen struktur pada saat pelaksanaan *grout* harus diatas 2 °C dan harus dijaga agar tetap diatas 2 °C hingga kubus *grout* ukuran 50 mm yang dirawat di lapangan mencapai suatu kuat tekan minimum sebesar 5 MPa.
- 3 Selama pengadukan dan pemompaan, suhu *grout* tidak boleh lebih tinggi dari 30 derajat celcius.

## 2.2.5 Beton Siklop

### 2.2.5.1 Umum

Beton siklop (*cyclop*) merupakan suatu bahan struktur bangunan yang tersusun dari campuran beton yang ditambah agregat kasar. Komposisi beton siklop terdiri dari beton dengan mutu beton K-175 ditambah dengan agregat kasar untuk beton siklop sesuai spesifikasi.

Kekuatan konstruksi beton siklop (*cyclop*) juga masih di bawah beton bertulang, tetapi masih lebih baik daripada konstruksi pasangan batu, Penyebabnya karena, beton siklop (*cyclop*) masih mampu menahan tegangan tarik dan tekan. Sedangkan, untuk pasangan batu hanya mampu menahan gaya tekan. tetapi untuk menahan tegangan tariknya sangat lemah. Beton siklop sering digunakan pada pembuatan bendungan, pangkal jembatan, dan sebagainya.

Komposisi pemasangan 1 m<sup>3</sup> beton siklop diperlukan antara lain:

- a 60 % beton campuran 1 PC : 2 PB : 3 KR (PC= Portland Cement, PB = Pasir Batu, dan KR = Kerikil)
- b 40 % agregat kasar ukuran 10-20 cm

### 2.2.5.2 Kriteria Beton Siklop

Pengecoran beton siklop yang terdiri dari campuran beton kelas  $f_c'$  15 MPa dengan batu-batu pecah ukuran besar. Batu-batu ini diletakkan dengan hati-hati, tidak boleh dijatuhkan dari tempat yang tinggi atau ditempatkan secara berlebihan yang dikhawatirkan akan merusak bentuk acuan atau pasangan-pasangan lain yang berdekatan. Semua batu-batu pecah harus cukup dibasahi sebelum ditempatkan. Volume total batu pecah tidak boleh melebihi sepertiga dari total volume pekerjaan beton siklop.

Untuk dinding-dinding penahan tanah atau pilar yang lebih tebal dari 60 cm dapat digunakan batu-batu pecah berukuran maksimum 25 cm, tiap batu harus cukup dilindungi dengan adukan beton setebal 15 cm; batu pecah tidak boleh lebih dekat dari 30 cm dalam jarak terhadap permukaan atau 15 cm dalam jarak terhadap permukaan yang akan dilindungi dengan beton penutup (*caping*).

## 2.2.6 Beton Volume Besar

### 2.2.6.1 Umum

Merupakan pekerjaan beton yang volumenya relatif besar dengan dimensi terkecil sama atau lebih besar dari 1 m atau komponen struktur dengan ukuran lebih kecil dari 1 m tetapi mempunyai potensi menghasilkan temperatur maksimum/puncak melebihi batasan temperatur yang diijinkan.

### 2.2.6.2 Kriteria Beton Volume Besar

- a Material Beton Volume Besar
  - 1 Semen  
Sesuai dengan ketentuan dalam Bab 2.2.2.1 dari pedoman ini.
  - 2 Air  
Sesuai dengan ketentuan dalam Bab 2.2.2.2 dari pedoman ini.

3 Agregat

Sesuai dengan ketentuan dalam Bab 2.2.2.3 dari pedoman ini.

4 Bahan Tambah

Sesuai dengan ketentuan dalam Bab 2.2.2.4 dari pedoman ini.

5 Bahan Perawatan Beton

Sesuai dengan ketentuan dalam Bab 2.2.2.5 dari pedoman ini. Jika menggunakan *curing compound*, harus sesuai dengan AASHTO M 148. Bahan perawatan beton yang berfungsi sebagai lapisan penutup untuk menahan panas sedikitnya harus memiliki tingkat penahan panas 0.5 hr-foot<sup>2</sup>/BTU (0,1585 m<sup>2</sup>/Watt).

6 Dinding Insulasi

Bila digunakan dinding pelapisan acuan untuk menjaga perbedaan temperatur, bahan yang digunakan harus memiliki tingkat penahan panas antara 2-4 hr-foot<sup>2</sup>/BTU (0,634 – 1,268 m<sup>2</sup>/Watt).

7 Peralatan Sensor Temperatur

Sensor temperatur yang digunakan adalah tipe thermistor atau yang sejenisnya yang harus dikalibrasi sebelum digunakan. Sensor harus dapat menunjukkan temperatur dalam rentang 10° - 95°C atau dalam rentang yang disyaratkan dengan ketelitian baca 0.5°C.

b Ketentuan Pengendalian Temperatur

1 Pengendalian Komposisi Bahan

Pengendalian komposisi bahan beton untuk menghasilkan temperatur beton maksimum yang disyaratkan harus dibuktikan dengan pengukuran temperatur pada benda uji (mock up) dengan ukuran minimum yang sesuai dengan elemen struktur yang akan dilaksanakan.

2 Sistem Pendinginan Mekanis

Jika menggunakan sistem pendinginan mekanis, maka harus direncanakan sesuai dengan rencana pengendalian temperatur dengan persyaratan:

- a). Sistem pendinginan mekanis harus terletak di dalam elemen beton dan bila telah mencapai umur beton pengecoran ambungan permukaan ke pipa pendingin harus dapat dibuang sampai kedalaman 10 cm dari permukaan.
- b). Acuan harus direncanakan sehingga pembukaan acuan tidak mengganggu pengamatan sistem pendingin dan temperatur.
- c). Pipa pendingin tidak boleh pecah atau melendut selama pengecoran beton dan harus dijamin terlindung dari gerakan. Pipa pendingin yang rusak harus segera diganti.
- d). Sistem pendingin mekanis harus diuji tekan pada 30 psi selama 30 menit untuk mengetahui tidak ada kebocoran sebelum pengecoran beton.
- e). Sirkulasi pendinginan sudah harus dilakukan saat pengecoran dimulai setelah proses pendinginan selesai, pipa pendingin harus segera digrouting dengan campuran grouting tanpa penyusutan sesuai ASTM C-1107 untuk 0.0 persen

penyusutan dan ASTM C-827 untuk pengembangan 0.0 – 0.4 persen.  
Pelaksanaan grouting harus sesuai dengan rekomendasi pabrik pembuat.

- f). Setelah sambungan permukaan ke pipa pendingin dibuka, lobang harus diisi dengan mortar.

## 2.2.7 Beton Memadat Sendiri

### 2.2.7.1 Umum

Merupakan beton segar dengan karakter mempunyai nilai *Slump* yang tinggi tanpa mengalami segregasi dan tidak memerlukan pemadatan mekanik selama proses pengecoran.

Penggunaan beton memadat sendiri (SCC) dalam proses pengecoran suatu struktur bangunan dapat memberikan manfaat antara lain:

- a Mempercepat waktu pengecoran
- b Mempersingkat waktu pekerjaan konstruksi
- c Mengurangi biaya pekerjaan terutama biaya untuk pekerja pengecoran

### 2.2.7.2 Kriteria Beton Memadat Sendiri

a Material Beton Memadat Sendiri

1 Semen

Semen untuk pembuatan beton SCC bisa menggunakan *Ordinary Portland Cement* (OPC) Tipe I yang mengacu pada ASTM C150.

2 Agregat

Agregat kasar mempunyai ukuran butiran maksimum 20 mm, tetapi agregat dengan ukuran maksimum 10-12 mm akan menghasilkan *workability* yang lebih baik.

3 Chemical Admixture

Bahan tambah kimia yang mempunyai Tipe HRWR (*High Range Water Reducing*) dikombinasikan dengan bahan VMA (*Viscosity Modifying Agent*) untuk mempertahankan *workability*.

4 Mineral Admixture

Bahan tambah dalam bentuk mineral bisa menggunakan *fly ash*, mikro silika (*silica fume*), serbuk tanur tinggi (GGBFS (*ground granulated blast furnace slag*)).

b Ketentuan *Slump Flow*

*Slump flow* (diameter rata-rata beton segar yang mengalir membentuk lingkaran dengan konus *slump* terbalik) sesuai ASTM C1611/C1611M-14 dengan rentang dalam Tabel 2.14 di bawah ini:

**Tabel 2.14 - Ketentuan *Slump Flow***

Komponen	<i>Slump Flow</i> (mm) T500 = 2 – 7 detik
Beton Tanpa Tulangan atau dengan Penulangan Ringan (seperti tiang bor)	550 – 650
Beton dengan Penulangan Rapat (beton pada umumnya seperti, kolom)	650 – 750
Beton dengan bentuk yang rumit atau pengecoran yang sulit (ukuran nominal maksimum agregat 9,5 mm)	750 - 850

Catatan: T500 adalah waktu (dalam detik) yang diperlukan oleh tepi massa beton untuk mencapai diameter 500 mm sejak cetakan pertama kali diangkat dalam pengujian *slump flow*.

c Ketentuan Penerimaan Hasil Uji Untuk Beton Memadat Sendiri

Ketentuan penerimaan hasil uji SCC dengan berbagai alat atau metoda pengujian ditunjukkan dalam Tabel 2.15.

**Tabel 2.15 - Ketentuan Penerimaan Hasil Uji Untuk SCC**

Metoda	Satuan	Nilai Rentang Penerimaan	
		Minimum	Maksimum
<i>Slump flow</i>	Mm	550	850
T500 <i>slump flow</i>	Detik	2	7
<i>J-ring</i>	Mm	0	10
<i>V-funnel</i>	Detik	8	12
<i>V-funnel</i> pada	Detik	0	+3
<i>L-box</i>	(h/h1)	0,8	1,0
<i>U-box</i>	(h2/hj)	0	30
<i>Fill box</i>	%	90	100

## 2.2.8 Beton Di Cuaca Panas

### 2.2.8.1 Umum

Pekerjaan beton dimana kondisi lokasi kerja yang mempercepat laju kehilangan kelembaban atau laju hidrasi semen dari beton campuran baru, termasuk suhu sekitar 27°C (80°F) atau lebih tinggi, dan tingkat penguapan yang melebihi 1 kg/m<sup>2</sup>/jam, atau sebagaimana yang ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan.

### 2.2.8.2 Kriteria Beton Di Cuaca Panas

Kriterianya adalah sebagai berikut

- Sedikitnya selama 3 hari berturut-turut temperatur rata-rata per hari  $\geq 25^{\circ}\text{C}$
- Sedikitnya selama 12 jam per hari temperatur  $\geq 30^{\circ}\text{C}$

Sedangkan persyaratan untuk beton basah adalah sebagai berikut:

- Di *batching plant* temperatur 30°C
- Saat dicurahkan temperatur 35°C

### 2.2.8.3 Ketentuan Dalam Pelaksanaan Pekerjaan Beton Di Cuaca Panas

Hal-hal yang harus diperhatikan pada saat pekerjaan beton pada saat cuaca panas adalah sebagai berikut:

- a Pekerjaan beton sebaiknya dilakukan pada malam hari
- b Apabila pekerjaan beton dilakukan pada siang hari maka:
  - 1 Lindungi beton basah dari sinar matahari langsung
  - 2 Hindari penggunaan semen yang terlalu panas
  - 3 Dinginkan agregat kasar dengan cara menyirami terus menerus
  - 4 Dinginkan air pencampur beton dengan penggunaan es atau penggunaan pendingin air (*water chiller*)
  - 5 Gunakan *truck mixer* dengan drum berwarna putih/cerah. Bila diperlukan drum *truck mixer* dilapisi dengan goni basah
  - 6 Lakukan perawatan beton (*curing*) secepat mungkin
  - 7 Kecuali ditentukan lain, lindungi beton dari retak susut termal akibat penurunan cepat pada beton saat suhu lebih besar dari 22° C (40° F) selama 24 jam pertama.

## 2.2.9 Pelaksanaan Produksi Beton

### 2.2.9.1 Persiapan

Pekerjaan persiapan dalam pelaksanaan produksi beton diuraikan sebagai berikut:

- a Jangan mengecor beton sampai data tentang material dan proporsi campuran diterima.
- b Bersihkan beton keras dan material asing dari permukaan dalam peralatan angkut/pembawa.
- c Sebelum mengecor beton ke dalam bekisting, lakukan hal-hal berikut:
  - 1 Persyaratan pelaksanaan sebelum mengecor beton ke dalam bekisting:
    - a). Bekisting harus rapat untuk mencegah kehilangan mortar dari beton.
    - b). Kecuali disyaratkan lain, tempatkan strip *chamfer* minimum 20 mm di sudut-sudut bekisting untuk menghasilkan tepi-tepi miring pada permukaan terekspos secara permanen. Kecuali disyaratkan lain, jangan miringkan sudut-sudut *reentrant* atau tepi-tepi join yang dicor dari beton.
    - c). Periksa bekisting dan segera buang material yang rusak sebelum beton dicorkan.
    - d). Pada join konstruksi ekspos untuk terlihat, lapiskan material permukaan cetakan di atas beton atau yang dicor sebelumnya. Pastikan bekisting ditempatkan menghadap beton yang telah mengeras sehingga ofset pada join konstruksi mencapai toleransi yang disyaratkan dan meminimalkan kehilangan mortar.
    - e). Kecuali disyaratkan lain, konstruksikan bekisting sehingga permukaan beton sesuai dengan toleransi dalam ACI 117M. Kecuali disyaratkan lain, kelas permukaan untuk ofset antara pasangan material lapisan bekisting harus Kelas B untuk permukaan ekspos yang permanen terlihat dan Kelas D untuk



permukaan yang akan disembunyikan secara permanen, asalkan penutup beton dan penampang melintang dalam toleransi.

- f). Siapkan sarana untuk penyesuaian (seperti baji atau dongkrak) dari penopang dan *struts*/penunjang miring. Jangan membuat penyesuaian dalam bekisting setelah beton telah mencapai setting awal. Perkaku bekisting agar aman terhadap lendutan lateral dan ketidakstabilan lateral.
- g). Untuk menjaga toleransi elevasi yang disyaratkan, *camber* (lengkungan) bekisting untuk mengimbangi lendutan dalam bekisting yang diantisipasi selama pengecoran beton. Bila bekisting melengkung, atur pelapis (*screed*) *camber* (lengkungan) yang sama untuk mempertahankan ketebalan beton yang ditetapkan. Set bekisting dan buat jalur pelapis (*screed*) di tengah *slab* secara akurat untuk menghasilkan elevasi yang ditetapkan dan kontur permukaan jadi sebelum pembongkaran bekisting. Pastikan bahwa bentuk tepi dan jalur pelapis (*screed*) cukup kuat untuk menahan getaran pelapis atau pelapis (*screed*) pipa roller bila disyaratkan *finishing* menggunakan peralatan tersebut.
- h). Kencangkan baji bekisting di tempat setelah penyetelan akhir bekisting dan sebelum pengecoran beton.
- i). Siapkan penjangkaran dan pengaku untuk mengontrol pergerakan ke atas dan pergerakan lateral sistem bekisting.
- j). Konstruksikan bekisting untuk bukaan dinding guna memfasilitasi pembongkaran dan untuk melawan pemuaian bekisting kayu.
- k). Siapkan landasan untuk memindahkan peralatan dan tumpu landasan langsung pada bekisting atau komponen struktural tanpa bertumpu pada penulangan.
- l). Tempatkan selongsong, sisipan, angkur, atau item-item tertanam yang diperlukan untuk menyatukan atau mendukung pekerjaan yang disatukan sebelum pengecoran beton.
- m). Posisikan dan tumpu material join ekspansi, *waterstop*, dan barang-barang tertanam lainnya untuk mencegah perpindahan. Isi rongga-rongga dalam selongsong, sisipan dan slot angkur sementara dengan material yang dapat dilepas untuk mencegah masuknya beton ke ruang-ruang kosong.
- n). Bersihkan permukaan bekisting dan material tertanam dari mortar, grout, dan material asing sebelum pengecoran beton.
- o). Tutup permukaan bekisting dengan bahan yang dapat diterima untuk mencegah lekatan dengan beton. Bahan untuk melepas bekisting yang dipasang di pabrik dapat digunakan. Jika digunakan bahan pelepas bekisting, pasang ke permukaan bekisting sesuai dengan rekomendasi pabrik sebelum memasang penulangan. Jangan biarkan bahan pelepas bekisting tergenang pada cetakan. Jangan biarkan bahan pelepas bekisting menyentuh penulangan atau beton keras terhadap mana beton segar akan dicorkan.
- p). Aplikasikan material permukaan bekisting untuk memproduksi penampilan dan tekstur yang disyaratkan. Ganti material permukaan bekisting yang akan mengganggu penampilan dan tekstur yang disyaratkan permukaan beton.
- q). Pasang bekisting untuk mengakomodasi material *waterstop*. Tempatkan *waterstop* pada join-join sesuai yang ditunjukkan dalam dokumen kontrak. Gunakan *waterstop* dengan panjang praktis maksimum. Sambung *waterstop*

sesuai dengan instruksi tertulis pabrik. Pasang sudut-sudut *premolded* produksi pabrik.

2 Bersihkan air dan material asing lain dari permukaan bekisting serta dari penulangan dan item-item tertanam yang akan dicor beton.

3 Ikuti persyaratan pemasangan tulangan yang disyaratkan:

a). Toleransi

Pasang, tumpu dan kencangkan penulangan sesuai yang ditunjukkan dalam Dokumen Kontrak. Sebelum pengecoran beton, jangan melebihi toleransi yang disyaratkan dalam ACI 117M.

b). Relokasi Penulangan

Apabila diperlukan untuk memindahkan tulangan yang melampaui toleransi penempatan yang disyaratkan untuk menghindari gangguan tulangan lain, saluran atau item-item tertanam, ajukan hasil pengaturan tulangan untuk penerimaan. Pengecoran beton di area tulangan yang direlokasi harus dilarang sebelum menerima penerimaan oleh perencana/penanggung jawab struktur.

c). Selimut Beton

Kecuali disyaratkan lain, selimut beton untuk tulangan harus sesuai dengan Tabel 2.16. Toleransi selimut beton harus sesuai dengan ACI 117M. Posisikan ujung-ujung kawat pengikat jauh dari permukaan beton terekspos.

**Tabel 2.16 - Selimut beton untuk tulangan**

		Selimut beton, mm
<b>Beton cor di tempat (nonprategang)</b>		
a	<b>Beton dicor pada dan kontak permanen dengan tanah</b>	75
b	<b>Beton kontak dengan tanah atau terekspos cuaca:</b>	
.	Tulangan No. 19 sampai No. 57	50
.	Tulangan No. 16, kawat MW200 atau MD200, dan lebih kecil	40
c	<b>Beton non-ekspos dengan cuaca atau kontak dengan tanah:</b>	
.	Slab, dinding, balok anak/ <i>joist</i> :	
.	Tulangan No.43 dan No. 57	40
.	Tulangan No. 36 dan lebih kecil	20
.	Balok, kolom:	
.	Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral	40
.	Cangkang, komponen struktur pelat lipat:	
.	Tulangan No. 19 dan lebih besar	20
.	Tulangan No. 16, kawat MW200 atau MD200, dan lebih kecil	13
<b>Beton cor di tempat (prategang)</b>		
Selimut beton untuk tulangan prategang dan non-prategang, <i>duct</i> , dan <i>fitting</i> ujung.		
d	<b>Beton dicor pada dan kontak permanen dengan tanah</b>	75
e	<b>Beton kontak dengan tanah atau terekspos cuaca:</b>	
.	Panel dinding, <i>slab</i> , <i>joist</i>	25
.	Komponen-komponen struktur lain	40
f	<b>Beton non-ekspos terhadap cuaca atau kontak dengan tanah:</b>	
.	Slab, dinding, <i>joist</i>	20
.	Balok, kolom:	
.	Tulangan utama	40
.	Pengikat, sengkang, spiral	25
.	Cangkang, komponen pelat lipat:	
.	Tulangan No. 16, kawat MW200 atau MD200, dan lebih kecil	10
.	Tulangan lain	Diameter tulangan nominal tetapi tidak kecil dari 20
<b>Beton pracetak (diproduksi di pabrik yang kondisinya terkontrol)</b>		
Selimut beton untuk tulangan prategang dan nonprategang, saluran, dan <i>fitting</i> ujung		
g	<b>Beton yang kontak dengan tanah atau terekspos cuaca:</b>	
.	Panel dinding:	
.	Tulangan No. 43 dan No. 57, tendon prategang lebih besar dari diameter 40 mm	40

	Tulangan No. 36 dan lebih kecil, tendon prategang diameter 40 mm dan lebih kecil kawat MW200 dan MD200 dan lebih kecil	20
	Komponen struktur lain:	
	Tulangan No. 43 dan No. 57, tendon prategang diameter lebih besar dari 40 mm	50
	Tulangan No. 19 sampai No. 36, tendon prategang diameter lebih besar dari 16mm sampai 40 mm	40
	Tulangan No.16 dan lebih kecil, tendon prategang diameter 16 mm dan lebih kecil, kawat MW200 dan MD200, dan lebih kecil	30
h	<b>Beton tidak terekspos terhadap cuaca atau kontak dengan tanah:</b>	
	Slab, dinding, joist:	
	Tulangan No. 43 dan No. 57, tendon prategang diameter lebih besar dari 40 mm	30
	Tendon prategang diameter 40 mm dan lebih kecil	20
	Tulangan No. 36 dan lebih kecil, kawat MW200 atau MD200 dan lebih kecil	16
	Balok, kolom:	
	Tulangan utama	Diameter nominal tulangan tetapi tidak kecil dari 16 dan tidak perlu melebihi 40
	Pengikat, sengkang, spiral	10
	Cangkang, komponen pelat lipat:	
	Tendon prategang	20
	Tulangan No. 19 dan lebih besar	16
	Tulangan No. 16 dan lebih kecil, kawat MW200 atau MD200, dan lebih kecil	10
i	<b>Bundel tulangan</b>	
	Harus yang lebih besar dari: (1) ekivalen diameter bundel tetapi tidak lebih dari 50 mm; atau (2) selimut yang disyaratkan dalam Tabel 1 untuk diameter ekivalen bundel.	
j	<b>Tulangan stud geser berkepala dan batang tulangan berkepala</b>	Sesuai dokumen kontrak

#### d). Penumpu Tulangan

Kecuali diizinkan lain, gunakan penumpu tulangan seperti yang diuraikan dibawah ini:

- 1). Gunakan tumpuan tulangan beton pracetak untuk mendukung tulangan di atas tanah atau tatakan lumpur.
- 2). Gunakan tumpuan tulangan yang terbuat dari beton, logam atau plastik untuk mendukung tulangan yang tidak dilapisi.
- 3). Gunakan penumpu tulangan kawat yang digalvanis, dilapisi dengan epoksi atau polimer lainnya, atau terbuat dari palstik untuk menumpu tulangan dilapisi seng (digalvanis).
- 4). Tumpuan tulangan dan item-item baja yang tertanam digunakan dengan tulangan dilapisi seng (digalvanis) juga harus dilapis seng (digalvanis) atau dilapisi dengan material non-logam.
- 5). Pasang tulangan dilapisi epoksi di atas tumpuan dengan kawat ikat yang dilapisi atau di atas tumpuan tulangan yang terbuat dari plastik. Gunakan pelapis atau material yang kompatibel dengan beton.
- 6). Bila pendukung tulangan beton pracetak dengan kawat pengikat yang tertanam atau dowel digunakan dengan tulangan berlapis epoksi, gunakan kawat atau dowel dilapisi dengan epoksi atau polimer lain.
- 7). Penulangan yang digunakan sebagai penumpu penulangan berlapis epoksi harus dilapisi epoksi.
- 8). Pada dinding yang ditulangi dengan tulangan berlapis epoksi, gunakan tulangan pembagi berlapis epoksi. Kombinasi klip tulangan dan pembagi yang digunakan dalam dinding dengan tulangan berlapis

epoksi harus terbuat dari material tahan korosi atau dilapisi dengan epoksi atau polimer yang lain.

- 9). Kencangkan tulangan yang dilapisi epoksi dengan kawat pengikat yang dilapisi dengan epoksi atau polimer lain.

e). Penulangan Kawat Las

Untuk slab di atas tanah, perpanjang tulangan kawat dilas sampai 50 mm dari tepi beton. Sambungan lewatan tepi dan ujung lembar penulangan kawat dilas sesuai yang ditunjukkan dalam dokumen kontrak. Kecuali disyaratkan lain atau diizinkan, jangan memperpanjang penulangan kawat dilas melalui join kontrol. Tempatkan, tumpu dan amankan penulangan kawat dilas untuk mempertahankan posisi di *slab* selama pengecoran beton. Jangan menempatkan penulangan kawat dilas di atas tanah dan naikkan ke posisinya selama pengecoran beton.

f). *Dowel* Kolom

Kecuali jika diizinkan, lengkapi dan gunakan *template* untuk pemasangan dowel kolom.

g). Sambungan

Kecuali jika diizinkan, buat sambungan sesuai yang ditunjukkan dalam dokumen kontrak. Sambungan mekanis untuk tulangan yang tidak atur dalam dokumen kontrak tidak boleh digunakan kecuali diterima oleh perencana/penanggung jawab struktur. Hilangkan lapisan pada batang tulangan di daerah sambungan mekanis jika disyaratkan oleh produsen sambungan. Setelah menginstal sambungan mekanis pada batang tulangan yang dilapisi seng (dikalvanis) atau pada batang tulangan dilapisi epoksi, perbaiki lapisan yang rusak dan daerah lapisan yang dihilangkan sesuai dengan SNI 6880:2016. Lapisi bagian-bagian sambungan mekanis pada tulangan terekspos dengan lapisan material yang sama yang digunakan untuk memperbaiki lapisan yang rusak.

h). Pembengkokan Atau Pelurusan di Lapangan

Apabila diizinkan, pembengkokan atau pelurusan tulangan yang sebagian tertanam dalam beton harus sesuai dengan prosedur point h) 1) sampai h) 3) dibawah ini. Ukuran tulangan No. 10 sampai No. 16 dapat dibengkokan dalam kondisi dingin untuk pertama kalinya, asalkan temperatur batang tulangan di atas 0 °C. Untuk ukuran batang tulangan lainnya, berikan pra pemanasan sebelum dibengkokan.

1). Pra pemanasan

Pemanasan dilakukan dengan metode yang tidak merusak material batang tulangan atau menyebabkan kerusakan pada beton. Panjang batang tulangan pra pemanasan minimum lima kali diameter tulangan pada setiap arah dari pusat pembengkokan tetapi jangan perpanjang pra pemanasan di bawah permukaan beton. Jangan biarkan temperatur tulangan pada bidang kontak dengan beton melebihi 250 0C. Temperatur pra pemanasan batang tulangan harus antara 600 0C dan 650 0C.

Pertahankan temperatur pra pemanasan sampai selesainya pembengkokan atau pelurusan.

Kecuali jika diizinkan, ukur temperatur pra pemanasan dengan krayon pengukur temperatur atau pyrometer sentuh.

Jangan mendinginkan secara paksa baja tulangan yang dipanasi sampai temperatur tulangan kurang dari 320 0C.

## 2). Diameter Bengkokan

Diameter minimum pada bengkokan yang ditetapkan harus sesuai persyaratan Tabel 2.17. Selain itu, awal pembengkokan tidak boleh lebih dekat dengan permukaan beton dari diameter minimum bengkokan.

**Tabel 2.17 - Diameter minimum bengkokan yang disyaratkan**

Ukuran tulangan	Diameter minimum bengkokan dalam
No. 10 sampai No. 25	Enam diameter tulangan
No. 29, No. 32, dan No. 36	Delapan diameter tulangan
No. 43 dan No. 57	Sepuluh diameter tulangan

## 3). Perbaikan Lapisan Tulangan

Kerusakan lapisan yang terjadi selama pengiriman, penanganan, dan pemasangan tulangan berlapis seng (dikalvanis) harus diperbaiki sesuai dengan ASTM A780. Tetapi apabila kerusakan yang terjadi ada pada daerah-daerah yang dilapisi dengan bahan tambalan harus di perbaiki sesuai dengan ASTM A775/A775M atau ASTM A934/A934M yang dapat dilaksanakan dan sesuai dengan rekomendasi tertulis produsen material.

Luas maksimum perbaikan daerah yang rusak tidak boleh melebihi 2 persen dari luas permukaan untuk setiap 300 mm dari setiap batang tulangan atau batang tulangan tidak boleh digunakan. Batas 2% untuk maksimum area lapisan yang rusak harus mencakup area yang rusak sebelum pengiriman dan telah diperbaiki sesuai yang disyaratkan oleh ASTM A775/A775M atau ASTM A934/A934M. Warna lapisan yang memudar tidak boleh menjadi alasan penolakan dari tulangan yang dilapisi epoksi.

### i). Pemotongan Tulangan di Lapangan

Tulangan hanya boleh dipotong di lapangan bila diizinkan secara khusus menggunakan metode pemotongan yang disyaratkan oleh atau diterima perencana/penanggung jawab struktur. Jangan potong penulangan berlapis epoksi dengan api.

### j). Penulangan Melalui *Joint* Ekspansi

Jangan meneruskan penulangan atau benda logam terikat lainnya yang tertanam pada beton melalui *joint* ekspansi, kecuali dowel-dowel, bila disyaratkan, yang dilekatkan hanya pada satu sisi dari *joint*.

- 4 Posisikan dan amankan di tempatnya material *joint* ekspansi, angkur, dan item-item tertanam lainnya.

- d Sebelum mengecor beton *slab* di atas tanah, bersihkan material asing dan dari tanah dasar dan lakukan tindakan sebagai berikut:
  - 1 Tanah dasar dan dasar harus disiapkan sesuai dengan dokumen kontrak.
  - 2 Toleransi untuk elevasi material dasar harus sesuai dengan ACI 117M.
- e Bila kondisi penguapan tinggi yang mengakibatkan beton harus dilindungi dengan segera setelah pengecoran atau finising, buat ketentuannya sebelum beton dicor untuk penahan angin, pelindung panas, pengkabutan, penyiraman, penggenangan, atau ditutup basah.
- f Selama rata-rata temperatur lingkungan tertinggi dan terendah dari tengah malam sampai tengah malam berikutnya diharapkan kurang dari 4°C sampai lebih dari tiga hari berturut-turut, serahkan beton untuk memenuhi temperatur minimum segera setelah pengecoran, sesuai dengan sebagai berikut:
  - 1 13° C untuk penampang dengan dimensi terkecil kurang dari 300 mm
  - 2 10° C untuk penampang dengan dimensi terkecil 300 mm sampai 900 mm
  - 3 7° C untuk penampang dengan dimensi terkecil 900 mm sampai 1800 mm
  - 4 4° C untuk penampang dengan dimensi terkecil lebih besar dari 1 800 mm.

Temperatur beton saat dicor tidak melebihi nilai-nilai tersebut lebih dari 11° C. Persyaratan minimum ini dapat dihentikan apabila temperatur di atas 10° C terjadi selama lebih dari setengah hari dari setiap durasi 24 jam.

Kecuali jika disyaratkan lain atau diizinkan, temperatur beton yang diserahkan tidak boleh melebihi 35° C.

buat ketentuan-ketentuan sebelum pengecoran beton untuk mempertahankan temperatur beton sesuai yang disyaratkan dalam SNI 6880:2016. Gunakan pemanas, penutup, atau cara-cara lain yang memadai untuk mempertahankan temperatur yang diperlukan tanpa beton mengering. Jangan gunakan pemanas pembakaran tanpa ventilasi.

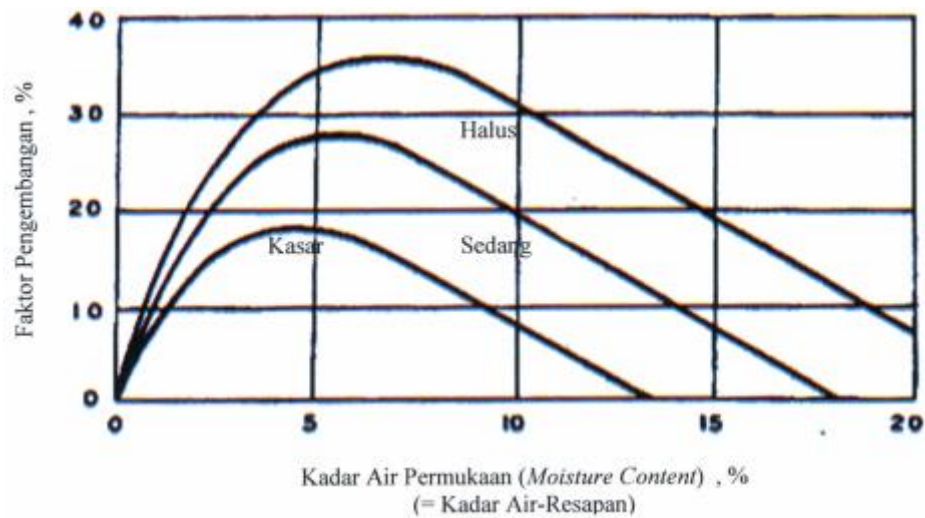
### 2.2.9.2 Penakaran

- a Untuk mutu beton  $f_c > 20$  Mpa seluruh komponen bahan beton harus ditakar menurut berat. Untuk mutu beton  $f_c \leq 20$  MPa diizinkan ditakar menurut volume sesuai SNI 03-3976-1995.

Bila digunakan semen kemasan dalam zak, kuantitas penakaran harus sedemikian sehingga kuantitas semen yang digunakan adalah setara dengan satu satuan atau kebulatan dari jumlah zak semen. Agregat harus ditimbang beratnya secara terpisah. Ukuran setiap penakaran tidak boleh melebihi kapasitas alat pencampur.

- b Penakaran agregat dan air harus dilakukan dengan kondisi agregat jenuh kering permukaan (JKP). Untuk mendapatkan kondisi agregat yang jenuh kering permukaan dapat dilakukan dengan cara menyemprot tumpukan agregat yang akan digunakan dengan air paling sedikit 12 (dua belas) jam sebelum penakaran.

Apabila agregat tidak dalam kondisi jenuh kering permukaan, maka harus diadakan perhitungan koreksi penakaran berat air dan agregat dengan menggunakan data resapan dan kadar air agregat lapangan. Sedangkan apabila ditakar menurut volume, maka harus memperhitungkan faktor pengembangan (*bulking factor*) agregat halus seperti ditunjukkan dalam Gambar berikut:



**Gambar 2.1 - Faktor Pengembangan Agregat Halus**

### 2.2.9.3 Pencampuran

#### a Ketentuan Sifat-Sifat Campuran

Seluruh beton yang digunakan dalam pekerjaan harus memenuhi kelecakan (*workability* dinyatakan dengan *slump*), kekuatan (dinyatakan dengan kuat tekan, *strength*), dan keawetan (*durability*, dinyatakan dengan ketahanan terhadap cuaca, abrasi, kekedapan dan kimia) yang dibutuhkan sebagaimana disyaratkan.

Untuk Beton Memadat Sendiri (*Self Compacting Concrete*, SCC), penilaian mengenai kelecakan (*workability*) harus dilakukan melalui uji *slump flow*. kecuali ditentukan untuk umur-umur yang lain oleh Pengawas Pekerjaan. Kecuali ditentukan lain, rancangan campuran harus memiliki standar deviasi rencana ( $S_r$ ) antara 2,8 MPa sampai 4,8 MPa sesuai dengan ACI 214R-11 sesuai dengan Tabel 2.18 dan 2.19.

**Tabel 2.18 - Standar Deviasi Secara Umum**

Mutu Beton	Pelaksanaan secara umum	Percobaan campuran di laboratorium
$\leq 35$ MPa	2,8 – 4,8 (MPa)	1,4 – 2,4 (MPa)
$> 35$ MPa	7% – 14 % $f_{c'}$	3,5% - 7% $f_{c'}$

**Tabel 2.19 - Standar Deviasi Antar Pencampuran**

Mutu Beton	Pelaksanaan secara umum	Percobaan campuran di laboratorium
$\leq 35$ MPa	3 - 6 (MPa)	2 - 5 (MPa)
$> 35$ MPa	3% - 6% $f_{c'}$	2% - 5% $f_{c'}$

## b Penyesuaian Campuran

### 1 Penyesuaian Sifat Kelecekan (*Workability*)

Jika sifat kelecekan pada beton dengan proporsi yang semula dirancang sulit diperoleh, maka dibolehkan melakukan perubahan rancangan agregat dengan syarat dalam hal apapun kadar semen yang semula dirancang tidak berubah, juga rasio air/semen yang telah ditentukan berdasarkan pengujian yang menghasilkan kuat tekan yang memenuhi tidak dinaikkan. Pengadukan kembali beton yang telah dicampur dengan cara menambah air atau oleh cara lain tidak diizinkan.

Bahan tambahan (aditif) untuk meningkatkan sifat kelecekan hanya diijinkan bila secara khusus telah disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

### 2 Penyesuaian Kekuatan

Bilamana pengujian beton pada umur yang lebih awal sebelum 28 hari menghasilkan kuat beton di bawah kekuatan yang disyaratkan, maka Penyedia Jasa tidak diperkenankan mengecor beton lebih lanjut sampai penyebab dari hasil yang rendah tersebut dapat diketahui dengan pasti dan sampai telah diambil tindakan-tindakan yang menjamin bahwa produksi beton memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam Spesifikasi.

Bilamana pengujian beton tidak mencapai kekuatan yang disyaratkan, atas persetujuan Pengawas Pekerjaan kadar semen dapat ditingkatkan asalkan tidak melebihi batas kadar semen maksimum karena pertimbangan panas hidrasi (*AASHTO LRFD Brit Construction Specification 8.4.3 Maximum Cementitious 5.9.3 kilogram/m for High Performance Concrete*).

Cara lain dapat juga dengan menurunkan rasio air/semen dengan pemakaian bahan tambahan jenis *plasticizer* yang berfungsi untuk meningkatkan kinerja kelecekan adukan beton tanpa menambah air atau mengurangi penggunaan air dalam campuran beton tanpa mengurangi kelecekan adukan beton.

### 3 Penyesuaian Untuk Bahan-Bahan Baru

Perubahan sumber atau karakteristik bahan tidak boleh dilakukan tanpa pemberitahuan tertulis kepada Pengawas Pekerjaan. Bahan baru tidak boleh digunakan sampai Pengawas Pekerjaan menerima bahan tersebut secara tertulis dan menetapkan proporsi baru berdasarkan atas hasil pengujian campuran percobaan baru yang dilakukan oleh Kontraktor.

## c Pencampuran Bahan

- 1 Beton harus dicampur dalam mesin yang dijalankan secara mekanis dari jenis dan ukuran yang disetujui sehingga dapat menjamin distribusi yang merata dari seluruh bahan.
- 2 Pencampur harus dilengkapi dengan tangki air yang memadai dan alat ukur yang akurat untuk mengukur dan mengendalikan jumlah air yang digunakan dalam setiap penakaran.



- 3 Pertama-tama alat pencampur harus diisi dengan agregat dan semen yang telah ditakar, dan selanjutnya alat pencampur dijalankan sebelum air ditambahkan.
- 4 Waktu pencampuran harus diukur pada saat air mulai dimasukkan ke dalam campuran bahan kering. Seluruh air yang diperlukan harus dimasukkan sebelum waktu pencampuran telah berlangsung seperempat bagian. Waktu pencampuran untuk mesin berkapasitas  $\frac{3}{4}$  m<sup>3</sup> atau kurang haruslah 1,5 menit; untuk mesin yang lebih besar waktu harus ditingkatkan 15 detik untuk tiap penambahan 0,5 m<sup>3</sup>.
- 5 Bila tidak memungkinkan penggunaan mesin pencampur, Pengawas Pekerjaan dapat menyetujui pencampuran beton dengan cara manual, sedekat mungkin dengan tempat pengecoran. Penggunaan pencampuran beton dengan cara manual harus dibatasi pada beton non-struktural.

#### 2.2.9.4 Transportasi

- a Gunakan peralatan transportasi yang kapasitasnya mencukupi agar memenuhi persyaratan
- b Angkut beton dengan cepat dari mixer ke tempat pengecoran akhir dengan metode yang mencegah adanya segregasi atau hilangnya konstituen dan memastikan kualitas beton yang disyaratkan. Jangan menggunakan pipa atau corong aluminium.
- c Transportasi beton yang menggunakan truk *ready mix* pada siang hari harus menggunakan truk dengan warna cerah (putih) untuk menghindari penyerapan panas saat transportasi beton.
- d Gunakan ban berjalan horisontal atau kemiringannya tidak menyebabkan segregasi atau kehilangan konstituen secara berlebihan. Lindungi beton untuk meminimalkan pengeringan dan pengaruh dari kenaikan temperatur. Gunakan papan penahan atau kereta dorong yang diperbolehkan pada akhir pencurahan untuk mencegah segregasi. Jangan biarkan mortar mengganggu jalan putar dari ban berjalan.
- e Gunakan peralatan pompa yang memiliki kapasitas yang cukup sehingga:
  - 1 Tidak terjadi pengikatan awal pada beton yang dicor lebih dulu sebelum pengecoran beton yang berikutnya.
  - 2 Beton yang dicurahkan dengan dipompa tidak mengakibatkan segregasi.
  - 3 Campuran beton yang telah diterima tidak perlu dimodifikasi.

#### 2.2.9.5 Pencurahan

- a Ketentuan Umum
  - 1 Apabila kontraktor ingin melampaui waktu maksimum untuk mencurahkan beton yang diizinkan oleh ASTM C94/C94M, ajukan permohonan bersama dengan deskripsi tindakan pencegahan yang harus diambil.
  - 2 Waktu untuk menyelesaikan penuangan harus sesuai dengan ASTM C94/C94M. Bila penuangan diizinkan setelah lebih dari 90 menit telah berlalu sejak penakaran atau setelah tabung pencampur berputar 300 putaran, pastikan gelembung udara, *slump* dan temperatur beton sesuai yang disyaratkan.
  - 3 Sesuai pengecoran yang telah direncanakan, cor beton secara menerus dan sejarak yang praktis terhadap posisi final. Cor beton dalam satu atau beberapa

lapisan. Jangan mengecor beton segar pada beton yang telah cukup mengeras karena menyebabkan pembentukan join dingin, kecuali memenuhi persyaratan join konstruksi.

- 4 Jangan mengecor beton yang mengandung material asing. Bila penyebar sementara digunakan di dalam bekisting, pindahkan penyebar setelah beton selesai dicor. Penyebar yang dibuat dari logam atau beton dapat dibiarkan tertinggal jika sebelumnya penerimaan telah diperoleh. Jangan mencor beton di atas kolom atau dinding sampai beton pada kolom dan dinding telah mencapai akhir pengikatan. Jangan kerjakan beton tidak sesuai prosedur karena akan menyebabkan segregasi
- 5 Cor beton untuk balok, gelagar, konsol pendek, kepala kolom, *voute*, dan drop panel pada saat yang sama dengan beton *slab* yang berdekatan. Bila pengecoran di bawah permukaan air disyaratkan atau diizinkan, cor beton dengan metode yang dapat diterima. Cor beton segar sehingga beton masuk ke massa beton yang dicor sebelumnya, memindahkan air dengan gangguan minimum dari permukaan beton.

#### b Pelaksanaan Pengecoran Beton

##### 1 Persiapan Kerja

Persiapan lokasi kerja sebelum melakukan pengecoran beton sebagai berikut :

- a). Area yang akan di cor harus sudah mendapat persetujuan dari pemberi tugas.
- b). Memeriksa kesiapan pekerjaan pembesian antara lain jumlah, dimensi dan posisinya.
- c). Memeriksa kebersihan lahan cor, tidak boleh ada serbuk kayu, (terutama pada pertemuan balok dan kolom), potongan-potongan kaso, multiplex, kawat besi beton, puntung rokok dan lain-lain.
- d). Sebelum pengecoran beton dimulai, seluruh acuan, tulangan dan benda lain yang harus dimasukkan ke dalam beton (seperti pipa atau selongsong) harus sudah dipasang dan diikat kuat sehingga tidak bergeser pada saat pengecoran.
- e). Stop cor harus dicek kesiapan dan elevasinya (untuk pengecoran kolom dan dinding beton).
- f). Pengecoran diatas beton lama/batuan harus dibersihkan, dikasari, dibasahi dan dilapisi dengan mortar/semen yang dibuat dengan menggunakan air dan semen yang sama dengan yang dicor dan nilai slump 15 cm terlebih dahulu, setebal 4-10 cm untuk mencegah lubang-lubang dan menciptakan ikatan yang rapat. Atau gunakan *bonding agent*.
- g). Pada *construction joint* harus sudah disiapkan antara lain pemberian *bonding agent* pada permukaannya dan pemasangan *waterstop* apabila pada area tersebut dikehendaki kedap air.
- h). Pemasangan pagar pengaman pada area yang akan dicor agar tidak terganggu oleh kegiatan pekerjaan lain.
- i). Cetakan harus dilapisi zat pelumas permukaan sehingga mudah dibongkar.
- j). Penundaan pengecoran ketika beton sudah siap di cor menyebabkan penurunan kualitas akhir. Pastikan semua kegiatan diatas sudah terlaksana sebelum beton siap dicor.

## 2 Persiapan Tempat Kerja

- a). Kontraktor harus membongkar struktur lama yang akan diganti dengan beton yang baru, atau yang harus dibongkar untuk dapat memungkinkan pelaksanaan pekerjaan beton.
- b). Sebelum pelaksanaan pengecoran beton khususnya untuk beton bervolume besar, kontraktor harus menginspeksi dan menguji sistem sensor pengamatan dan pencatatan temperatur. Dan selama proses pelaksanaan pengecoran harus diawasi dan dilaporkan kepada Pengawas Pekerjaan.
- c). Sebelum pengecoran beton dimulai, seluruh acuan, tulangan, dan benda lainnya yang akan dimasukkan ke dalam beton (seperti pipa atau selongsing) harus sudah dipasang dan diikat kuat sehingga tidak bergeser pada saat proses pengecoran.
- d). Apabila dijumpai kondisi tempat kerja yang akan dilakukan pengecoran tidak memenuhi ketentuan, maka kontraktor dapat diperitahkan untuk melakukan persiapan sesuai dengan ketentuan pekerjaan pengecoran beton.

## 3 Peralatan Pengecoran

Dalam proses pengecoran yang akan dilakukan, pada umumnya terdapat beberapa alat yang digunakan untuk membantu proses pengecoran. Semua alat tersebut harus dipastikan dalam kondisi cukup baik sebelum proses pengecoran dilakukan.

Penggunaan alat saat proses pengecoran juga tergantung dengan kondisi lapangan, serta pemilihan alat yang tepat menjadi peran kontraktor untuk memperkirakan sesuai kondisi dan area yang dihadapi. Alat-alat yang umum digunakan pada proses pengecoran adalah:

### a). Ready Mix Concrete Truk

*Ready Mix Concrete Truck* biasanya dipakai untuk mengirim beton *ready mix*, dengan drum yang berputar untuk mencegah beton mengalami setting, berbeda dengan truck mixer yang mencampur beton sekaligus mengangkutnya.

Kontraktor harus mengecek nilai slump dari tiap batch individual untuk mengetahui keseragaman konsistensi beton. Bila test ini mengindikasikan adanya variasi nilai slump melebihi 50 mm, *Ready Mix Concrete Truck* disarankan untuk tidak digunakan sampai kondisi tersebut diperbaiki.

*Ready Mix Concrete Truck* harus terawat baik, dan tidak ada akumulasi beton keras dan mortar di dalamnya, blade dan setiap bagiannya harus diganti bila telah aus sebesar 25 mm dari design pabriknya.

### b). Concrete Pump

*Concrete pump* dilengkapi dengan pipa yang panjangnya tergantung jangkauan horizontalnya. Ukuran maksimum agregat yang dapat dipompa hingga 63 mm (tetapi tergantung juga pada spesifikasi pabrik)

Diperengkapi agitator pada *feeding hopper*-nya untuk mencegah beton mengalami setting dan segregasi di lubang penyerapan. Biasanya diperengkapi dengan 3-5 section untuk Z-boom.

c). Tremie

Metode pengecoran beton didalam air melalui pipa atau tabung, tremie dapat rigid maupun fleksibel. Beton dialirkan secara gravitasional dengan mesin pengaduk beton yang mengalirkan beton melalui bagian atas pipa atau dengan disambungkan secara langsung melalui *concrete pump*.

Pengecoran dengan tremie bertujuan menghasilkan penuangan menerus yang monolitik dibawah air tanpa menyebabkan turbulensi. Syarat-syarat pengecoran menggunakan metode tremie adalah:

- 1). Diameter minimum 250 mm.
- 2). Penetrasi tremie sekitar 3-4 inci atau 8-10 cm.
- 3). Kadar semen minimum 7 sack tiap kubik yard/0.76 m<sup>3</sup>.
- 4). Slump berkisar 6-9 inci.
- 5). Penuangan beton dan maneuver tremie harus dilakukan secara hati-hati.
- 6). Pengantaran/pengangkutan beton harus tiba ditempat tujuan dalam jumlah yang cukup dan tepat waktu.

d). Concrete Placing Boom

*Placing boom* berupa tower yang terdiri dari substruktur turbular, kolom vertikal dan boom/lengan yang dapat mengeluarkan aliran beton segar ke *formwork* struktur.

Adanya instalasi alat untuk *climbing* dengan sistem *hidrolis* yang dioperasikan dengan kabel remot kontrol. *Placing boom* dapat ditambah tingginya seiring dengan naiknya struktur bangunan dan dapat berdiri hingga 100 ft (30.48 m) tanpa diikat pada apapun.

Pergerakan angular pada *boom joint* besar, sehingga dapat menjangkau berbagai lokasi yang relatif luas. Diperlukan 40 ft kontainer untuk pengangkutan boom.

e). Internal Vibrator

Pilihlah vibrator terbesar dari kelasnya yang sesuai untuk jenis pekerjaan. Hal penting yang perlu diperhatikan adalah udara yang terperangkap bergerak keatas dalam campuran mulai 1-3 inch per detik (1 inci, pada nilai slump 0,3 inci pada nilai slump 4-5 inci)

#### 4 Pengecoran Beton

- a). Pengecoran beton ke dalam cetakan sampai selesai harus dalam waktu maksimum 1 jam setelah pencampuran, atau dalam waktu yang lebih pendek sebagaimana berdasarkan pengamatan karakteristik waktu pengerasan (*setting time*) semen yang digunakan, kecuali digunakan bahan tambahan untuk memperlambat proses pengerasan (*retarder*).

- b). Pengecoran beton harus berkesinambungan tanpa berhenti sampai dengan sambungan pelaksanaan (*construction joint*) yang telah disetujui sebelumnya atau sampai pekerjaan selesai.
- c). Pengecoran beton ke dalam acuan struktur yang berbentuk rumit dan penulangan yang rapat harus dilaksanakan secara lapis demi lapis dengan tebal yang tidak melampaui 15 cm. Untuk dinding beton, tebal lapis pengecoran dapat sampai 30 cm menerus sepanjang seluruh keliling struktur.
- d). Pengecoran beton ke dalam acuan struktur yang berbentuk rumit dan penulangan yang rapat harus dilaksanakan secara lapis demi lapis dengan tebal yang tidak melampaui 15 cm. Untuk dinding beton, tebal lapis pengecoran dapat sampai 30 cm menerus sepanjang seluruh keliling struktur.
- e). Tinggi jatuh bebas beton ke dalam cetakan tidak boleh lebih dari 150 cm.
- f). Beton tidak boleh dicor langsung ke dalam air. Bilamana beton dicor di dalam air dan tidak dapat dilakukan pemompaan dalam waktu 48 jam setelah pengecoran, maka beton harus dicor dengan metode tremi atau metode *Drop Bottom Bucket*. Dalam hal pengecoran di bawah air dengan menggunakan beton tremi maka campuran beton tremi tersebut harus dijaga sedemikian rupa agar campuran tersebut mempunyai *slump* tertentu, kelecakan yang baik dan pengecoran secara keseluruhan dari bagian dasar sampai atas tiang pancang selesai dalam masa setting time beton. Untuk itu harus dilakukan campuran percobaan dengan menggunakan bahan tambahan (*retarder*) untuk memperlambat pengikatan awal beton, yang lamanya tergantung dari lokasi pengecoran beton, pemasangan dan penghentian pipa tremi serta volume beton yang dicor. Pipa tremi dan sambungannya harus kedap air dan mempunyai ukuran yang cukup sehingga memungkinkan beton mengalir dengan baik.
- g). Tremi harus selalu terisi penuh selama pengecoran. Bilamana aliran beton terhambat maka tremi harus ditarik sedikit keatas dan diisi penuh terlebih dahulu sebelum pengecoran dilanjutkan. Baik tremi atau *Drop-Bottom-Bucket* harus mengalirkan campuran beton di bawah permukaan beton yang telah dicor sebelumnya.

### 2.2.9.6 Pemadatan

#### a Ketentuan Umum

- 1 Kecuali disyaratkan lain, padatkan beton dengan vibrator. Padatkan beton di sekitar tulangan, item tertanam dan ke sudut-sudut bekisting untuk menghilangkan sarang tawon atau bidang-bidang lemah akibat rongga udara dan kantong-kantong batu. Kecuali disyaratkan lain, gunakan penggetar internal yang terbesar dan paling kuat untuk memadatkan beton.
- 2 Gunakan penggetar tipe perendaman dengan kepala non-logam saat memadatkan beton di sekitar tulangan yang dilapis epoksi. Pekerja harus berpengalaman dalam menggunakan penggetar. Jangan menggunakan penggetar untuk memindahkan beton yang ada di dalam bekisting. Jarak dari sisipan penggetar jenis perendaman tidak boleh melebihi  $1\frac{1}{2}$  kali radius daerah pengaruh getaran yang di dalam beton yang sedang dipadatkan.
- 3 Posisi alat penggetar mekanis yang digunakan untuk memadatkan beton di dalam acuan harus vertikal sedemikian rupa sehingga tidak berada lebih dekat dari 100 mm terhadap acuan atau beton yang sudah mengeras, dan usahakan

tidak mengenai tulangan sehingga menghasilkan kepadatan yang menyeluruh pada bagian tersebut.

- 4 Jumlah minimum alat penggetar mekanis dari dalam diberikan dalam Tabel 2.20.

**Tabel 2.20 - Jumlah Minimum Penggunaan Alat Getar**

Kecepatan Pengecoran Beton (m <sup>3</sup> / jam)	Jumlah Alat
4	2
8	3
12	4
16	5
20	6

- 5 Apabila alat penggetar tersebut akan digunakan pada posisi yang lain maka alat tersebut harus ditarik secara perlahan dan dimasukkan kembali pada posisi lain dengan jarak tidak lebih dari 45 cm. Alat penggetar tidak boleh berada pada suatu titik lebih dari 15 detik atau permukaan beton sudah mengkilap.
  - 6 Pemadatan harus dilakukan secara hati-hati untuk memastikan semua sudut, di antara dan sekitar besi tulangan benar-benar terisi tanpa menggeser tulangan sehingga setiap rongga dan gelembung udara terisi.
- b Pelaksanaan Pemadatan Beton
- 1 Pemadatan Manual
    - a). Masukkan alat pemadat kedalambekisting, pada lapisan yang baru saja dituangkan dan beberapainci hingga lapisan dibawahnya.
    - b). Gerakkan alat pemadat hingga agregat kasar menghilang dan masuk kedalam beton.
    - c). Jangan menggunakan vibrator bila adukan dapat dipadatkan dengan mudah dengan hanya menggunakan pemadatan manual.
    - d). Jangan menggunakan vibrator untuk beton dengan nilai slump lebih dari 13 mm.
    - e). Jangan menggunakan vibrator untuk meratakan beton di dalam bekisting.
  - 2 Pemadatan Mekanis
    - a). Masukkan alat pemadat hingga kedalaman kira-kira 45 cm. Untuk beton air *entrained* selama 5-10 detik dan untuk beton non-air entrained selama 10-15 detik. Lamanya pemadatan tersebut tergantung pada nilai slumpnya.
    - b). Padatkan secara merata dengan membuat sejumlah kecil area pemadatan yang over lap dan jika memungkinkan, biarkan vibrator berdiri secara vertikal dan biarkan turun dengan sendirinya akibat gravitasi kedalam beton.
    - c). Vibrator tidak hanya bergerak pada lapisan yang baru saja dicor, tetapi juga menembus hingga > 10cm kedalam lapisan dibawahnya (yang sudah terlebih dahulu dicor) untuk menjamin terbentuknya ikatan yang baik antar lapisan.
    - d). Pemadatan yang layak telah tercapai jika lapisan tipis mortar muncul kepermukaan disekitar diseluruh bekisting dan agregat kasar menghilang kedalam beton atau pasta semen mulai nampak disekitar tongkat vibrator dan gelembung udara beton naik ± 30 detik.

- e). Tariklah vibrator secara vertikal dengan kecepatan yang sama saat turun kedalam adukan beton secara gravitasional.

### 2.2.9.7 Sambungan Beton

Besarnya kebanyakan pekerjaan konstruksi beton sedemikian rupa sehingga penundaan hampir dapat dipastikan akan terjadi pada pengecoran. Jika penundaan berlangsung dengan waktu cukup lama sehingga beton mengeras dan tidak dapat dikerjakan, maka harus dibentuk suatu sambungan. Juga akan terdapat saat-saat di mana untuk sebab-sebab struktural, dianggap perlu menghentikan kesinambungan pengecoran dan membuat suatu sambungan. Sambungan terdiri atas 2 jenis umum:

- a Sambungan yang tidak memungkinkan adanya gerakan (relatif) beton pada masing-masing sisi sambungan.
- b Sambungan yang memungkinkan gerakan relatif.

Sambungan jenis pertama bertujuan melekatkan beton baru pada beton keras dengan suatu cara sehingga beton yang keras tampak monolit dan homogen di sekitar sambungan. Ini disebut Sambungan Pelaksanaan. Dalam praktek, sangat sulit untuk memperoleh lengkap pelekatan dengan akibat bahwa akan terdapat suatu bidang yang lemah pada sambungan pelaksanaan. Bilamana mungkin, sambungan pelaksanaan harus ditempatkan pada lokasi di mana sambungan penyusutan atau sambungan lain diperlukan.

Sambungan yang memungkinkan gerakan (*relatif*) beton pada kedua sisi sambungan inamakan menurut jenis gerakan yang dimungkinkannya:

#### 1 Sambungan Susut

Adalah sambungan yang memungkinkan beton menyusut dan bidang sambungan sementara menahan gerakan relatif pada arah lain.

#### 2 Sambungan Muai

Adalah sambungan yang memisahkan kedua muka beton yang berpasangan secukupnya sehingga memungkinkan pemuaian ke arah bidang sambungan. Jenis sambungan ini memungkinkan kontraksi tetapi mencegah gerakan pada arah lain.

#### 3 Sambungan Isolasi

Adalah sambungan yang sepenuhnya memisahkan kedua muka yang berpasangan dan memungkinkan kebebasan gerakan relatif.

Harus dipertimbangkan keperluan sambungan pada semua jenis bangunan beton. Posisi sambungan serta jenis sambungan biasanya ditentukan oleh persyaratan bangunan. Pada beberapa bangunan, perlunya membuat sambungan yang rapat air merupakan suatu pertimbangan pokok. Untuk menjamin bahwa sambungan berperilaku dengan cara yang diinginkan harus diperhatikan detail desain dan konstruksinya. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan sambungan adalah:

- a). Jadwal pengecoran beton yang berkaitan harus disiapkan untuk setiap jenis struktur yang diusulkan beserta lokasi sambungan pelaksanaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar Rencana. Sambungan pelaksanaan tidak boleh ditempatkan pada pertemuan elemen-elemen struktur kecuali ditentukan demikian.
- b). Sambungan pelaksanaan pada tembok sayap tidak diijinkan. Semua sambungan pelaksanaan harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang dan pada umumnya harus diletakkan pada titik dengan gaya geser minimum.
- c). Bilamana sambungan vertikal diperlukan, baja tulangan harus menerus melewati sambungan sedemikian rupa sehingga membuat struktur tetap monolit.
- d). Pada sambungan pelaksanaan harus disediakan lidah alur dengan ke dalam paling sedikit 4 cm untuk dinding, pelat, serta antara dasar pondasi dan dinding. Untuk pelaksanaan pengecoran pelat yang terletak di atas permukaan dengan cara manual, sambungan pelaksanaan harus diletakkan sedemikian rupa sehingga pelat-pelat mempunyai luas maksimum 40 m<sup>2</sup>;
- e). Pekerja dan bahan-bahan yang diperlukan harus disiapkan untuk kemungkinan adanya sambungan pelaksanaan tambahan bilamana pekerjaan terpaksa mendadak harus dihentikan akibat hujan atau terhentinya pemasokan beton atau penghentian pekerjaan oleh adanya sesuatu hal;
- f). Bonding agent yang akan digunakan untuk pelekatan pada sambungan pelaksanaan, cara pelaksanaannya harus sesuai dengan petunjuk pabrik pembuatnya;
- g). Pada lingkungan air asin atau korosif, sambungan pelaksanaan tidak diperkenankan berada pada 75 cm di bawah muka air terendah atau 75 cm di atas muka air tertinggi kecuali ditentukan lain dalam Gambar Kerja.

### 2.2.9.8 Pekerjaan Akhir (*Finishing*)

Efisiensi dari proses pemeriksaan akan dinilai dari kondisi dan toleransi permukaan akhir yang seharusnya bebas dari retak permukaan dan tidak mempunyai perbedaan tekstur serta warna yang tampak jelas.

Untuk mendapatkan suatu permukaan beton tanpa acuan yang memuaskan perlu diperhatikan hal-hal di bawah ini:

- a Campuran beton yang diproporsi dengan baik.
- b Cara-cara pengadukan, dan pengecoran yang memadai akan memperkecil.
- c Pemisahan bahan beton.
- d Pematatan yang memadai.
- e Teknik-teknik penyelesaian yang terkendali.
- f Perawatan yang memadai.

#### 1 Penyelesaian Permukaan (Pekerjaan Akhir Biasa)

- a). Kecuali ditentukan lain, permukaan beton harus dikerjakan segera setelah pembongkaran acuan. Seluruh perangkat kawat atau logam yang telah digunakan untuk memegang acuan dan acuan yang melewati badan beton, harus dibuang atau dipotong kembali paling sedikit 2,5 cm di bawah permukaan beton. Tonjolan mortar dan ketidakrataan lainnya yang disebabkan oleh sambungan cetakan harus dibersihkan.



- b). Beton harus diperiksa segera setelah pembongkaran acuan dan dapat segera dilakukan penambalan atas kekurangan sempurnaan minor yang tidak akan mempengaruhi struktur atau fungsi lain dari pekerjaan beton. Penambalan harus meliputi pengisian lubang-lubang kecil dan lekukan dengan adukan semen.
- c). Bilamana secara teknis diijinkan pengisian lubang besar akibat keropos, pekerjaan harus dipahat sampai ke bagian yang utuh (sound), membentuk permukaan yang tegak lurus terhadap permukaan beton. Lubang harus dibasahi dengan air dan adukan pasta (semen dan air, tanpa pasir) harus dioleskan pada permukaan lubang. Selanjutnya lubang harus diisi dengan adukan yang kental yang terdiri dari satu bagian semen dan dua bagian pasir dan dipadatkan. Adukan tersebut harus dibuat dan didiamkan sekira 30 menit sebelum dipakai agar dicapai penyusutan awal, kecuali digunakan jenis semen tidak susut (*non-shrinkage cement*).

## 2 Penyelesaian Permukaan Pekerjaan Akhir Khusus

Permukaan yang terekspos dapat diselesaikan dengan pekerjaan akhir berikut ini:

- a). Bagian atas pelat, kerb, permukaan trotoar, dan permukaan horisontal lainnya, harus digaru dengan mistar bersudut untuk memberikan bentuk serta ketinggian yang diperlukan segera setelah pengecoran beton dan harus diselesaikan secara manual sampai rata dengan menggerakkan perata kayu secara memanjang dan melintang, atau dengan cara lain yang sesuai sebelum beton mulai mengeras.
- b). Perataan permukaan horisontal tidak boleh menjadi licin, seperti untuk trotoar, harus sedikit kasar tetapi merata dengan penyapuan, atau cara lain yang disetujui, sebelum beton mulai mengeras.
- c). Permukaan yang tidak horisontal yang telah ditambal atau yang masih belum rata harus digosok dengan batu gurinda yang agak kasar (medium), dengan menempatkan sedikit adukan semen pada permukaannya. Adukan harus terdiri dari semen dan pasir halus yang dicampur sesuai dengan proporsi yang digunakan untuk pengerjaan akhir beton. Penggosokan harus dilaksanakan sampai seluruh tanda bekas acuan, ketidakrataan, tonjolan hilang, dan seluruh rongga terisi, serta diperoleh permukaan yang rata. Pasta yang dihasilkan dari penggosokan ini harus dibiarkan tertinggal di tempat.

## 3 Penghalusan Permukaan Beton

Setelah waktu penundaan yang diperlukan, dilakukan penghalusan pada permukaan.. Penghalusan adalah pekerjaan menghaluskan ketidak rataan pada permukaan setelah screeding. Pekerjaan ini dimaksudkan untuk:

- a). Menghilangkan cacat pada permukaan.
- b). Menghaluskan permukaan beton.
- c). Menutupi retakan kecil pada permukaan yang terjadi pada waktu permukaan mengering.

Penghalus yang digunakan umumnya terbuat dari kayu. Penghalus kayu menghasilkan suatu tekstur kasar yang sering digunakan pada penyelesaian akhir. Untuk memperbaiki ketahanan terhadap gelincir, karung goni atau sapu kawat dapat ditarik secara perlahan pada permukaan.

Penghalus tangan dipegang secara datar, kemudian ditempelkan pada permukaan dan digeser secara setengah lingkaran untuk mengisi lubang-lubang, menghilangkan gumpalan-gumpalan dan menghaluskan tonjolan-tonjolan.

Seringkali perlu untuk menghaluskan permukaan untuk kedua kalinya setelah terjadi pengerasan, untuk memberikan tekstur akhir yang diinginkan pada beton. Tekstur yang lebih rata dapat juga diperoleh dengan melanjutkan penghalusan kayu dengan sebuah penghalus spons.

### 2.2.9.9 Perawatan

Perawatan beton dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan, agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat.

Segera setelah pengecoran, beton harus dilindungi dari pengeringan dini, temperatur yang terlalu panas, dan gangguan mekanis. Beton harus dijaga agar kehilangan kadar air yang terjadi seminimal mungkin dan diperoleh temperatur yang relatif tetap dalam waktu yang ditentukan untuk menjamin hidrasi yang sebagaimana mestinya pada semen dan pengerasan beton.

#### a Ketentuan Perawatan Beton

- 1 Beton (selain beton kuatawal tinggi) harus dirawat pada suhu diatas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya 7 hari setelah pengecoran.
- 2 Beton kuat awal tinggi harus dirawat pada suhu diatas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 3 hari.
- 3 Perawatan dipercepat dengan ketentuan:
  - a). Percepatan waktu perawatan harus memberikan kuat tekan beton pada tahap pembebanan yang ditinjau sekurang-kurangnya sama dengan kuat rencana perlu pada tahap pembebanan tersebut.
  - b). Proses perawatan harus sedemikian hingga agar beton yang dihasilkan mempunyai tingkat keawetan yang baik.
  - c). Bila diperlukan pengawas lapangan, dapat dilakukan penambahan uji kuat tekan beton dengan merawat benda uji di lapangan sesuai dengan Sub bab 7.6(4) SK SNI 03-2847-2002 untuk menjamin bahwa proses perawatan yang dilakukan telah memenuhi persyaratan.

#### b Teknik Perawatan Beton

##### 1 Penggenangan

Pada permukaan datar seperti perkerasan dan pelat lantai, beton dapat dirawat dengan penggenangan. Tanggul-tanggul tanah atau lempung disekeliling permukaan beton dapat menahan genangan air di dalam daerah tertutup itu. Penggenangan merupakan suatu cara yang efisien untuk mencegah hilangnya lembab dari beton, dan juga efektif untuk memelihara suhu yang seragam pada beton.

##### 2 Penutup Basah

Penutup basah seperti karung atau bahan penahan lembab yang lain sering digunakan untuk perawatan beton. Penutup demikian harus ditempatkan segera setelah beton cukup keras, untuk menghindari rusaknya permukaan. Harus dijaga agar seluruh permukaan tertutup, termasuk pinggiran pelat seperti perkerasan dan jalan setapak. Penutup harus dijaga agar tetap lembab sehingga suatu lapisan tipis air tetap terdapat pada permukaan beton selama masa perawatan.

Penutup basah dari tanah atau pasir sangat efektif untuk perawatan tetapi dalam tahun terakhir ini telah jarang digunakan, oleh karena biayanya yang tinggi dan kemungkinan terjadinya perubahan warna pada beton. Cara ini sering bermanfaat untuk digunakan pada pekerjaan kecil. Tanah atau pasir yang lembab harus disebar di atas permukaan beton dengan lapisan setebal kira-kira 50 mm. Lapisan itu harus dijaga agar tetap basah.

Adapun hal yang harus diperhatikan dalam teknik perawatan penutup basah adalah:

- a). Beton harus dirawat, sesegera mungkin setelah beton mulai mengeras, dengan menyelimutinya dengan bahan yang dapat menyerap air. Lembaran bahan penyerap air ini yang harus dibuat jenuh dalam waktu paling sedikit 3 hari. Semua bahan perawat atau lembaran bahan penyerap air harus dibebani atau diikat ke bawah untuk mencegah permukaan yang terekspos dari aliran udara.
- b). Bilamana digunakan acuan kayu, acuan tersebut harus dipertahankan basah pada setiap saat sampai dibongkar, untuk mencegah terbukanya sambungan-sambungan dan pengeringan beton.

### 3 Campuran (*Compound*) Perawatan

Campuran perawatan berupa membran cair dapat membatasi penguapan kelembaban dari beton. Bila dipakai dengan cara yang benar, bahan ini merupakan bahan perawatan yang efektif. Bahan tersebut bukan hanya cocok untuk perawatan beton baru, tetapi juga dapat dipakai untuk perawatan beton lebih lanjut setelah acuan dibongkar atau setelah perawatan lembab pendahuluan/awal.

Campuran jernih atau bening mungkin mengandung bahan pewarna yang menghilang setelah pemakaian. Warna tersebut menjamin penutupan dari permukaan beton yang terbuka (*expose*). Pada hari yang panas, campuran dengan pigmen (zat pewarna) putih paling efektif karena dapat memantulkan sinar matahari, sehingga mengurangi suhu beton.

Campuran perawatan diberikan dengan peralatan tangan atau dengan alat semprot bermotor. Permukaan beton yang akan dirawat harus lembab pada waktu penutup diberikan. Biasanya hanya diberikan satu lapisan dengan tekstur yang halus dan rata, tetapi mungkin perlu dua lapis untuk memastikan penutup yang menyeluruh. Bila digunakan lapisan kedua, lapisan tersebut harus diberikan pada arah yang tegak lurus dari yang pertama. Campuran perawatan dapat dipergunakan untuk mencegah pelekatan antara beton keras dan lunak (baru), akibatnya tidak boleh dipakai bila perlu suatu pelekatan.

### 4 Perawatan Uap

Perawatan uap biasanya hanya dipakai untuk beton pracetak. Cara ini digunakan untuk mendapatkan kelembaban lebih untuk perawatan dan peningkatan suhu untuk mempercepat terjadinya kekuatan.

Adapun hal yang harus diperhatikan dalam teknik perawatan uap adalah:

- a). Beton dirawat dengan uap untuk maksud mendapatkan kekuatan yang tinggi pada permulaannya. Bahan tambah (*aditif*) tidak diperkenankan untuk dipakai dalam hal ini.
  - b). Perawatan dengan uap harus dikerjakan secara menerus sampai waktu dimana beton telah mencapai 70 % dari kekuatan rancangan beton berumur 28 hari.
  - c). Tekanan uap pada ruang uap selama perawatan beton tidak boleh melebihi tekanan di luar.
  - d). Temperatur pada ruang uap selama perawatan beton tidak boleh melebihi 38°C selama sampai 2 jam sesudah pengecoran selesai, dan kemudian temperatur dinaikkan berangsur-angsur sehingga mencapai 65°C dengan kenaikan temperatur maksimum 14°C/jam secara bersama-sama.
  - e). Beda temperatur yang diukur di antara dua tempat di dalam ruang uap tidak boleh melampaui 5.5°C.
  - f). Penurunan temperatur selama pendinginan tidak boleh lebih dari 11°C per jam.
  - g). Temperatur beton pada saat dikeluarkan dari penguapan tidak boleh 11°C lebih tinggi dari temperatur udara di luar.
  - h). Setiap saat selama perawatan dengan uap, di dalam ruangan harus selalu jenuh dengan uap air.
  - i). Semua bagian struktural yang mendapat perawatan dengan uap harus dibasahi selama 4 hari sesudah selesai perawatan uap tersebut.
  - j). Pipa uap harus ditempatkan sedemikian atau balok harus dilindungi secukupnya agar beton tidak terkena langsung semburan uap, yang akan menyebabkan perbedaan temperatur pada bagian-bagian beton.
- 5 Perawatan dengan *Curing Membrane* untuk Beton Bervolume Besar

Perawatan beton dilaksanakan dengan memperhatikan waktu pengikat awal. Segera setelah terjadinya waktu pengikatan awal, maka harus segera dilaksanakan pekerjaan perawatan (*curing*) pada beton bervolume besar (*mass concrete*) yang telah selesai dicor dengan menyemprotkan bahan *curing compound* untuk menahan panas yang memenuhi ketentuan ASTM C309:2012. *curing membrane* yang berfungsi sebagai lapisan penutup untuk menahan panas sedikitnya harus memiliki tingkat penahan panas 0.5 *hourfoot*<sup>2</sup>/BTU

Perawatan lebih awal dengan menggunakan *curing compound* dilakukan setelah terjadi pengikatan awal (*initial setting*). Beberapa cara *curing* lain dapat dilaksanakan setelah *curing compound* selesai dilakukan. Perbedaan temperatur udara dengan temperatur permukaan beton tidak boleh lebih dari 11°C.

### 2.2.9.10 Pelaksanaan Beton Volume Besar

a Ketentuan Pelaksanaan Beton Volume Besar

Menurut ACI 207 beton volume besar adalah volume beton dengan dimensi yang cukup besar sehingga diperlukan pengendalian suhu (*thermal*) terhadap panas yang disebabkan oleh proses hidrasi dari semen.

- 1 Perencana waktu pengecoran yang harus diertimbangkan dengan cara membagi volume total pengecoran dengan kemampuan pengecoran dalam satu jam (jumlah pompa x kapasitas *concrete pump* yang dimiliki)
- 2 Kemampuan *supplier* beton untuk dapat melakukan pemasukan beton skala besar untuk dapat menghindari terjadinya *cold joint*.
- 3 Kecepatan pengecoran yang harus memadai dengan memperhatikan jenis dan kapasitas peralatan yang digunakan. Jumlah *concrete pump* yang dibutuhkan dan lahan yang memadai untuk parkir *concrete pump* dan tempat pemberhentian atau lokasi parkir sementara truk *ready mixer* ketika sedang dilakukannya pengecoran untuk melakukan pengecoran dalam menyelesaikan beton volume besar sesuai dengan perencanaan awal.
- 4 Jumlah tenaga kerja pengecoran yang sesuai dan dapat melayani kapasitas beton yang turun ke lokasi pekerjaan dengan bantuan *concrete pump*.
- 5 Urutan atau tahapan pengecoran harus rencanakan secara tepat untuk dapat menghindari terjadinya *cold joint*, yaitu dengan memperhatikan durasi *setting* beton yang kurang lebih selama 4 jam. Sehingga tahapan pengecoran harus diperhitungkan berdasarkan kapasitas pengecoran selama 4 jam yang harus lebih besar daripada volume zona pengecoran beton volume besar.
- 6 Jadwal pengecoran yang harus mempertimbangkan dengan kondisi lalu-lintas.

b Pengendalian Temperatur Beton Bervolume Besar

1 Pengendalian Komposisi Bahan

Pengendalian komposisi bahan beton untuk menghasilkan temperatur beton maksimum yang disyaratkan harus dibuktikan dengan pengukuran temperatur pada benda uji (*mock up*) dengan ukuran minimum yang sesuai dengan elemen struktur yang akan dilaksanakan.

2 Sistem Pengendalian Mekanis

Jika kontraktor memilih untuk menggunakan sistem pendinginan mekanis, maka harus direncanakan sesuai dengan rencana pengendalian temperatur dengan persyaratan sebagai berikut:

- a). Sistem pendinginan mekanis harus terletak di dalam elemen beton dan bila telah mencapai umur beton pengecoran sambungan permukaan ke pipa pendingin harus dapat dibuang sampai kedalaman 10 cm dari permukaan.
- b). Acuan harus direncanakan sehingga pembukaan acuan tidak mengganggu pengamatan sistem pendingin dan temperatur.
- c). Pipa pendingin tidak boleh pecah atau melendut selama pengecoran beton dan harus dijamin terlindung dari getaran dan gerakan.
- d). Sistem pendingin mekanis harus diuji tekan pada 30 psi selama 30 menit untuk memastikan tidak terdapat kebocoran sebelum pengecoran beton berlangsung.

- e). Sirkulasi pendingin sudah harus dilakukan saat pengecoran dimulai setelah proses pendingin selesai, maka pipa pendingin harus segera digrouting dengan campuran grouting tanpa penyusutan.
  - f). Setelah sambungan permukaan ke pipa pendingin dibuka, lubang harus diisi dengan mortar.
- 3 Sistem Pengamatan dan Pencatatan Temperatur
- Sistem pengamatan dan pencatatan temperatur harus terdiri dari alat sensor temperatur yang dihubungkan ke sistem pengumpul data yang dapat mencetak, menyimpan, dan mengunduh data ke sebuah perangkat komputer. Sensor temperatur harus diletakkan pada posisi yang sesuai sehingga perbedaan temperatur maksimum dalam beton dapat teramati. Sedikitnya, temperatur beton harus diamati pada lokasi terpanas dari hasil perhitungan atau pada pusat massa, dan pada sedikitnya 2 dinding luar atau pada kedalaman 50 mm dari permukaan terluar dan harus disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- 4 Temperatur Izin
- Pekerjaan beton bervolume besar harus memenuhi kriteria persyaratan penerimaan dan persyaratan temperatur sebagai berikut:
- a) Temperatur maksimum yang diizinkan 71°C.
  - b) Perbedaan temperatur maksimum yang diizinkan 21°C, kecuali bisa dibuktikan dengan analisis bahwa struktur beton mampu mengakomodasi perbedaan temperatur melebihi perbedaan maksimum.

#### 2.2.9.11 Pelaksanaan Beton Memadat Sendiri

Penggetaran untuk beton memadat sendiri biasanya tidak diperlukan, selain itu penggetaran akan menyebabkan *settlement* yang signifikan dari agregat kasar. Apabila kepadatan yang diinginkan tidak tercapai, maka beton harus dicek kesesuaiannya terhadap spesifikasinya terlebih dahulu. Jika ternyata telah sesuai tetapi kepadatan penuh tetap belum tercapai, pertimbangan untuk merubah spesifikasi yang digunakan.

Beberapa jenis pekerjaan dimana kontrol yang akurat dan penggetaran ringan mungkin diperlukan dapat diperlukan untuk beton memadat sendiri:

- a Pada beberapa struktur tertentu, dimana bentuk *formwork* dapat menyebabkan udara terperangkap pada lokasi tertentu. Hal ini dapat ditangani dengan pemadatan manual lokal pada area tersebut.
- b Untuk struktur lantai terutama yang menggunakan beton memadat sendiri dengan kelas *slump-flow* yang rendah, mungkin memerlukan *tamping* ringan atau *screed bar* yang bergetar dengan sangat lembut untuk meratakan permukaan, agar bebas dari tonjolan agregat kasar.
- c Pengecoran yang tertunda, jika permukaan beton memadat sendiri yang telah di cor sebelumnya telah timbul kerak atau kaku sehingga nantinya *cold-joint* atau cacat permukaan dapat terbentuk.

Permukaan atas beton memadat sendiri dapat mengering dengan cepat karena jumlah pasta semen yang lebih banyak, rasio air-agregat halus yang lebih rendah dan kurangnya air akibat bleeding di permukaan beton.

Perawatan beton awal harus dimulai sesegera mungkin setelah pengecoran dan finishing awal yang bertujuan untuk meminimalisasi resiko timbulnya kerak di permukaan dan retak akibat susut pada umur awalnya.

#### **2.2.9.12 Pelaksanaan Beton Di Cuaca Panas**

Ketentuan pelaksanaan beton di cuaca panas yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

- a Apabila disyaratkan, serahkan permohonan untuk batas temperatur beton melebihi yang disyaratkan pada Bab 2.2.9.11.b, termasuk deskripsi tindakan pencegahan yang diusulkan untuk pengecoran beton di cuaca panas.
- b Temperatur beton yang dicor tidak boleh melebihi dari 35°C. Apabila temperatur tulangan, item yang tertanam, atau bekisting lebih tinggi dari 50°C, gunakan kabut air halus untuk melembabkan permukaan yang panas segera sebelum beton dituang. Bersihkan genangan air sebelum mengecor beton.
- c Jika pengecoran dilakukan ada siang hari, maka diharuskan menutup lokasi pencurahan dan pengecoran beton menggunakan penutup, agar beton tidak terkena langsung oleh sinar matahari yang dapat menyebabkan peningkatan suhu pada beton.

#### **2.2.10 Pengendalian Produksi Beton Di Lapangan**

##### **2.2.10.1 Pengambilan Benda Uji**

- a Wadah pengambilan harus terbuat dari logam berat dengan dasar yang rata, kedap air, dengan kedalaman yang cukup, dan berkapasitas cukup untuk memungkinkan pencampuran dengan mudah dengan sekop atau sendok beton ke seluruh campuran; atau jika diaduk dengan mesin. Wadah harus mampu menampung semua campuran dari pencampur dan memungkinkan pengadukan kembali di dalam wadah dengan sendok beton atau sekop.
- b Pengambilan sampel yang digunakan untuk membuat spesimenuji sesuai standar ini harus memenuhi ASTM C172 kecuali jika disetujui suatu prosedur alternatif.
- c Catat identifikasi sampel sesuai lokasi tempat pengambilan dan waktu pembuatannya.

##### **2.2.10.2 Penentuan Pengambilan Benda Uji**

Spesimen Silinder, spesimen untuk kekuatan tekan atau kekuatan tarik belah harus dicor pada cetakan silinder dan dibiarkan mengeras dalam posisi tegak. Jumlah dan ukuran cetakan silinder harus sesuai dengan spesifikasi teknis. Selain itu, tinggi silinder harus dua kali diameter dan diameter silinder minimal 3 kali ukuran maksimum nominal agregat kasar. Bila ukuran maksimum nominal agregat kasar lebih dari 50 mm, maka sampel beton harus diayak basah melalui saringan 50 mm seperti yang dijelaskan dalam ASTM C172. Untuk uji penerimaan kekuatan tekan yang disyaratkan, silinder harus berukuran 150 mm x 300 mm atau 100 mm x 200 mm.

##### **2.2.10.3 Pengujian Beton Basah**

Pengujian beton basah berupa uji slump dan berat isi. Ketentuan, toleransi dan pelaksanaan pengujian beton basah seperti yang telah dijelaskan pada bab 2.2.3.3.

#### 2.2.10.4 Pembuatan Benda Uji

Peralatan pengambilan sampel pengujian beton di lapangan meliputi:

a Cetakan

Umumnya cetakan untuk spesimen dan pengencangnya harus dibuat dari baja, besi cor, atau material lainnya yang tidak menyerap air, tidak reaktif dengan beton semen portland atau semen hidrolis lainnya. Dimensi dan bentuk cetakan harus dijaga tidak berubah dalam semua kondisi.

Cetakan harus kedap air dan tidak bocor ketika digunakan. Ketentuan uji kebocoran air dijelaskan dalam Test methods for elongation, absorption, and water leakage section of specification ASTM C470/C470M. Perapat celah yang cocok, seperti pelumas kental (heavy grease), tanah liat, atau lilin harus digunakan bila diperlukan untuk pencegahan kebocoran pada sambungan cetakan. Pelat dasar cetakan harus melekat erat pada cetakan. Cetakan dapat digunakan kembali harus dilapis tipis dengan minyak pelumas untuk memudahkan cetakan dilepas.

Cetakan yang digunakan harus berbentuk silinder untuk spesimen uji beton dan harus memenuhi persyaratan ASTM C470/C470M.

b Batang Pemas

Batang baja bundar, halus, lurus, berdiameter sesuai dengan persyaratan. Panjang batang pematat minimal 100 mm (4 in) lebih panjang dari kedalaman cetakan bila batang digunakan untuk menusuk, tetapi dengan panjang total maksimum 600 mm (24 in). Ujung batang harus dibulatkan salah satu atau keduanya dengan bentuk setengah bola (*hemispherical*).

c Penggetar

Penggetar yang harus digunakan adalah penggetar internal. Pada waktu digunakan, penggetar harus memiliki frekuensi minimum 9000 getaran per menit (150 Hz). Diameter penggetar maksimum seperempat diameter cetakan silinder atau seperempat lebar cetakan balok. Penggetar yang berbentuk lain harus memiliki garis keliling yang setara dengan lingkaran penggetar bundar. Gabungan panjang batang penggetar dan elemen penggetar harus melampaui kedalaman bagian yang digetarkan minimum 75 mm. Frekuensi penggetar harus diperiksa secara periodik dengan tachometer reed penggetar atau peralatan yang sesuai lainnya.

#### 2.2.10.5 Pengangkutan Benda Uji

Sebelum diangkut Spesimen tidak boleh dipindahkan sampai paling sedikit 8 jam setelah pengikatan akhir. Selama pengangkutan, lindungi spesimen dengan bahan yang empuk untuk mencegah kerusakan akibat benturan. Selam acuaca dingin, lindungi spesimen dari pembekuan dengan bahan pelindung yang sesuai. Cegah pengeringan selama pemindahan dengan membungkus spesimen dengan plastik, lap basah, kubur dalam pasir atau



kencangkan tutup plastik yang rapat pada cetakan plastik. Waktu pengangkutan tidak boleh melebihi 4 jam.

### 2.2.10.6 Pengujian Beton Kering

#### a Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

Pengujian kuat tekan beton silinder mengacu pada SNI 1974:2011

##### 1 Ketentuan Peralatan Pengujian

Perencanaan peralatan mesin penguji harus meliputi hal-hal penting berikut:

- a). Mesin harus dioperasikan dengan tenaga listrik serta harus menggunakan pembebanan yang terus menerus dan tanpa kejut. Jika mesin hanya memiliki satu kecepatan pembebanan sesuai persyaratan, mesin harus dilengkapi dengan alat tambahan untuk pembebanan pada kecepatan beban yang sesuai untuk keperluan verifikasi. Alat tambahan untuk pembebanan ini dapat dioperasikan dengan tenaga listrik maupun secara manual.
- b). Kehancuran silinder beton dengan kuat tekan tinggi, pada umumnya memiliki daya sebar pecahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan silinder beton dengan kuat tekan normal. Untuk keselamatan disarankan melengkapi alat uji dengan peralatan pelindung (semacam terali penutup di sekeliling benda uji).
- c). Ruang yang disediakan untuk benda uji harus cukup luas memberikan tempat bagi alat kalibrasi, semacam alat kalibrasi elastis dengan kapasitas yang mencakup batasan beban yang mungkin terjadi pada mesin tekan serta sesuai dengan persyaratan. Alat kalibrasi harus ditempatkan pada posisi yang dapat dibaca. Tipe alat kalibrasi elastis yang umum tersedia dan yang umum digunakan adalah *proving ring* atau sel pembebanan (*load cell*).

##### 2 Langkah Pelaksanaan Pengujian

###### a). Perlakuan Benda Uji

Uji tekan benda uji yang dirawat lembab harus dilakukan sesegera mungkin setelah pemindahan dari tempat pelembaban. Benda uji harus dipertahankan dalam kondisi lembab dengan cara yang dipilih selama periode antara pemindahan dari tempat pelembaban dan pengujian. Benda uji harus diuji dalam kondisi lembab pada temperatur ruang.

###### b). Toleransi Waktu Pegujian

Semua benda uji untuk umur uji yang ditentukan harus diuji dalam toleransi waktu yang diizinkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.21.

**Tabel 2.21 - Toleransi Waktu Yang Diizinkan**

Umur uji	Waktu yang diizinkan
12 jam	± 15 menit atau 2,1 %
24 jam	± 30 menit atau 2,1 %
3 hari	± 2 jam atau 2,8 %
7 hari	± 6 jam atau 3,6 %
28 hari	± 20 jam atau 3,0 %
90 hari	± 2 hari atau 2,2 %

c). Penempatan benda uji

Letakkan landasan tekan datar bagian bawah, dengan permukaan kerasnya menghadap ke atas pada meja atau bidang datar mesin uji secara langsung di bawah blok setengah bola. Bersihkan permukaan landasan tekan atas, landasan tekan bawah dan permukaan benda uji kemudian letakkan benda uji pada landasan tekan bawah

- 1). Lakukan verifikasi nilai nol dan dudukan landasan sebelum pengujian, pastikan penunjuk beban sudah menunjukkan nol. Dalam hal penunjuk tidak sempurna menunjukkan nol, atur penunjuk. Pada saat landasan atas yang didudukan pada setengah bola diturunkan untuk membebani benda uji, putar bagian yang dapat bergerak perlahan-lahan dengan tangan sehingga dudukan yang rata tercapai.
- 2). Teknik yang digunakan untuk melakukan verifikasi dan mengatur penunjuk beban nol akan beragam tergantung pada pembuat mesin. Pelajari manual atau alat kalibrasi mesin tekan untuk mendapatkan teknik yang benar.

d). Pembebanan

Lakukan pembebanan hingga benda uji hancur, dan catat beban maksimum yang diterima benda uji selama pembebanan. Catat tipe kehancuran dan kondisi visual benda uji beton.

b Pengujian Beton Inti

Pengujian beton inti mengacu pada SNI 03-2492-2002

1 Cara Pengambilan Beton Inti

- a). Perbandingan ukuran agregat maksimum dalam beton dengan diameter beton inti harus lebih besar dari 1:3, atau diameter benda uji beton inti untuk benda uji kuat tekan harus lebih dari tiga kali ukuran nominal maksimum dan agregat kasar dalam beton keras. Benda uji beton ini yang akan digunakan untuk pengujian kekuatan harus diambilkan dari beton keras yang umumnya tidak boleh kurang dari 14 hari. Sebelum memutuskan untuk melakukan pengeboran beton inti, perlu mempertimbangkan terlebih dahulu tujuan pengujian dan penginterpretasian data.
- b). Implikasi struktural hasil dari pengambilan beton inti terdahulu harus dipertimbangkan, dan beton inti harus diambil:
  - 1). Pada titik yang jauh dan sambungan dan tepid an elemen struktur dari pada tempat – tempat yang sedikit mungkin atau tidak ada tulangan.
  - 2). Tegak lurus pada komponen struktur beton yang posisinya horizontal atau vertikal, harus dipilihkan pada tempat yang tidak boleh membahayakan struktur, yaitu tidak boleh terlalu dekat dengan sambungan.

2 Cara Pengeboran Beton Inti

Jika tidak ditetapkan, pengeboran beton inti harus tegak lurus pada permukaan sedemikian rupa sehingga tidak merusak beton inti. Posisi alat bor harus dijaga agar tidak berubah posisi atau bergoyang selama pengeboran.

### 3 Penentuan Panjang Beton Inti

Dalam menentukan panjang beton inti yang akan diambil untuk uji kuat tekan harus memperhitungkan:

- a) Diameter beton inti dengan ukuran minimum 100 mm.
- b) Pengukuran beton inti, sesuai metode uji ASTM C 174.
- c) Faktor perbandingan perlu ditentukan, apakah terhadap kuat tekan kubus atau terhadap kuat tekan silinder.

### 4 Penandaan dan Identifikasi

Segera setelah pengeboran, pada setiap beton inti harus dibersihkan dan diberi tanda. Lokasi dan orientasi pada elemen beton tempat pengeboran harus dicatat. Bila telah dihasilkan sejumlah benda uji beton inti secara berturut-turut, harus diberi tanda pada setiap benda uji yang menunjukkan posisi dan orientasinya.

### 5 Tingkat Pemuatan Beton Inti

Dalam pemuatan beton inti, terapkan beban secara terus menerus dan tanpa guncangan.

- a). Beban harus diterapkan pada laju gerakan (pelat) untuk pengukuran judul bab) yang sesuai dengan tingkat stres pada spesimen 35 6 7 psi / s [0,25 6 0,05 MPa / s] (Lihat Catatan 10). Tingkat pergerakan yang ditentukan harus dipertahankan pada setidaknya selama paruh terakhir dari fase pemuatan yang diantisipasi.

CATATAN 10 — Untuk mesin uji yang dikendalikan sekrup atau yang dikendalikan perpindahan, pengujian pendahuluan akan diperlukan untuk menetapkan tingkat yang diperlukan gerakan untuk mencapai tingkat stres yang ditentukan. Tingkat yang diperlukan dari gerakan akan tergantung pada ukuran spesimen uji, elastis modulus beton, dan kekakuan mesin uji.

- b). Selama penerapan setengah pertama dari yang diantisipasi fase pemuatan, tingkat pemuatan yang lebih tinggi harus diizinkan. Itu tingkat pemuatan yang lebih tinggi harus diterapkan secara terkendali bahwa spesimen tidak.
- c). Tidak membuat penyesuaian ke tingkat pergerakan sebagai beban maksimum yang mendekati dan tingkat tegangan yang berkurang karena retak pada spesimen.
- d). Jika rasio panjang spesimen beton inti dengan diameter sebesar 1,75 atau kurang, perbaiki hasil yang diperoleh dengan mengalikannya dengan faktor koreksi yang sesuai ditunjukkan pada tabel berikut Catatan 11:

L / D	:	1,75	1,50	1,25	1,00
Faktor	:	0,98	0,96	0,93	0,87

Gunakan interpolasi untuk menentukan faktor koreksi untuk L / D nilai antara yang diberikan dalam tabel.

CATATAN 11 — Faktor koreksi tergantung pada berbagai kondisi seperti kondisi kelembaban, tingkat kekuatan, dan modulus elastis. Nilai rata-rata adalah diberikan dalam tabel. Faktor koreksi ini berlaku untuk beton kepadatan rendah beratnya antara 100 dan 120 lb / ft<sup>3</sup> [1600 dan 1920 kg / m<sup>3</sup>] dan untuk beton dengan kerapatan normal. Mereka berlaku untuk beton kering atau direndam waktu pemuatan dan untuk kekuatan beton nominal dari 2000 hingga 6000 psi [14 hingga

42 MPa]. Untuk kekuatan lebih tinggi dari 6000 psi [42 MPa] faktor koreksi mungkin lebih besar dari nilai yang tercantum di atas.

## 6 Toleransi

Benda uji dipersiapkan dengan toleransi sebagai berikut:

- a). toleransi untuk kerataan permukaan bagian ujung disiapkan dengan cara menggerinda atau cara kaping, menggunakan semen alumunium tinggi atau belarang menurut *ASTM C 617*.
- b). Untuk menjamin kesikukan, toleransi untuk kerataan permukaan bagian ujung yang telah dipersiapkan, harus sesuai standar yang berlaku.
- c). Untuk kelurusan, toleransi terhadap garis sumbu harus maksimum 3% dan diameter rata-rata beton inti.

## 7 Pengujian

Pengujian harus dilakukan sesuai dengan SNI 1974:2011 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Beton inti tidak boleh diuji dalam keadaan retak, atau lepas lapisan kapingnya. Bersihkan permukaan benda uji dan pasir dan kotoran lain. Jika benda uji yang akan diuji masih basah, keringkan permukaannya. Catat kondisi permukaan pada saat di uji.

### 2.2.10.7 Evaluasi Mutu Beton

Kegiatan evaluasi mutu beton dilakukan sebagai berikut:

- a Kekuatan spesimen yang dicetak dan dirawat standar  
Hasil uji dari silinder uji yang dicetak dan dirawat standar harus dievaluasi secara terpisah untuk setiap campuran beton yang disyaratkan. Evaluasi hanya sah jika pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Untuk evaluasi, setiap campuran yang disyaratkan harus diwakili oleh minimal lima uji kekuatan. Bila hasil uji kekuatan tidak memenuhi persyaratan dalam Bab 2.2.10.8, ambil langkah-langkah untuk meningkatkan rata-rata hasil uji kekuatan berikutnya. Serahkan dokumentasi tindakan untuk meningkatkan hasil uji kekuatan
- b Pengujian kekuatan *in-situ*  
Hasil pengujian harus dievaluasi oleh perencana/penanggung jawab struktur dan hanya valid jika pengujian dilaksanakan menggunakan peralatan yang terkalibrasi sesuai prosedur standar yang diakui dengan suatu nilai korelasi antara hasil uji dengan kekuatan tekan beton yang telah ditetapkan dan disampaikan.

### 2.2.10.8 Penerimaan Mutu Beton

Untuk melakukan penerimaan mutu beton, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a Spesimen uji kekuatan yang dicetak dan dirawat standar  
Kekuatan beton dinilai memuaskan apabila kriteria 2.2.10.8.a.1 dan 2.2.10.8.a.2 dipenuhi.

- 1 Setiap rata-rata tiga uji kekuatan berturut-turut sama atau melebihi kekuatan tekan yang disyaratkan.
  - 2 Tidak ada hasil uji kekuatan yang selisihnya lebih dari 3,5 MPa. Kriteria ini juga diterapkan pada pengujian kekuatan yang dipercepat kecuali jika ada basis penerimaan lain yang disyaratkan dalam dokumen kontrak.
- b Pengujian in-situ
- Pengujian in-situ tidak boleh digunakan sebagai satu-satunya dasar untuk penerimaan atau penolakan beton, tetapi boleh digunakan, bila disyaratkan, untuk mengevaluasi beton di mana hasil uji kekuatan silinder yang dicetak dan dirawat standar gagal memenuhi kriteria dalam Bab 2.2.10.8.a.2.

## 2.3 BAJA

### 2.1.1 Baja Struktur

#### 2.3.1.1 Umum

Lingkup pembahasan meliputi bahan struktur jembatan baja termasuk mutu baja, elemen baja seperti baut, mur, ring, paku penghubung geser yang dilas, bahan untuk keperluan pengelasan dan sertifikasi.

#### 2.3.1.2 Material

##### a Baja Struktur

Berikut ini uraian tentang ketentuan kekuatan minimum baja struktur yang akan dijelaskan pada table 2.22 dibawah ini.

**Tabel 2.22 - Ketentuan Kekuatan Minimum Baja Struktur**

Mutu Baja Struktur		Kuat Leleh	Kuat Tarik Putus
		Minimum (MPa)	
Grade 250		250	400
Grade 345		345	450
Grade 485		485	585
Grade 690	Tebal Pelat ≤ 63,5 mm	690	760
	Tebal Pelat > 63,5 mm	620	690

Mutu baja dan data yang berkaitan lainnya harus ditandai dengan jelas pada unit-unit yang menunjukkan identifikasi selama fabrikasi dan pemasangan.

##### b Baut, Mur dan Ring

- 1 Baut dan mur harus memenuhi ketentuan dari ASTM A307-14e1 *Mild Steel Bolts and Nuts (Grade A)*, dan mempunyai kepala baut dan mur berbentuk segi enam (*hexagonal*).

2. Baut, mur dan ring dari baja mutu tinggi harus difabrikasi dari baja karbon yang dikerjakan secara panas dan memenuhi ketentuan dari ASTM F3125/F3125M-15a dengan kekuatan leleh minimum 92 ksi (634 MPa) dan 130 ksi (896 MPa) masing-masing untuk tipe A320 dan A490 dan elongasi (*elongation*) minimum 14%. Baut mutu tinggi boleh digunakan bila memenuhi ketentuan berikut:
- Sifat mekanisnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
  - Diameter batang, luas tumpu kepala baut, dan mur atau penggantinya harus lebih besar dari nilai nominal yang ditetapkan dalam ketentuan yang berlaku. Ukuran lainnya boleh berbeda.
  - Cara penarikan baut dan prosedur pemeriksaan untuk alat sambung boleh berbeda dari ketentuan yang berlaku selama persyaratan gaya tarik minimum alat sambung terpenuhi dan prosedur penarikannya dapat diperiksa.

**Tabel 2.23 - Ketentuan Beban Tarik Baut untuk tipe *Critical Slip Joint***

Ukuran Nominal (mm) dan Nilai Putaran  Ulir <i>pitch</i> (mm)	Beban Tarik Minimum dengan Metoda Pengukuran Panjang (kN)	
	Tipe A325	Tipe A490
M12 x 1,75	50,6	70
M16 x 2,0	94,2	130
M20 x 2,5	147	203
M22 x 2,5	182	251
M24 x 3,0	212	293
M27 x 3,0	275	381
M30 x 3,5	337	466
M36 x 4,0	490	678

Keterangan:

*M12 x 1,75* adalah Baut dengan diameter 12 mm (termasuk ulir) dan *pitch* adalah pergerakan dalam 1 putaran 360° baut sebesar 1,75 mm. Baut dengan standar mutu yang lain dapat digunakan apabila produsen dapat memberikan data kekuatan material (*proof load* dan gaya tarik putus) dan gaya tarik minimum baut. Kunci torsi harus diverifikasi terhadap beban tarik minimum baut dengan menggunakan alat ukur.

- Baut dan mur harus ditandai untuk identifikasi sesuai dengan ketentuan dari ASTM F3125/F3125M-15a. Ukuran baut harus sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar.
- c. Paku Penghubung Geser Yang Dilas
- Paku penghubung geser (*shear connector studs*) harus memenuhi ketentuan dari AASHTO M169-15 *Steel Bars, Carbon, Cold Finished, Standard Quality. Grade 1015, 1018 atau 1020*, baik baja "*semi-killed*" maupun "*fully killed*".
- d. Bahan Untuk Keperluan Pengelasan
- Bahan untuk keperluan pengelasan yang digunakan dalam pengelasan logam dari kelas baja yang memenuhi ketentuan dari SNI 03-6764-2002 harus memenuhi ketentuan dari AWS D1.5M/D1.5:2015. Diameter kawat las (*electrode*) las harus sesuai dengan posisi pengelasan dan ketebalan pelat mengacu ke AWS E.11016.
- e. Sertifikat

Semua bahan baku atau acuan yang dipasok untuk pekerjaan, bilamana diminta oleh Pekerjaan, harus disertai sertifikat dari pabrik pembuatnya yang menyatakan bahwa bahan tersebut telah di produksi sesuai dengan formula standar dan memenuhi semua ketentuan dalam pengendalian mutu dari pabrik pembuatannya. Sertifikat harus menunjukkan semua hasil pengujian sifat-sifat fisik bahan baku, dan diserahkan kepada Pengawas Pekerjaan tanpa biaya tambahan.

### 2.3.1.3 Toleransi Baja Struktur

#### a Diameter Lubang

- 1 Lubang pada elemen utama : -0,4, +1,2 mm
- 2 Lubang pada elemen sekunder : -0,4, +1,8 mm

#### b Alinyemen Lubang

- 1 Elemen utama, dibuat di bengkel : -0,4, +0,4 mm
- 2 Elemen sekunder, dibuat di lapangan : -0,6, +0,6 mm

#### c Batang Sambungan Geser (*Struts*)

Penyimpangan maksimum terhadap garis lurus, termasuk dari masing-masing flens ke segala arah: panjang / 1000 atau 3 mm, dipilih mana yang lebih besar.

#### d Permukaan Yang Dikerjakan Dengan Mesin

Penyimpangan permukaan bidang kontak yang dikerjakan dengan mesin tidak boleh lebih dari 0,25 mm untuk permukaan yang dapat dipahat dalam suatu segiempat dengan sisi 0,5 m.

## 2.3.2 Galvanisasi Pada Besi dan Baja Fabrikasi

### 2.3.2.1 Umum

Standar ini menetapkan sifat-sifat umum dari dan metode uji yang diterapkan pada benda kerja besi dan baja fabrikasi yang dicelupkan ke dalam seng cair. Standar ini tidak berlaku untuk:

- a Lembaran dan kawat yang digalvanis secara kontinyu
- b Tabung dan pipa yang digalvanis oleh pabrik dengan sistem otomatis
- c Produk-produk galvanis yang memerlukan SNI tersendiri dan diluar ketentuan yang ada pada standar ini.

Perlakuan dan pelapisan tambahan dari produk yang telah digalvanis tidak diatur dalam standar ini.

CATATAN: Untuk produk standar tersendiri dapat mengacu dalam standar pelapisan atau spesifikasi dengan ketebalan pada standar ini.

### 2.3.2.2 Persyaratan Umum

Standar ini tidak menentukan persyaratan apa pun tentang hal-hal tersebut, akan tetapi memberikan beberapa rekomendasi dalam lampiran C pada SNI 07-7033-2004.

CATATAN Komposisi kimia dan kondisi permukaan (kekasaran) dari logam dasar, massa benda kerja dan keadaan proses galvanis mempengaruhi penampilan, ketebalan, tekstur dan sifat-sifat fisik/mekanik dari lapisan.

a Ketel Galvanis

Isi dari ketel galvanis berupa cairan seng dengan kemurnian minimal 98% sesuai dengan ASTM A 123 / A 123M – 00 *Specifications for zinc (Hot dip galvanized) coatings on iron and steel products*.

b Informasi yang harus diberikan oleh pemakai kepada pabrik galvanis atau sebaliknya

Daftar informasi yang tertera pada lampiran A pada SNI 07-7033-2004 harus diberikan oleh pemakai atau sebaliknya.

c Keselamatan

Pembuatan lubang ventilasi dan saluran pembuangan harus dipersiapkan sesuai dengan lampiran B pada SNI 07-7033-2004.

### 2.3.2.3 Pengambilan Contoh

Contoh uji untuk pengujian ketebalan harus dipilih secara acak dari setiap lot inspeksi. Jumlah minimum benda kerja dari masing-masing lot inspeksi untuk menjadi contoh uji harus sesuai dengan Tabel 2.24.

**Tabel 2.24 - Jumlah contoh uji ketebalan**

Jumlah benda kerja di dalam lot	Jumlah minimum benda kerja di dalam contoh uji
1 – 3	semua
4 – 500	3
501 – 1.200	5
1.201 – 3.200	8
3.201 – 10.000	13
> 10.000	20

Inspeksi harus dilakukan di tempat kerja pabrik galvanis oleh pihak-pihak yang ditunjuk, atau di tempat yang telah disepakati bersama.

### 2.3.2.4 Sifat-sifat Lapisan

a Penampilan

Pada saat inspeksi, permukaan signifikan dari semua benda kerja pelapisan galvanis, ketika diuji secara visual, harus bebas dari gelembung (*modules*), kekasaran dan jaruman (jika itu dapat menyebabkan luka) dan lokasi yang tak terlapisi.

CATATAN 1 Kekasaran dan kehalusan adalah istilah yang sifatnya relatif dan kekasaran lapisan pada benda kerja galvanis setelah fabrikasi akan berbeda dari produk yang dibentuk secara mekanik, seperti kawat galvanis dan lembaran galvanis. Hasil permukaan galvanis yang abu-abu gelap atau terang atau beberapa bagian permukaan yang tidak rata warnanya, tidak harus menjadikan produk tersebut ditolak. Adanya noda (*wet storage stain*), sebagai akibat dari pembentukan oksida seng (*zinc oxide*) selama penyimpanan di ruangan yang lembab, juga tidak harus menjadikan produk tersebut ditolak, asalkan ketebalan minimumnya terpenuhi.



CATATAN 2 Penetapan suatu definisi tentang penampilan adalah relatif, apabila telah mencakup semua persyaratan.

Sisa flux, gumpalan dan abu seng (*zinc ash*) tidak diizinkan, karena dapat mempengaruhi ketahanan karat dari produk tersebut. Produk yang gagal dalam inspeksi visual ini, harus digalvanis ulang. Ketika ada persyaratan khusus (misalnya, ketika lapisan galvanis harus dicat), sebuah contoh uji harus dibuat (lihat lampiran A.2 dan lampiran C.1.4 pada SNI 07-7033-2004), jika diperlukan.

b Ketebalan

1 Umum

Lapisan yang dihasilkan oleh proses pelapisan galvanis dimaksudkan untuk melindungi produk besi dan baja terhadap korosi (lihat lampiran C). Jangka waktu perlindungan korosi oleh lapisan tersebut (baik itu abu-abu terang maupun abu-abu gelap) adalah proporsional terhadap ketebalan lapisan. Untuk di lingkungan yang sangat agresif atau dibutuhkan ketahanan jangka waktu lama, diperbolehkan lapisan yang lebih tebal dari yang telah ditetapkan pada Tabel 2.25 dan Tabel 2.26

**Tabel 2.25 - Ketebalan minimum lapisan pada contoh yang tidak disentrifugal**

Benda kerja dan ketebalannya	Ketebalan lapisan lokal (minimum) <sup>1</sup>	Ketebalan lapisan rata-rata (minimum) <sup>2</sup>
	µm	µm
Baja ≥ 6 mm	70	85
Baja ≥ 3 mm sampai < 6 mm	55	70
Baja ≥ 1,5 mm sampai < 3 mm	45	55
Baja < 1,5 mm	35	45
Coran ≥ 6 mm	70	80
Coran < 6 mm	60	70

<sup>1</sup> Lihat butir 3.8  
<sup>2</sup> Lihat butir 3.9

CATATAN 2 Tabel 2.23 adalah untuk pemakaian yang umum; standar dari produk yang individual bisa pula mencakup persyaratan yang berbeda termasuk kategori ketebalan yang berbeda. Suatu persyaratan untuk lapisan yang lebih tebal atau persyaratan tambahan lainnya dapat pula ditambahkan tanpa mempengaruhi konformitas pada standar ini.

Ketebalan lapisan lokal pada Tabel 2.24 hanya ditentukan berkaitan dengan lokasi acuan yang dipilih.

**Tabel 2.26 - Ketebalan minimum lapisan pada contoh uji yang disentrifugal**

Benda kerja dan ketebalannya	Ketebalan lapisan lokal (minimum) <sup>1</sup>	Ketebalan lapisan rata-rata (minimum) <sup>2</sup>
	µm	µm
Benda kerja berulir : ≥ 20 mm diameter ≥ 6 mm sampai < 20 mm diameter < 6 mm diameter	45	55
	35	45
	20	25
Benda kerja lain (termasuk coran): ≥ 3 mm < 3 mm	45	55
	35	45

<sup>1</sup> Lihat butir 3.8.  
<sup>2</sup> Lihat butir 3.9.

CATATAN 3 Tabel 2.24 adalah untuk pemakaian secara umum; standar lapisan pengencang (fastener coating standards) dan produk individual diperbolehkan mempunyai persyaratan yang berbeda; lihat juga lampiran A.2,g pada SNI 07-7033-2004)

Ketebalan lapisan lokal dalam Tabel 2.24 hanya akan ditentukan berkaitan dengan lokasi acuan yang dipilih.

## 2 Cara Uji

Pengujian dilakukan dengan metode magnetis atau *gravimetris*.

Alternatif metode pengujian lainnya yang bisa dilakukan adalah metode elektromagnetik atau mikroskopis yang sesuai dengan EN ISO 1460, dan berat jenis lapisan 7.2 g/cm<sup>2</sup>.

Pengujian dengan metode magnetis sesuai dengan EN ISO 2178, paling tepat dan cocok digunakan pada saat bekerja dan untuk kontrol mutu secara rutin. Karena lokasi yang diukur dengan metode ini sangat kecil, maka pengukuran tunggal dapat lebih rendah nilainya bila dibandingkan dengan ketebalan lapisan lokal dan ketebalan rata-rata lapisan. Apabila sejumlah pengukuran telah cukup dilakukan di dalam lokasi acuan, maka ketebalan lokal dapat secara efektif diukur dengan menggunakan uji magnetis atau dengan uji *gravimetris*.

## 3 Lokasi Acuan

Jumlah dan posisi lokasi acuan serta ukurannya untuk uji magnetis atau uji gravimetris harus dipilih berdasarkan bentuk dan ukuran benda kerja, agar dapat diperoleh suatu hasil yang terwakili. Untuk produk yang panjang bentuknya, lokasi acuan harus dipilih 100 mm dari masing-masing ujungnya dan pada sekitar titik tengahnya. Jumlah lokasi acuan, yang tergantung pada acuan dari individu benda kerja dalam contoh uji, sebagai berikut:

- a). Untuk benda kerja dengan luas permukaan signifikan lebih dari 2 m<sup>2</sup>, paling tidak 3 lokasi acuan harus diambil dalam contoh uji. Pada masing-masing benda kerja (diambil secara terpisah) dalam contoh uji, ketebalan lapisan rata-rata didalam lokasi acuan harus sama atau lebih besar dari nilai ketebalan yang diberikan.
- b). Untuk benda kerja dengan luas permukaan signifikan lebih dari 10.000 mm<sup>2</sup> dan sampai dengan 2 m<sup>2</sup> (inklusif), pada masing-masing benda kerja dalam contoh uji, harus ada paling tidak satu lokasi acuan.
- c). Untuk benda kerja dengan luas permukaan signifikan antara 1.000 mm<sup>2</sup> dan 10.000 mm<sup>2</sup> (inklusif), pada masing-masing benda kerja dalam contoh uji, harus ada satu lokasi acuan.
- d). Untuk benda kerja dengan luas permukaan signifikan kurang dari 1.000 mm<sup>2</sup>, beberapa benda kerja harus dikelompokkan untuk memberikan paling tidak permukaan seluas 1.000 mm<sup>2</sup> untuk satu lokasi acuan. Jumlah lokasi acuan harus seperti yang diberikan. Dengan demikian, jumlah total benda kerja yang diuji sama dengan jumlah benda kerja yang diperlukan untuk memberikan suatu lokasi referensi dikalikan dengan jumlah yang sesuai yang dikaitkan dengan ukuran lot.

### c Perbaikan

Luas total lokasi tak-terlapisi untuk diperbaiki oleh pabrik galvanis tidak boleh melebihi 0,5% dari luas total permukaan komponen. Masing-masing lokasi tak-terlapisi untuk perbaikan tidak boleh melebihi 10 cm<sup>2</sup>. Jika lokasi tak-terlapisi lebih besar, benda kerja pada lokasi semacam ini harus digalvanis ulang, kecuali apabila ada kesepakatan antara pihak pabrik galvanis dan pihak pemakai.

Perbaikan harus dengan *zinc thermal spraying* sesuai dengan EN 22063, atau dengan cat *zinc-rich* yang cukup sesuai dengan batas-batas pemakaiannya. Pemakaian batangan *zincalloy* (lampiran C.5 pada SNI 07-7033-2004) juga dimungkinkan. Pihak pemakai harus diberitahu oleh pihak pabrik galvanis tentang metode perbaikan.

Ketebalan lapisan pada lokasi perbaikan minimum harus 30 µm lebih besar dari ketebalan lapisan lokal yang dipersyaratkan untuk galvanisasi yang relevan, kecuali jika pihak pemakai meminta yang sebaliknya kepada pihak pabrik galvanis, contohnya jika permukaan galvanis harus dilapisi lagi dan ketebalan untuk lokasi perbaikan harus sama sebagaimana dengan lapisan galvanis. Lapisan pada lokasi perbaikan harus mampu memberikan perlindungan kepada baja yang dilapisinya.

#### d Kerekatan

Saat ini tidak ada SNI yang dapat diterapkan pada pengujian kerekatan lapisan galvanis pada benda kerja fabrikasi besi dan baja. Lihat juga lampiran C.6 pada SNI 07-7033-2004.

Kerekatan antara seng dan logam dasar pada umumnya tidak memerlukan untuk diuji, karena ikatan yang kuat adalah karakteristik dari proses galvanis dan lapisan semestinya mampu untuk bertahan (tanpa mengelupas) selama penanganan dan pemakaian benda kerja secara normal. Pada umumnya, lapisan yang lebih tebal memerlukan penanganan yang lebih hati-hati dari pada lapisan yang lebih tipis. Pembengkokan dan proses perubahan bentuk setelah galvanisasi tidak dianggap sebagai penanganan yang normal.

Apabila diperlukan untuk uji kerekatan, misalnya dalam kasus benda kerja yang harus berfungsi pada kondisi tekanan mekanik yang tinggi, pengujian harus dilakukan pada permukaan yang memang kerekatan itu dipentingkan.

Uji gores silang (*cross-hatch test*) akan memberikan beberapa petunjuk pada sifat mekanis lapisan. Pada umumnya, penerapan uji ini tidak begitu diperlukan. Uji gesek dan uji potong mungkin dapat pula dikembangkan untuk lapisan galvanis dan hal ini akan dipertimbangkan lebih jauh sebagai dokumen tersendiri.

### 2.3.2.5 Sertifikat

Pihak pabrik galvanis dapat mengeluarkan sertifikat kepada pihak pemakai, yang memberikan tanda bahwa telah dipenuhinya persyaratan sesuai dengan standar ini.

## 2.3.3 Pengelasan Elemen Baja Struktur Jembatan

### 2.3.3.1 Umum

Pengelasan adalah pekerjaan untuk penyambungan dua atau lebih elemen struktur jembatan baja untuk meneruskan beban yang harus dipikul. Secara umum, pengelasan elemen baja struktur Jembatan untuk rehabilitasi adalah untuk memperbaiki kondisi elemen

baja yang mengalami kerusakan seperti sobek atau untuk menyambungkan bagian dari elemen struktur baja.

Pekerjaan pengelasan dalam spesifikasi ini tidak termasuk pengelasan elemen yang berada di bawah air.

Terdapat 4 jenis pengelasan:

- a SMAW : *Shielded Metal Arc Welding* (pengelasan dengan mencairkan material dasar yang menggunakan panas dari listrik antara penutup metal (elektroda)).
- b SAW : *Submerged Arc Welding* (pengelasan busur listrik dengan memanaskan serta mencairkan benda kerja dan elektroda oleh busur listrik yang terletak diantara logam induk dan elektroda. Arus dan busur lelehan metal diselimuti (ditimbun) dengan butiran flux di atas daerah yang dilas.)
- c GMAW : *Gas Metal Arc Welding* (pengelasan logam sejenis dengan menggunakan bahan tambahan berupa kawat gulungan dan gas pelindung dengan melalui proses pencairan)
- d FCAW : *Flux Cored Arc Welding* (las listrik yang memasok filler elektroda secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk. Gas pelindungnya juga sama-sama menggunakan karbon dioksida CO<sub>2</sub>).

### 2.3.3.2 Bahan

- a Bahan dasar pelat yang digunakan dalam pengelasan memiliki pilihan kriteria sebagai berikut:
  - 1 Mutu baja yang sesuai dengan elemen struktur baja yang akan disambung sesuai dengan Dokumen Perancangan.
  - 2 Mutu baja yang berbeda dengan elemen struktur baja yang akan disambung tetapi masih dalam satu *Grade* atau Kelas dapat dilihat pada Tabel 2.25 di bawah ini.
  - 3 Ketebalan dari bahan baja dasar (*base metal*) yang digunakan setidaknya harus lebih besar atau sama dengan 3 mm

**Tabel 2.27 - Persyaratan Bahan Pengelasan Sesuai dengan Spesifikasi Umum**

K E L O M P O K	Persyaratan Spesifikasi Baja				Persyaratan Logam Pengisi		
	Spesifikasi Baja		Kuat Leleh Minimum	Rentang Kuat Tarik	Proses Pengelasan	Spesifikasi Eelektroda	Klasifikasi Eelektroda
			MPa	MPa			
I	ASTM A36			400-550	SMAW	A5.1	E60XX, E70XX
	ASTM A53	A5.5	250	Min.415	SAW	A5.5	E70XX-X
	ASTM A106	Grade B	240	Min.415			
	ASTM A131	Grade A, B, CS, D, DS, E	240	400-900			
	ASTM A139	Grade B	235	Min.414			
	ASTM A381	Grade Y35	241	Min.415			
	ASTM A500	Grade A	240	Min.310			
		Grade B	228	Min.400			
	ASTM 501		290	Min.400			
	ASTM A516	Grade 55	250	380-515	GMAW	A5.18	ER705-X, E70C-XC E70C-XM (tidak termasuk
	Grade 60	205	415-550				
	ASTM A524	Grade I	220	415-586			

	ASTM A529 ASTM A570	Grade II Grade 30 Grade 33 Grade 36 Grade 40 Grade 45	240 205 290 205 230 250	380-550 415-585 340 min 360 min 365 min 380 min	FCAW	A5.28 A5.20	elektroda dengan akhiran GS) ER70S-XXX, E70C-XXX E6XT-X, E6XT-XM E7XT-X, E7XT-XM (tidak termasuk elektroda dengan akhiran -2, -2M, -3, -10, -13, -14X, dan -GS)		
	ASTM A573 ASTM A709	Grade 65 Grade 58 Grade 36	310 240 220 250	450-530 400-490 400-550		A5.29	E6XTX-X, E6XT-XM, E7XTX-X, E7XTX-XM		
II	ASTM A131	Grade AH32,DH32, EH32 Grade AH36,DH36, EH36	315 350	470-585 490-620	SMAW	A5.1	E7015, E7016, E7018, E7028		
	ASTM A441 ASTM A516	Grade 65 Grade 70	275-345 240 260	415-485 450-585 485-620		A5.5	E7015-X, E7016-X, E7018-X		
	ASTM 537 ASTM A570	Kelas 1 Grade 50 Grade 55	310-345 345 380	450-620 450 480	SAW	A5.17 A5.23	F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX		
	ASTM A572 ASTM A572 ASTM A585 ASTM A595	Grade 42 Grade 50 (100 mm & di bawahnya) Grade A Grade B dan C	290 345 345 380 415	Min.415 Min.450 Min.485 Min.450 Min.480	GMAW	A5.18	ER705-X, E70C-XC E70C-XM (tidak termasuk elektroda dengan akhiran -GS)		
	ASTM A606 ASTM A607	Grade 45 Grade 50 Grade 55	310-340 310 345 380	Min.410 Min.450 Min.480		A5.28	ER70S-XXX, E70C-XXX		
	ASTM A618 ASTM A633	Grade Ib, II, III Grade A Grade C, D (65 mm & di bawahnya)	315-345 290 345	Min.450 430-570 485-620	FCAW	A5.20	E7XT-X, E7XT-XM (tidak termasuk elektroda dengan akhiran -2, -2M, -3, -10, -13, -14X, dan -GS)		
	ASTM A709	Grade 50 Grade 50W	345 345	Min.450 Min.485		A5.29	E7XTX-X, E7XTX-XM		
	ASTM A710 ASTM A808 ASTM A913 ASTM A992	Grade A, Kelas 2 > 50 mm (65 mm & di bawahnya) Grade 50	380 290 345 345-450	Min.450 Min.415 Min.450 450					
	III	ASTM A572	Grade 60 Grade 65	415 450	Min.515 Min.550	SMAW	A5.5	E8015-X, E8016-X, E8018-X	
		ASTM A637 ASTM A633 ASTM A710 ASTM A710 ASTM A913	Kelas 25 Grade E Grade A, Kelas 2 ≤ 50 mm Grade A, Kelas 3 > 50 mm Grade 60 Grade 65	315-415 380-415 415-450 425-450 415 450	550-690 515-690 Min.495 Min.485 Min.520 Min.550	SAW GMAW FCAW	A5.23 A5.28 A5.29	F8XX-EXXX-XX, F8XX-ECXXX-XX ER805-XXX, E80C-XC E8XT-X, E8XT-XM	
		IV	ASTM A709 ASTM A852	Grade 70W	485	620-760	SMAW	A5.5	E9015-X, E9016-X, E9018-X, E9018-M
					485	620-760	SAW	A5.23	F9XX-EXXX-XX, F9XX-ECXXX-XX
							GMAW	A5.28	ER905-XXX, E90C-XXX
						FCAW	A5.29	E8XT-X, E8XT-XM	

b Bahan elektroda yang sudah dibuka dan terbuka pada atmosfer bisa digunakan kembali dengan 2 kondisi seperti berikut:

- 1 Jika elektroda sudah terpapar udara untuk rentang waktu tertentu maka harus dilakukan pengeringan kembali.
- 2 Jika elektroda sudah terpapar udara untuk rentang waktu tertentu perlu dilakukan pengujian sebelum digunakan kembali.
- 3 Waktu izin yang ditentukan untuk elektroda yang terpapar udara ditentukan pada Tabel 2.28

**Tabel 2.28 - Waktu Izin Elektroda Terekpsos Udara**

Elektroda	A (jam)	B (jam)
A5.1		
E70XX	Maks. 4	4 sampai 10
E70XXR	Maks. 9	
E70XXHZR	Maks. 9	
E7018M	Maks. 9	
A5.5		
E70XX-X	Maks. 4	4 sampai maks. 10
E80XX-X	Maks. 2	2 sampai maks. 10
E90XX-X	Maks. 1	1 sampai maks. 5
E100XX-X	Maks. ½	½ sampai maks. 4
E110XX-X	Maks. ½	½ sampai maks. 4
Catatan :		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A: Elektroda yang terekpos atmosfer untuk waktu yang lebih lama dari yang ditunjukkan harus dikeringkan sebelum digunakan</li> <li>2. B: Elektroda yang terekpos atmosfer untuk waktu yang lebih lama daripada yang ditetapkan dengan pengujian harus dikeringkan sebelum digunakan</li> <li>3. Seluruh tabel: Elektroda harus dikeluarkan dan disimpan dalam kantong, atau wadah terbuka kecil lainnya. Tempat yang dipanaskan tidak wajib</li> <li>4. Penunjuk spasio opsional, R, menunjukkan elektroda rendah-hidrogen yang telah diuji meliputi kadar air setelah terekpos lingkungan lembab selama 9 jam dan telah memenuhi tingkat maksimum yang diizinkan dalam AWS A5.1-91.</li> </ol>		

- c Semua *base metal* yang digunakan dalam pengelasan harus memiliki suhu “*preheat and interpass*” cukup untuk mencegah terjadinya retak.

**Tabel 2.29 - Suhu *Preheat* dan *Interpass***

K A T A G O	Spesifikasi Baja	Proses Pengelasan	<i>Thickness of Thickest Past at Point of Welding</i>	<i>Minimum Suhu Preheat dan Interpass</i>
			mm	°C

<b>R</b>	<b>I</b>						
A	ASTM A36			3 - 20	0		
	ASTM A53	Grade B	<i>Shielded metal arc welding with other than low-hydrogen in electrodes</i>				
	ASTM A106	Grade B					
	ASTM A131	Grade A , B, CS, D, DS, E					
	ASTM A139	Grade B				>20 - 38	65
	ASTM A381	Grade Y35					
	ASTM A500	Grade A Grade B					
	ASTM A501						
	ASTM A516					>38 - 65	110
	ASTM A524	Grade I & II					
	ASTM A529						
	ASTM A570	Semua Grade					
	ASTM A573	Grade 65					
ASTM A709	Grade 36	>65				150	
B	ASTM A36			3 - 20	0		
	ASTM A53	Grade B	<i>Shielded metal arc welding with low-hydrogen electrodes, submerged arc welding, gas metal arc welding, flux cored arc welding</i>				
	ASTM A106	Grade B					
	ASTM A131	Grade A, B, CS, D, DS, E					
		AH32 & 36					
		DH 32 & 36					
		EH 32 & 36					
	ASTM A139	Grade B				>20 - 38	65
	ASTM A381	Grade Y35					
	ASTM A441						
	ASTM A500	Grade A Grade B					
	ASTM A501						
	ASTM A516	Grade 55 & 60 65 & 70					
	ASTM A524	Grade I & II				>38 - 65	110
	ASTM A529						
	ASTM A537	Kelas 1 & 2					
	ASTM A570	Semua Grade					
	ASTM A572	Grade 42, 50					
	ASTM A573	Grade 65					
	ASTM A588						
ASTM A595	Grade A, B, C						
ASTM A606		>65	150				
ASTM A607	Grade 45, 50, 55						
ASTM A618	Grade Ib, II, III						
ASTM A633	Grade A, B Grade C, D						
ASTM A709	Grade 6,50,50W						
ASTM A710	Grade A, Kelas 2 (50 mm)						
ASTM A808							
ASTM A913	Grade 50						
ASTM A992							
C	ASTM A572	Grade 60, 65		3 - 20	10		
	ASTM A633	Grade E	<i>Shielded metal arc welding with low-hydrogen electrodes, submerged arc welding, gas metal arc welding, flux cored arc welding</i>				
	ASTM A913	Grade 60, 65				>20 - 38	65
	ASTM A710	Grade A, Kelas 2 (≤ 50 mm)				>38 - 65	110
	ASTM A710	Grade A, Kelas 2 (> 50 mm)				>65	150
	ASTM A709	Grade 70W					
ASTM A852							
D	ASTM A 710	Grade A (Semua kelas)	<i>SMAW, SAW, GMAW, and FCAW with electrodes or electrodes-flux combinations</i>	Semua ketebalan ≥ 3 mm	0		

	ASTM A913	Grade 50, 60, 65	<i>capable of depositing weld metal with a maximum diffusible hydrogen content of 8 ml/100 g (H8), when tested according to ANSI/AWS A4.3</i>		
--	-----------	------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

#### d Peralatan

- 1 Alat pengelasan dengan pengatur voltage
- 2 Oven/tempat pengering elektroda
- 3 Genset
- 4 Gurinda
- 5 Pengukur suhu
- 6 Klem dan alat bantu untuk menyatukan elemen
- 7 Sikat kawat sebagai pembersih permukaan
- 8 Alat pelindung diri (APD)

## 2.4 KAYU

### 2.4.1 Umum

Pembahasan material kayu pada bab ini adalah jenis kayu yang digunakan untuk struktur jembatan kayu, termasuk untuk pondasi, pilar, kepala tiang, dan lantai jembatan. Pekerjaan yang diatur dalam seksi ini meliputi pekerjaan pembangunan jembatan kayu, perbaikan dan pengawetan ulang jembatan kayu termasuk penyediaan semua bahan-bahan, tenaga kerja dan peralatan untuk pengaturan lapangan dan pemancangan tiang, pemasangan balok, lantai, pemasangan gelagar serta semua pekerjaan yang berkaitan penyelesaian jembatan kayu sesuai dengan garis elevasi ketinggian dan dimensi, sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar Desain dan sebagaimana disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan kayu yang digunakan dalam konstruksi ini harus didapatkan dari sumber yang legal yang dibuktikan dengan dokumen terkait.

Pekerjaan ini juga harus mencakup penyiapan tempat kerja dimana pekerjaan struktur kayu akan ditempatkan, termasuk pembongkaran dari setiap struktur jembatan lama yang harus dibongkar. Pekerjaan ini berkaitan dengan ketentuan pekerjaan galian, beton, pasangan batu dan bronjong.

### 2.4.2 Persyaratan Material Kayu

Semua kayu yang digunakan untuk pekerjaan jembatan kayu harus sesuai dengan SNI 7973-2013, dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Kayu harus mempunyai kelas kuat I (setara E12) atau mempunyai minimal kelas kuat II (setara E10) dan berat jenis minimal 0,7 ton/m<sup>3</sup>



atau sebagaimana yang disyaratkan dalam Gambar Desain dengan perlindungan - perlindungan terhadap rayap dan pelapukan. Kayu yang digunakan pada lokasi permanen yang terbuka harus dilakukan pengawetan yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Untuk konstruksi sementara, kayu yang tidak memenuhi spesifikasi boleh digunakan dengan persetujuan Pengawas Pekerjaan.

Tingkat kelurusan bahan kayu diukur dari ujung ke ujung diberikan toleransi 1/300 dari panjang efektif kayu. Material pendukung mencakup pelat baja pengaku, baut sambungan, paku, klem serta bahan-bahan lain yang diperlukan dalam pekerjaan struktur kayu. Mutu bahan yang digunakan sebagai pendukung harus sesuai dengan persyaratan dalam Gambar Rencana atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

### **2.4.3 Toleransi Material Kayu**

#### **a Paku**

Paku diproduksi dalam beberapa ukuran, bentuk dan bahan. Biasanya ukuran diameternya berkisar antara 2,75 sampai 8 mm, dan panjangnya antara 40 sampai 200 mm. Sambungan paku harus dipasang tegak lurus terhadap bidang permukaan kayu kecuali disyaratkan lain

#### **b Pelat Baja (Punch Metal Plate)**

Pelat baja merupakan salah satu bagian joint/sambungan diantara bidang elemen batang kayu. Pelat baja yang diproduksi dengan digalvanis dengan ukuran antara 0,9 sampai 2,5 mm, pemasangannya membutuhkan peralatan khusus dari pabrik. Untuk struktur truss kayu minimal ketebalan pelat baja harus tidak kurang dari 35 mm.

#### **c Baut**

Biasanya kepalanya berbentuk nut/bulat, segi empat atau segi delapan. Diameternya berukuran antara 12 sampai 30 mm. Untuk memudahkan pemasangan, besarnya lubang kayu tempat baut, diperbolehkan toleransinya melebihi diameter baut sebesar 1 mm.

#### **d Skrup**

Skrup yang digunakan biasanya berdiameter antara 6 sampai 20 mm, dengan panjang antara 25 sampai 300 mm.

#### **e Pasak**

Diameter minimum pasak sebesar 6 mm.

#### **f Dimensi Kayu**

Toleransi dimensi untuk papan kayu padat yang dibentuk dengan gergaji harus  $\pm 5$  mm terhadap lebar,  $\pm 3$  mm tebal penampang melintang papan, dan  $\pm 10$  mm terhadap panjang papan. Toleransi papan kayu ini harus dalam kondisi dimana kayu padat dalam kondisi kadar air tidak lebih dari 15% pada saat pelaksanaan konstruksi.

Toleransi dimensi untuk balok kayu padat yang dibentuk dengan gergaji harus  $\pm 5$  mm terhadap lebar dan tebal penampang melintang balok, dan  $\pm 20$  mm terhadap panjang balok. Toleransi balok kayu ini harus dalam kondisi dimana kayu padat dalam kondisi kadar air tidak lebih dari 15% pada saat pelaksanaan konstruksi.

Toleransi dimensi untuk kayu gelondongan  $\pm 5$  mm terhadap diameter dan  $\pm 20$  mm terhadap panjang. Toleransi kayu gelondongan ini harus dalam kondisi dimana kayu padat dalam kondisi kadar air tidak lebih dari 15% pada saat pelaksanaan konstruksi.

- g Untuk dimensi kayu yang lebih lebar/lebih tebal/lebih panjang daripada ukuran desainnya namun masih dalam toleransi dimensi seperti yang disebutkan pada butir F diperhitungkan volume pembayarannya sesuai ukuran desain.
- h Dimensi lebar, tebal, dan panjang kayu merupakan dimensi rata-rata, dimana lebar dan tebal diambil dari rata-rata penampang tegak lurus sumbu arah memanjangnya diukur setiap 2 m panjang terhitung, dan panjang diambil dari panjang rata-rata dari keempat sisi kayu.
- i Pada sudut-sudut sisi kayu arah memanjang tidak diperkenankan ada cacat kayu wanvlak, serta tidak diperkenankan adanya cacat retak-retak disetiap sisi kayu.

#### **2.4.4 Pelaksanaan Material Kayu**

##### **a Penyimpanan Material Kayu**

Kayu yang dikirim ke lokasi pekerjaan harus ditumpuk dan diatur pada tempat tertentu dan tidak diperbolehkan menyentuh tanah secara langsung sepanjang waktu penyimpanan. Kayu bulat hams disusun dengan cara sedemikian sehingga setiap batang kayu bebas terhadap batang yang berdekatan dengan jarak tidak kurang dari 7 cm.

Kayu gergajian harus disusun serupa dengan kayu bulat diatur tegak lurus pada lapis di bawahnya atau dipisahkan dengan tumpukan untuk mencegah perubahan bentuk kayu. Kayu pada setiap lapis dipisahkan dari kayu-kayu yang berdampingan dengan jarak horizontal paling sedikit 2 cm. Semua kayu yang ditumpuk di tempat pekerjaan harus dilindungi dengan baik.

##### **b Pemasokan Material Kayu**

Pemasokan kayu gergajian dan atau gelondongan tidak boleh diberikan dalam bentuk lainnya sebelum dilakukan uji mutu atau atas instruksi Pengawas Pekerjaan.

##### **c Pelaksanaan**

Kayu gelondongan tidak boleh diberikan bentuk lainnya, dalam hal tidak ada instruksi yang diberikan atau ditentukan mengenai banyaknya pemotongan, serutan atau sambungan-sambungan, maka masalah tersebut harus dikemukakan pada Pengawas Pekerjaan untuk penentuannya. Semua sambungan harus dibuat dengan rapi agar diperoleh sambungan yang tepat tanpa menggunakan pasak atau pengikat, kecuali diisyaratkan lain atau ditunjukkan pada Gambar Desain, maka sepotong kayu tidak boleh ada sambungan, ujung-ujungnya harus dipotong tegak dan bidang kontak harus berhubungan dengan baik. Dalam hal pemotongan, pengetaman, penyambungan tidak tertera atau tidak disyaratkan, maka perlu diusulkan kepada Pengawas Pekerjaan untuk menentukannya.

Pondasi tiang yang terbuat dari kayu yang akan digunakan dalam pembangunan jembatan kayu yaitu konstruksi tiang pancang kayu terbuat dari kayu keras kelas I, ukuran tiang pancang yang dapat dipakai adalah sebagai berikut:

Ukuran kayu persegi: 15 x 15 cm sampai dengan 30 x 30 cm

Ukuran kayu gelondongan/bulat: diameter 20 cm sampai dengan 35 cm

Atau dimensi lain yang ditetapkan dalam Gambar Rencana.

Kedalaman pemancangan sampai lapisan keras atau sesuai dengan petunjuk Pengawas Pekerjaan. Pemancangan dimulai dari bagian tepi dan dilanjutkan ke tiang bagian tengah. Pada setiap deret selesai dilakukan langsung dipasang balok melintang di ujungnya yang akan berfungsi sebagai landasan gelagar memanjang. Balok dengan penampang bujur sangkar/persegi panjang harus dipasang sedemikian sehingga galih/inti kayu semua balok persegi/bujur sangkar harus ditempatkan menghadap ke bawah.

Semua tebal lantai jembatan kayu yang tidak rata harus diratakan sampai seluruhnya rata (*level*) sepanjang sisi kiri dan kanan jembatan kayu sehingga pemasangan yang kokoh dapat dicapai untuk masing-masing balok. Tepi atas gelagar yang bulat harus dibuat rata untuk mendapatkan suatu permukaan bidang kontak yang datar paling sedikit 15 cm pada lantai papan atau gelagar melintang.

Permukaan papan lantai di mana akan diletakkan *kerb* harus diratakan sehingga benar-benar rata untuk sepanjang kiri dan kanan jembatan, sehingga terdapat perletakan yang kokoh untuk setiap balok *kerb*. Pada saat perakitan, struktur kayu tidak boleh mengalami *overstress* (tegangan berlebih) pada elemen struktur dan sambungan.

#### d Sambungan Kayu

Semua sambungan harus dilaksanakan dengan rapi agar diperoleh sambungan yang cocok tanpa menggunakan pasak atau pengikat, kecuali disyaratkan lain atau tertera pada Gambar Rencana. Bagian kayu struktur tidak boleh disambung untuk seluruh panjangnya, ujung-ujung balok kayu harus dipotong tegak dan untuk bidang kontak harus saling berhubungan dengan baik.

Semua lubang untuk baut dan sambungan-sambungan lain harus dibor dengan teliti. Semua lubang pen-besi dan sambungan-sambungan kayu harus dibentuk dengan tepat dan rapat. Lubang-lubang untuk baut harus dilubangi dengan mata bor yang diameternya 1,5 mm lebih besar dari diameter baut yang akan digunakan, kecuali lubang-lubang untuk baut pada lantai jembatan yang harus memiliki diameter yang sama dengan baut-baut yang akan digunakan.

Lubang-lubang untuk paku jembatan yang berbentuk bujur sangkar harus mempunyai diameter yang ukurannya sama dengan tebal tangkai paku. Dalam hal Gambar Rencana menunjukkan penggunaan alur, maka baut harus ditempatkan sedemikian sehingga alur dapat bergerak mengikuti arah susutnya kayu. Semua baut, paku, plat, cincin-penutup baut dan pekerjaan besi lainnya harus terbuat dari baja lunak. Semua pekerjaan besi sebelum digunakan harus dibersihkan dengan disapu dan dicelupkan ke minyak tanah setelah itu diberi lapisan bahan anti karat (meni besi).

Baut dan mur harus memiliki kepala yang bentuknya baik, segi enam atau bentuk lainnya. Baut memiliki ulir dengan ukuran standar, di mana panjang ulir harus paling sedikit 4 kali diameter bautnya. Semua mur harus cocok betul dengan baut tanpa toleransi. Panjang baut seperti yang ditunjukkan dalam Gambar Rencana hanya menunjukkan panjang yang diperkirakan dan Penyedia Jasa harus menyediakan

baut dengan panjang dan dimensi yang tepat sesuai dengan kebutuhan. Ujung-ujung baut tidak boleh lebih dari setengah diameter yang tertanam melampaui mur.

Cincin penutup (ring) harus digunakan untuk semua mur dan baut. Jika baut perlu ditempatkan dalam lubang yang bulat atau bujur sangkar, baut harus dilengkapi dengan cincin penutup/ semua lekuk kepala baut yang terbenam harus diisi dengan campuran aspal-pasir untuk mencegah masuknya air. Ukuran cincin penutup baut harus sesuai dengan Tabel 2.30.

**Tabel 2.30 - Ukuran cincin penutup baut**

Diameter baut ( <i>inch</i> )	Tebal ring ( <i>inch</i> )	Diameter ring ( <i>inch</i> )	
		Luar	Lubang
1/2	1/8	1 1/2	9/16
5/8	3/16	2	11/16
3/4	3/16	2 1/2	13/16
7/8	1/4	3	1
1	1/4	3 1/2	1 1/8
1 1/2	5/16	4	1 3/8
Catatan :	Pemasangan ganjalan kayu di bawah baut atau mur tidak diizinkan		

Semua ujung-ujung penampang kayu jembatan harus dilapisi dengan *petroleum jelly*. Setiap pekerjaan penyelesaian pada sambungan kayu harus diberi perlindungan pada kedua ujung sambungan dengan minyak *creosote*.

e Pekerjaan Perbaikan dan Penggantian Struktur Kayu

Perbaikan jembatan kayu yang ada harus dilaksanakan sesuai dengan persyaratan. Semua komponen kayu yang rusak termasuk baut, ring dan pengikat, komponen lainnya harus diganti sehingga sesuai dengan Gambar Rencana. Permukaan yang ada yang akan dirawat harus dibersihkan seluruhnya dengan membuang semua debu dan benda-benda lepas serta benda asing lainnya. Semua belahan-belahan dan lubang-lubang yang menahan air harus disumbat dengan sumbat *creosote* (potongan-potongan kayu yang direndam dalam minyak *creosote*). Banyaknya pekerjaan penyumbatan yang diperlukan pada setiap lokasi yang diberikan akan berbeda-beda, Semua permukaan kayu (kecuali permukaan atas lantai jembatan) harus disikat dan dilapisi dengan dua kali pemberian minyak *creosote* panas.

Pelaksanaan perbaikan atau penggantian struktur kayu harus mempertimbangkan keseimbangan struktur akibat hilangnya sementara struktur yang akan diganti. Apabila perbaikan atau penggantian struktur memerlukan perancah, maka Penyedia Jasa harus melaksanakan penggunaan perancah sebagai penopang yang dilengkapi dengan perhitungan kekuatan dan kestabilannya.

Setelah selesai pekerjaan perbaikan dan/atau penggantian struktur tersebut, maka struktur harus diberi lapisan pelindung sesuai dengan kondisinya serta lokasi dimana struktur tersebut berada.

## 2.4.5 Pengendalian Mutu Material Kayu

### a Penerimaan Bahan

Bahan yang diterima harus diperiksa oleh pengawas penerimaan bahan dengan mengecek/memeriksa bukti tertulis yang menunjukkan bahwa bahan-bahan yang telah diterima harus sesuai dengan ketentuan persyaratan bahan.

### b Jaminan Mutu

Mutu bahan yang dipasok dan cara kerja, proses serta hasil akhir harus dipantau dan dikendalikan seperti yang disyaratkan.

### c Perlindungan Terhadap Pasang Surut

Tiang-tiang/Pilar pada daerah pasang surut harus dilindungi seperti yang ditunjukkan pada Gambar Rencana, terhadap organisme laut serta suatu pembungkus logam atau menggunakan bahan pencegah lain. Perlindungan tersebut adalah diperlukan untuk paling sedikit 30 cm di bawah muka air terendah, dan 30 cm di atas muka air tertinggi atau pada muka air rendah sebagai akibat penggerusan pasang surut.

### d Perlindungan dengan *Petroleum Jelly*

Semua ujung-ujung penampang kayu jembatan harus dilapisi dengan petroleum jelly yang dipanaskan atau bahan-bahan lain yang telah diperiksa dan mendapatkan persetujuan Pengawas Pekerjaan.

Kecuali pada bagian-bagian yang memerlukan pengecatan, pelapisan dengan tir atau pengawetan dengan *petroleum jelly*, maka semua permukaan kayu harus diberi 2 lapis *creosote* sebelum pemasangan pada posisinya.

### e Perlindungan dengan Minyak Pengawet Kayu

Setiap pekerjaan penyelesaian pada sambungan kayu harus diberi perlindungan pada kedua ujung sambungan dengan minyak *creosote*. Semua bagian yang ditutup dengan minyak *creosote* harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan pengecatan dan masing-masing bagian tidak boleh diminyaki selama atau segera sesudah hujan dan selama permukaan kayu masih lembab/basah. Setiap pemakaian minyak *creosote* pada bagian yang sama harus diberi selang waktu paling lama 48 jam atau telah tercapai kering permukaan.

Semua lubang baut yang dibor sesudah pengawetan harus diawetkan dengan minyak *creosote* dengan menggunakan alat penyernprot lubang bor. Setiap lubang yang belum terisi, sesudah diberi minyak *creosote* harus disumbat dengan sumbat *creosote*.

### f Perlindungan dengan Ter

Permukaan atas papan lantai kendaraan jembatan harus diberi lapisan ter kemudian diberi satu lapisan aspal cair, diberikan dalam keadaan panas, dan kemudian ditaburi dengan lapisan tipis pasir kasar yang bersih. Permukaan batang-batang yang akan ditutup dengan lapisan logam dan juga bagian dalam penutup logam itu, harus diberi ter sebelum dipasang seperti disyaratkan. Semua pemberian ter harus diselesaikan sebelum memulai pengecatan.

## 2.5 MATERIAL LAINNYA

### 2.5.1 Timbunan Tanah Biasa dan Khusus/Ringan

#### 2.5.1.1 Umum

timbunan jalan pendekat (Oprit) dapat dikategorikan menjadi dua jenis yaitu timbunan tanah (timbunan biasa, timbunan pilihan dan timbunan berbutir) dan timbunan khusus atau timbunan ringan. Apabila tanah dasar (*subgrade*) dibawah timbunan oprit merupakan tanah lunak, maka tanah dasar perlu distabilisasi atau diperkuat ataupun digali lapisan tanah lunaknya dan kemudian ditimbun kembali dengan material yang bagus. Metode stabilisasi yang umum digunakan pada tanah lunak adalah dengan mencampur lapisan tanah lunak dengan kapur ataupun semen. Sedangkan untuk perkuatan yang umum digunakan untuk menangani masalah tanah lunak adalah dengan penggunaan cerucuk dan perkuatan lainnya sesuai dengan yang disyaratkan dalam gambar rencana.

#### 2.5.1.2 Persyaratan Material Timbunan

Timbunan biasa, timbunan pilihan dan timbunan pilihan berbutir. Berikut merupakan jenis timbunan tanah berdasarkan spesifikasi umum yang berlaku:

- a Timbunan biasa adalah timbunan tanah yang sebaiknya tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut SNI-03-6797-2002 atau sebagai CH menurut USCS. Timbunan biasa tidak boleh tanah ekspansif yang memiliki nilai aktif  $>1.25$  atau nilai derajat *swelling* sebagai *very high* atau *extra high*. Serta timbunan biasa tidak boleh dari bahan galian tanah yang mengandung organik (OL, OH dan Pt) dalam system USCS dan kadar air alami yang sangat tinggi yang tidak praktis dikeringkan untuk memenuhi toleransi kadar air pada pemadatan (melampaui Kadar Air Optimum +1%).
- b Timbunan pilihan adalah timbunan tanah yang harus terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi semua ketentuan diatas untuk timbunan biasa dan sebagai tambahan harus memiliki CBR paling sedikit 10% setelah 4 hari perendaman bila dipadatkan 100%.
- c Timbunan pilihan berbutir adalah timbunan tanah berupa batu, pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya yang memiliki indeks plastisitas maksimum 10 %.

**Tabel 2.31 - Gradasi Timbunan Pilihan Berbutir**

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos
ASTM	(mm)	
4"	100	100
No.4	4,75	25 - 90
No.200	0,075	0 - 10

Pelaksanaan oprit dengan timbunan tanah adalah sebagai berikut:

- 1 Penyiapan tempat kerja seperti pembersihan lahan dari sampah dan semak-semak. Apabila daerah tanah lunak dasar fondasi timbunan harus dipadatkan seluruhnya sampai 15 cm bagian permukaan dasar fondasi memenuhi kepadatan yang disyaratkan.
- 2 Penghamparan timbunan disebar dalam lapisan yang merata yang bila dipadatkan akan memenuhi toleransi tebal lapisan yang disyaratkan. Dan harus dilakukan pada cuaca cerah atau tidak hujan.

Setelah dilakukan penghamparan dilakukan pemadatan, pemadatan pada tanah harus dilaksanakan hanya bila mana kadar air bahan berada dalam rentang 3 % dibawah kadar air optimum sampai 1% diatas kadar air optimum. Untuk pemadatan pada timbunan batu harus dilaksanakan dengan menggunakan penggilas berkisi (grid) atau pemadat bervibrasi atau alat berat lainnya yang serupa. Pemadatan harus dilaksanakan dalam arah memanjang sepanjang timbunan. Setiap lapis harus terdiri dari batu bergradasi menerus dan seluruh rongga pada permukaan harus terisi dengan pecahan batu. Ukuran batu tidak boleh > 10cm.

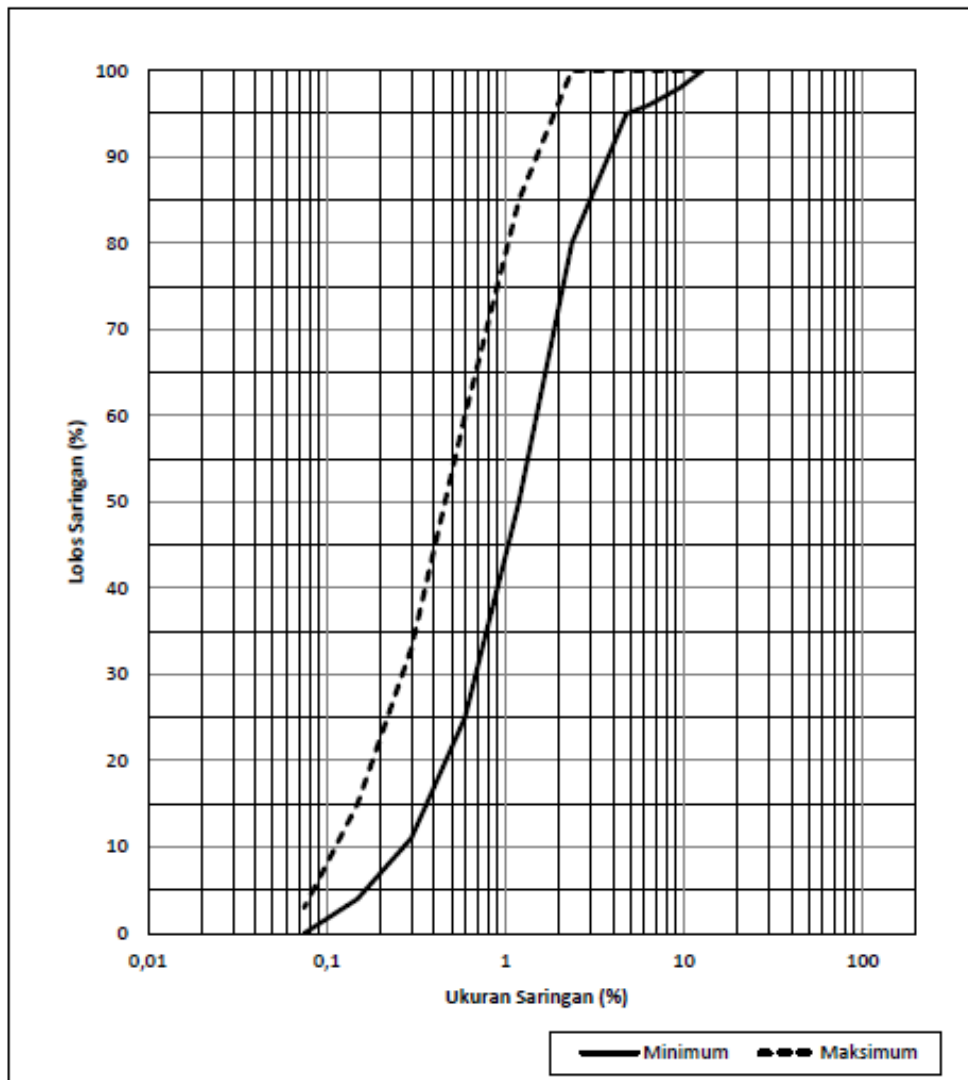
### 2.5.1.3 Timbunan Ringan

Timbunan ringan ini merupakan teknologi terbaru yang bisa diaplikasikan sebagai timbunan jalan atau fondasi jalan, yang memiliki karakteristik seperti beton namun sangat ringan. Timbunan ringan ini merupakan campuran pasir, semen, air dan busa (foam) dengan komposisi tertentu. Berikut merupakan ketentuan bahan-bahan dalam pembuatan timbunan ringan.

- a Semen yang digunakan harus sesuai SNI 15-2049-2004, SNI 15-7064-2004 dan SNI 15-0302-2004.
- b Agregat halus yaitu pasir yang digunakan harus memenuhi spesifikasi Tabel 2.30 dan Gambar 2.2. Agregat pasir tidak boleh mengandung lumpur, tanah liat dan material-material gembur/mudah hancur (*clay lumps and friable particles*) lebih dari 4% (SNI 03-6819-2002). Agregat pasir harus bebas dari arang, benda-benda dari kayu serta kotoran-kotoran lainnya yang tidak dikehendaki.

**Tabel 2.32 - Gradasi agregat pasir alam berdasarkan ukuran saringan**

No	Ukuran Saringan		% Berat Lolos Saringan	
	Inci / No	mm	Minimum	Maksimum
1	1/2"	12,	100	100
2	3/8"	9,5	98	100
3	1/4"	6,3	96	100
4	4	4,7	96	100
5	8	2,3	80	100
6	16	1,1	50	85
7	30	0,59	25	60
8	50	0,29	11	33
9	100	0,14	4	15
10	200	0,07	0	3



**Gambar 2.2 - Grafik gradasi agregat pasir untuk mortar-busa**

- c Cairan busa (*foam agent*), yang digunakan harus dapat menghasilkan gelembung dengan nilai berat isi sebesar 0,075 – 0,085 t/m<sup>3</sup> bila bercampur dengan air menggunakan alat pembangkit busa (*foam generator*). Cairan busa ini akan menghasilkan material ringan mortar-busa bila dicampur dengan pasir, semen dan air sesuai komposisi desain campuran.
- d Air untuk mencampur material ringan mortar – busa harus sesuai spesifikasi SNI 7974:2013.

Pelaksanaan jalan pendekat (oprit) dengan timbunan ringan adalah sebagai berikut:

- 1 Persiapan, sebelum memulai percobaan campuran material ringan mortar-busa untuk mendapatkan komposisi yang optimal untuk mendapatkan nilai persyaratan *flow*, densitas dan kuat tekan bebas. Semua bahan-bahan harus sesuai ketentuan spesifikasi khusus material ringan mortar busa.
- 2 Pemasangan Bekisting, yang sesuai dengan bentuk timbunan oprit yang telah direncanakan. Segala ketentuan pemasangan bekisting harus sesuai dengan spesifikasi.



- 3 Pemasangan jaring kawat (*wire mesh*) ditempatkan diatas lantai kerja, yang selanjutnya anyaman baja ditempatkan minimum 1 m diatas lapisan material ringan. Dan sesuai dengan spesifikasi material ringan mortar busa.

Penghamparan harus dilakukan pada saat cuaca cerah, tata cara pencampuran sesuai dengan pengadukan dan penghamparan beton (SNI 03-3976-1995). Dan tidak perlu dipadatkan dengan vibrator. Atau sesuai dengan spesifikasi material ringan mortar busa.

## **2.5.2 Perkerasan Aspal**

### **2.5.2.1 Umum**

Pada bab ini akan menjelaskan terkait perkerasan aspal yang umumnya digunakan pada struktur atas jembatan sebagai lapis perkerasan jalan. Adapun uraian yang akan dibahas mengenai Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin (*Cold Paving Hot Mix Asbuton, CPHMA*). Pembahasan akan mencakup pada spesifikasi bahan, campuran aspal, tebal lapisan dan toleransi aspal.

### **2.5.2.2 Bahan**

Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) atau CPHMA yang dipasok dapat berbentuk dalam kemasan kantong. CPHMA dalam kemasan kantong hasil produksi beberapa waktu yang lalu dan agar dapat digunakan dimasukkan ke dalam kemasan kantong yang kedap air dengan berat 25 - 40 kg serta agar mudah penanganannya saat dihampar di lokasi pekerjaan.

Kemasan CPHMA harus berlabel yang memuat informasi:

- a Logo pabrik (produsen);
- b Kode pengenal antara lain: CPHMA, berat, kadar aspal total, ukuran butiran maksimum campuran dan tanggal produksi.

CPHMA yang belum dipergunakan harus disimpan dalam ruangan yang terlindung dari hujan dan matahari. Tinggi tumpukan tidak boleh lebih dari 2 meter. CPHMA tidak boleh menggumpal pada saat akan dihampar.

### **2.5.2.3 Campuran Aspal**

- a Komposisi Umum CPHMA

CPHMA terdiri dari agregat, asbuton, bahan peremaja dan bahan tambah lain bila diperlukan.

- b Penampilan

Secara visual CPHMA harus homogen, tidak mengalami segregasi dan penyelimutan permukaan agregat oleh aspal lebih dari 90%.

- c Abrasi

Agregat hasil ekstraksi yang digunakan untuk CPHMA harus memiliki nilai abrasi maksimum 40.

- d Ukuran Agregat

Ukuran Nominal Maksimum agregat untuk CPHMA adalah 12,5 mm.

e Gradasi Agregat

Gradasi agregat untuk CPHMA yang didapat berdasarkan pengujian terhadap agregat hasil ekstraksi CPHMA, harus memenuhi persyaratan pada Tabel 2.33.

**Tabel 2.33 - Gradasi Agregat CPHMA Hasil Ekstraksi**

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat
ASTM	(mm)	
¾"	19	100
½"	12,5	90 - 100
⅜"	9,5	-
No.4	4,75	45 - 70
No.8	2,36	25 - 55
No.50	0,300	5 - 20
No.200	0,075	2 - 9

f Aspal Hasil Ekstraksi

Kadar dan Sifat Aspal hasil ekstraksi CPHMA harus memenuhi persyaratan pada Tabel 2.34.

**Tabel 2.34 - Kadar dan Sifat Aspal Hasil Ekstraksi CPHMA**

Uraian	Metode Pengujian	Persyaratan
Kadar Aspal, (%)	SNI 03-3640-1994	6 - 8
Karakteristik Bitumen Hasil Ekstraksi :		
Penetrasi 25 °C, 100 g, 5 detik (0,1 mm),	SNI 2456:2011	Min.100
Titik Lembek, (°C)	SNI 2434:2011	Min. 40
Daktilitas pada 25 °C, 5 cm/menit (cm)	SNI 2432:2011	Min. 100

g Sifat CPHMA Hasil Uji *Marshall*

Sifat CPHMA yang sudah dipadatkan dengan alat pemadat Marshall sebanyak 2 x 75 tumbukan pada temperatur pemadatan 30°C (± 3 °C) harus memenuhi ketentuan pada Tabel 2.35.

**Tabel 2.35 - Ketentuan Sifat-sifat Campuran CPHMA**

Sifat-sifat Campuran CPHMA		CPHMA Padat
Jumlah tumbukan per bidang		75
Rongga dalam campuran (%)	Min.	4
	Maks	10
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	16

Sifat-sifat Campuran CPHMA		CPHMA Padat
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	60
Stabilitas Marshall (kg), temperatur udara	Min.	500
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, temperatur udara	Min.	60

#### 2.5.2.4 Tebal Lapisan dan Toleransi

Ketentuan tebal lapisan dan toleransi aspal harus mengikuti dari Spesifikasi atau standar yang berlaku, dengan tebal nominal lapisan CPHMA 30 mm dan toleransi ketebalan -3 mm.

### 2.5.3 Landasan

#### 2.5.3.1 Umum

Pekerjaan ini akan terdiri dari penyediaan dan pemasangan landasan logam atau elastometrik untuk menopang gelagar atau pelat seperti yang ditunjukkan pada Gambar dan disyaratkan dalam Spesifikasi ini, termasuk angkur penahan gempa, *stopper lateral*, *stopper longitudinal*.

#### 2.5.3.2 Bahan

##### a Baja untuk Landasan

##### 1 Lapisan Pelat Baja

Lapisan penulangan pelat baja untuk landasan elastomer berlapis pelat baja harus memenuhi SNI 6764:2016 atau standar lain yang setara. Tepi-tepi pelat harus dikerjakan dengan rapi untuk menghindari penakikan. Pelat harus terbungkus penuh dalam elastomer untuk mencegah korosi.

##### 2 Rolled Steel

*Rolled steel* harus memenuhi persyaratan AASHTO M270M/M270-15 (ASTM A709/A709M-17e1), *Grade 36 (Grade 250)* dan tidak menimbulkan reaksi elektrolit atau kimia dengan komponen lainnya dan bebas dari korosi.

##### 3 Baja Tuang (*Cast Steel*)

Baja tuang harus memenuhi persyaratan ASTM A802-95(2015) dan bebas dari cacat lubang dan kotoran yang lebih besar dari 3 mm.

##### 4 Baja Tempa (*Forged Steel*)

Baja tempa harus memenuhi persyaratan menurut ASTM A788/A788M-18.

##### 5 Baja Anti Korosi (*Stainless Steel*)

Baja anti korosi harus memenuhi persyaratan sesuai dengan ASTM A167-99(2009), Tipe 304 atau ASTM A240/A240M-17, Tipe 304, ketebalan minimum 0,91 mm dan permukaan akhir pada saat sudah menjadi perletakan harus lebih besar atau sama dengan 8  $\mu$ m.

## 6 Sealing Rings

*Sealing rings* antara piston baja dan elemen rotasi elastomerik bantalan panci harus terbuat dari kuningan yang sesuai dengan ASTM B36/B36M-13 untuk cincin penampang persegi panjang dan ASTM B121/B121M-16 untuk bagian melingkar.

## 7 Rolled Copper-Alloy

*Rolled Copper-Alloy* harus sesuai dengan ASTM B100-13.

## 8 Landasan Logam

Landasan logam harus berupa landasan blok berongga (*pot*), geser (*sliding*), sendi (*knuckle*), goyang (*rocker*), *spherical* yang disetel atau landasan lainnya sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan harus memenuhi spesifikasi AASHTO yang berkaitan.

### b Elemen Rotasi Elastomer (Elastomeric Rotational Element)

Bahan-bahan campuran karet yang digunakan dalam pembuatan bantalan ini harus berupa polycholoprene sintesis (karet sintesis) tahan kristalisasi atau polyisoprene alami (karet alam) saja sebagai polimer mentah. Bantalan elastomer yang terbuat dari gabungan *polycholoprene* dan *polyisoprene* atau bahan lain digabung dalam bentuk campuran, bentuk lapisan penyusun atau bentuk lainnya tidak diperkenankan. Dan seluruh bahan harus baru, bukan dari bahan daur ulang yang diambil dari bantalan yang telah jadi.

Landasan elastomer yang akan dipasang harus dilakukan pengujian oleh laboratorium independent baik pengujian secara mekanis maupun pengujian bahan dan memenuhi ketentuan yang tercantum dalam SNI 3967:2013.

**Tabel 2.36 - Sifat-sifat Karet Alam dan Karet Sintetis (Neoprene)**

Pengujian	Standar ASTM	Karet alam			Karet sintetis (Neoprene)			Satuan	
		50 duro	60 duro	70 duro	50 duro	60 duro	70 duro		
Sifat fisik	Modulus geser minimum	D. 412	0,80	0,80	0,80	0,55	0,55	0,55	MPa
	Kekerasan shore "A"	D.2240	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	Point
	Kuat tarik minimum	D. 412	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	MPa
	Perpanjangan ultimit minimum		450	400	300	400	350	300	%
Ketahanan terhadap panas ( <i>heat resistance</i> )	Temperatur spesifik pengujian	D. 573	70	70	70	100	100	100	°C
	Lama pengusangan ( <i>aging</i> )		168	168	168	70	70	70	Jam
	Perubahan mak. kekerasan "shore A"		+ 10	+ 10	+ 10	+ 15	+ 15	+ 15	Point
	Perubahan maksimum pada kuat tarik		-25	-25	-25	-15	-15	-15	%
	Perubahan maksimum pada perpanjangan ultimit		-25	-25	-25	-40	-40	-40	%
Perubahan akibat tekanan ( <i>compression set</i> )	Temperatur spesifik pengujian	D. 395 Metoda B	70	70	70	100	100	100	°C
	Perubahan mak. yang diizinkan setelah 22 jam		-25	-25	-25	-35	-35	-35	%
Kuat lekat ( <i>adhesion strength</i> )	Kuat lekat minimum yang diijinkan	D. 429 Metoda E	40	40	40	40	40	40	lb/in
Ketahanan ozon	Konsentrasi ozon	D.1149	25	25	25	100	100	100	MPa
	Lama pengujian		48	48	48	100	100	100	Jam
	Dengan regangan 20% pada temperatur ± 37,7°C prosedur penempatan D. 518, prosedur A		Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	

### 2.5.3.3 Toleransi

#### a Penempatan Landasan

Landasan baut pengunci dan dowel pelengkap harus diletakkan sedemikian hingga sumbunya berada dalam rentang + 3 mm dari posisi yang seharusnya. Elevasi permukaan landasan tunggal atau permukaan rata-rata dari landasan yang lebih dari satu pada setiap penyangga harus berada dalam rentang toleransi + 0,0001 kali jumlah bentang-bentang yang bersebelahan dari suatu gelagar menerus tetapi tidak melebihi + 5 mm.

#### b Permukaan Beton

Permukaan beton untuk penempatan langsung dari landasan tidak boleh melampaui lebih dari 1/200 dari sebuah bidang datar rencana untuk landasan dan ketidakrataannya setempat tersebut tidak boleh melampaui 1 mm tingginya.

#### c Landasan-Landasan

Landasan harus dilandasi pada seluruh bidang dasarnya sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Setelah pemasangan, tidak boleh terdapat rongga atau bintik-bintik yang terlihat pada landasan. Bahan landasan harus mampu meneruskan beban yang diberikan struktur tanpa kerusakan. Permukaan yang akan diberikan adukan semen untuk landasan harus disiapkan sebagaimana mestinya sampai suatu keadaan yang sesuai dengan adukan semen yang dipilih. Permukaan atas dari setiap bidang landasan di luar landasan harus mempunyai kelandaian yang menurun dari landasan.

#### d Penyetel Berulir

Penyetel berulir harus dikencangkan sampai merata untuk menghindari tegangan berlebihan pada suatu bagian landasan. Bilamana terdapat getaran yang cukup berarti, maka pengencang yang digunakan haruslah dari jenis yang tahan getaran.

#### e Ukuran Landasan

Toleransi dimensi landasan harus memenuhi kriteria.

**Tabel 2.37 - Toleransi Dimensi Total Yang Diizinkan**

Jenis Landasan	Toleransi Ukuran Total	
	Bidang Datar	Tebal atau Tinggi
Elastomer dengan ketebalan atau tinggi sampai 200 mm	+ 6 mm - 3 mm	+ 1 mm
Elastomer dengan ketebalan atau tinggi di atas 200 mm	+ 6 mm - 3 mm	+ 5%
Selain Elastomer	+ 3 mm	+ 3 mm

#### f Sifat Sejajar Permukaan Luar

Bilamana dirancang sejajar, maka toleransi bagian atas landasan yang sejajar, sebagai titik duga, harus 0,2% dari diameter untuk permukaan bundar dalam bidang datar dan 0,2% dari sisi yang lebih panjang untuk permukaan segi panjang dalam bidang datar.

g Landasan Rol (*Roller Bearing*)

1 Umum

Toleransi mendatar pelat rol diukur dari segala arah harus 0,025 mm untuk panjang sampai dengan dan termasuk 250 mm dan 0,01 % dari panjang dalam arah pengukuran untuk panjang di atas 250 mm. Kekasaran permukaan permukaan rol tidak boleh melampaui 0,8 mikron.

2 Rol Silinder

Toleransi kesilinderan harus 0,025 mm. Toleransi ukuran rol tunggal terhadap diameter nominalnya harus +0,5 mm dan -0,0 mm. Toleransi ukuran rol berganda terhadap diameter nominalnya harus +0,08 mm dan -0,0 mm.

3 Rol Bukan Silinder

Permukaan kurva harus mempunyai toleransi profil atau permukaan 0,3% dari radius yang dimaksudkan. Toleransi ukuran terhadap tinggi pada sumbu landasan harus + 0,5 mm dan - 0,0 mm. Toleransi sifat sejajar antara garis lengkung (*chord line*) yang menghubungkan ujung-ujung dasar permukaan rol sebagai titik duga harus 1 mm. Toleransi kepersejajaran antara bidang yang melewati pusat-pusat permukaan rol sebagai titik duga dan, puncak dan dasar garis penghubung yang menghubungkan ujung-ujung permukaan rol harus 1 mm.

h Landasan Goyang (*Rocker Bearing*)

Toleransi mendatar pelat yang berpasangan dengan rocker harus 0,075 mm untuk ukuran panjang sampai dengan dan termasuk 250 mm dan 0,03 % dari panjang untuk ukuran panjang di atas 250 mm. Toleransi profil dan permukaan untuk panjang permukaan di mana dapat terjadi kontak harus 0,025 mm. Kekasaran permukaan untuk permukaan yang bergoyang (*rocking surface*) harus tidak melebihi 0,8 mikron.

i Landasan Sendi (*Knuckle Bearing*)

Landasan sendi silinder dan berbentuk bola : Toleransi mendatar dan profil permukaan untuk landasan sendi silinder dan toleransi profil permukaan untuk landasan sendi berbentuk bola harus  $0,0002 \times h$  mm atau 0,24 mm, dipilih yang lebih besar, di mana x adalah panjang tali (*chord*) (dalam mm) antara ujung-ujung dari permukaan PTFE (dalam mm) dalam arah rotasi dan h adalah proyeksi dari PTFE (dalam mm) di atas puncak ceruk (*recess*) yang mengikat, untuk PTFE yang terikat, atau ketebalan (dalam mm) untuk PTFE yang direkat. Toleransi ukuran terhadap radius permukaan kurva pada landasan yang telah selesai harus 3 % dari radius yang dimaksudkan. Kekasaran permukaan dari permukaan geser logam yang melengkung tidak boleh melebihi 0,5 mikron. Bilamana PTFE membentuk salah satu permukaan kontak maka harus memenuhi ketentuan-ketentuan yang diberikan dalam (j).

j Landasan Bidang Geser (*Plane Sliding Bearing*)

Toleransi mendatar dari lembaran PTFE (*Polytetrafluoroethylene*) harus 0,2 mm untuk diameter atau diagonal adalah kurang dari 800 mm dan 0,025 % dari diameter atau diagonal tersebut untuk dimensi yang lebih besar atau sama dengan 800 mm. Pada permukaan PTFE yang terbuat lebih dari satu lapis PTFE maka ketentuan-

ketentuan tersebut di atas akan berlaku untuk diameter diagonal dari dimensi lingkaran atau empat persegi panjang sekeliling PTFE yang digoreskan.

**Tabel 2.38 - Toleransi Dimensi pada Lembaran PTFE**

Diameter atau Diagonal (mm)	Toleransi pada Dimensi Bidang (mm)	Toleransi Ketebalan (mm)	
		PTFE yang di ceruk (recessed)	PTFE yang direkat
< 600	+ 1,0	+ 0,5 - 0,0	+ 0,1 - 0,0
> 600 dan < 1200	+ 1,5	+ 0,6 - 0,0	+ 0,2 - 0,0
> 1200	+ 2,0	+ 0,7 - 0,0	Tidak digunakan

Celah antara tepi lembaran PTFE dan tepi ceruk (*recess*) yang diikat dalam segala hal tidak boleh melebihi 0,5 mm atau 0,1 % dari dimensi bidang datar lembaran PTFE yang sesuai, dalam arah yang diukur, dipilih yang lebih besar.

Toleransi profil pada proyeksi yang ditetapkan dari PTFE di atas ceruk (*recess*) diikat harus memenuhi kriteria yang telah ditentukan.

**Tabel 2.39 - Toleransi Profil**

Dimensi Maksimum dari PTFE (diameter atau diagonal) (mm)	Toleransi pada Proyeksi yang ditetapkan di atas Ceruk ( <i>recess</i> ) (mm)
> 600	+ 0,5 - 0
> 600 dan < 1200	+ 0,6 - 0
> 1200 dan < 1500	+ 0,8 - 0

Semua pengukuran atas lembaran PTFE harus dilakukan pada temperatur 20°C sampai 25°C.

Permukaan-permukaan Yang Berpasangan:

Untuk permukaan-permukaan yang berpasangan dengan PTFE, maka toleransi mendatar dalam semua arah harus 0,0002 L.h mm, di mana L adalah panjang (dalam mm) permukaan PTFE dalam arah yang diukur dan h adalah proyeksi PTFE (dalam mm) di atas puncak ceruk (*recess*) yang terikat untuk PTFE yang terikat, atau ketebalan (dalam mm) untuk PTFE yang terikat, atau tebal (dalam mm) untuk PTFE yang direkat.

Kekasaran lajur permukaan geser logam tidak boleh melebihi 0,15 mikron.

k Landasan Karet Elastomer (*Elastomeric Bearing*)

1 Sifat Sejajar

Batas toleransi kelurusan lapisan baja dapat dihitung mengacu pada SNI 3967:2013.

2 Ukuran

Landasan Karet tipe polos dan landasan karet tipe berlapis yang dibuat berdasarkan ukuran rancangan, harus di periksa dimensi dari setiap bantalan.

Jika ada ukuran yang berada diluar batas toleransi yang tercantum pada Tabel 2.40, bantalan tersebut harus ditolak. Kecuali toleransi lain tercantum pada gambar rancangan.

**Tabel 2.40 - Toleransi Landasan Elastomer**

Uraian	Dimensi (mm)
Dimensi vertikal keseluruhan:	
Tebal 32 mm atau kurang	-0, +3
Tebal lebih dari 32 mm	-0, +6
Dimensi horizontal keseluruhan:	
Untuk pengukuran 914 mm atau kurang	-0, +6
Untuk pengukuran lebih dari 914 mm	-0, +12
Tebal lapisan karet seluruh bagian (bantalan berlapis)	±3
Variasi terhadap permukaan teoritis:	
Atas	Kemiringan relatif terhadap dasar tidak lebih dari 0,005 radian
Samping	-0, +6
Posisi elemen penyambung yang terekpos	± 3
Penutup ujung elemen penyambung	- 0, +3
Ukuran lubang, celah dan sisipan	± 3
Posisi lubang, celah dan sisipan	± 3

#### I Landasan Blok Berongga (*Pot Bearing*)

- 1 Toleransi ketepatan antara piston dan blok berongga harus + 0,75 mm sampai + 1,25 mm.
- 2 Pedoman kekasaran permukaan geser logam tidak boleh melebihi 0,5 mikron.
- 3 Lubang penyetelan pada pelat landasan. Bilamana toleransi yang diperlukan pada posisi untuk titik pusat lubang-lubang penyetelan harus sebagaimana dirinci atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

#### m Angkur Penahan Gempa

Persyaratan angkur penahan gempa yang ditempatkan pada diafragma ujung mengikuti Seksi 7.3 atau Seksi 7.4 dari Spesifikasi Umum yang berlaku.

### 2.5.4 Siar Muai (Expansion Joint) Tipe Asphaltic Plug

#### 2.5.4.1 Umum

Pekerjaan ini akan terdiri dari pemasokan dan pemasangan sambungan siar muai lantai yang terbuat dari logam atau elastomer atau tipe *asphaltic plug*, dan setiap bahan pengisi (*filler*) dan penutup (*sealer*), untuk sambungan antar struktur baik dalam arah memanjang maupun melintang, sesuai dengan Gambar dan sebagaimana diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.

#### 2.5.4.2 Bahan Material

##### a Bahan Pengisi Sambungan (*Joint Filler*)

Bahan pengisi sambungan harus dari jenis kenyal yang tidak dikeluarkan pracetak



(*premoulded non-extruding resilient type*), sesuai dengan SNI 03-4432-1997 atau SNI 03-4815-1998.

Bahan pengisi sambungan yang terbuat karet harus memenuhi Sifat fisik sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Yang dibuktikan dengan sertifikat mutu bahan yang dikeluarkan oleh pabrikasi pembuatnya atau dilakukan pengujian bahan.

b Penutup Sambungan (*Joint Sealer*)

Bahan untuk penutup sambungan horisontal harus sesuai dengan SNI 03-4814-1998, sebagai alternatif penutup dari bitumen karet yang dicor panas atau yang sejenis dapat digunakan dengan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan. Sambungan vertikal dan miring harus ditutup dengan sambungan dempul bitumen, dari bahan yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Persenyawaan dasar sambungan (*joint priming compound*) harus sebagaimana yang disarankan oleh pabrik bahan penutup yang dipilih untuk digunakan. Bahan sambungan untuk dasar (*primer*) dan penutup (*sealer*) sambungan harus dicampur dan digunakan sesuai dengan petunjuk pabrik pembuatnya.

c Bahan Asphaltic Plug

Bahan aspal yang di pakai untuk pencampuran sebagai bahan pengisi sambungan siar muai dan juga penutup akhir (*top coat*) harus memenuhi ketentuan berdasarkan metode pengujian pada Tabel 2.41.

**Tabel 2.41 - Ketentuan Sifat-sifat Asphaltic Plug**

Jenis Pengujian	Standar	Sifat-sifat Fisik
Titik Lembek, min.	SNI 2434:2011	83°C
Adhesi Tarik, min.	ASTM D5329-16	700%
Daktilitas pada 25°C, min.	SNI 2432:2011	400mm
Penetrasi pada 25°C, 150 g, 5 detik, maks.	ASTM D5329-16	7,5 mm
Pelelehan pada 60°C, 5 jam	ASTM D5329-16	3,0 mm
Resiliensi pada 25°C, min. – maks.	ASTM D5329-16	40 - 70%
Kompatibilitas Aspal	ASTM D5329-16	Memenuhi
Temperatur Aplikasi yang disarankan		182 - 199°C
Rentang Temperatur Pemanasan yg Aman		199 - 216°C
Ikatan 3 Siklus pada -7°C, elongasi 100%	ASTM D5329-16	Memenuhi
Kelenturan pada -23°C	ASTM D5329-16	Memenuhi

d Agregat

Agregat untuk campuran siar muai *asphaltic plug* harus terdiri dari material yang bersih, keras, awet dan bebas dari bahan-bahan kotoran organik dan bahan kotoran lain yang tidak dikehendaki dan memenuhi ketentuan sifat-sifat seperti pada Tabel

2.32. dan mempunyai gradasi seragam dalam ukuran nominal tunggal yaitu ukuran 14, 20 dan 28 mm atau boleh dicampur antara ketiga ukuran ini.

**Tabel 2.42 - Ketentuan Sifat-sifat Agregat**

Sifat-sifat	Standar	Nilai
Keausan agregat dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	Maks.25%
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12% - Natrium
		Maks.18% - Magnesium

e Elastomer (Polychloroprene Neoprene)

Elastomer/karet *polychloroprene* jenis *neoprene* ini digunakan sebagai bahan pengisi celah dari sambungan siar muai tipe *Compression Seal*, *Strip Seal*, maupun *modular*. Persyaratan bahan mengikuti ketentuan dari Tabel 2.43 di bawah ini:

**Tabel 2.43 - Persyaratan Bahan *Performed Elastomeric Joint Seal***

Sifat-sifat	Metode Pengujian	Persyaratan
Kuat Tarik, min. psi (MPa)	ASTM D412-16	2.000 (13,8)
Perpanjangan saat putus, min. %	ASTM D412-16	250
Kekerasan, Tipe A durometer, <i>points</i>	ASTM D2240 (modifikasi) <sup>1</sup>	55 ± 5
Penuaan dengan Oven, 70 jam pada 100°C	ASTM D573-04(2015)	
-Kuat Tarik, kehilangan, maks., %		20
-Perpanjangan, kehilangan, maks., %		20
-Kekerasan, Tipe A durometer, kehilangan <i>points</i>		0 - 10
<i>Oil Swell</i> , ASTM Oil No.3, 70 jam pada 100°C		
- Perubahan berat, maks., %	ASTM D471-16a	45
Ketahanan terhadap Ozon <sup>2</sup>	ASTM D1149-16 <sup>3</sup>	
- Regangan 20%, ozon di udara 303 MPa (volume fraksi ozon 300 pphm di udara pada 1 atm), 70 jam pada 40°C, seka dengan toluene untuk menyingkirkan kontaminasi permukaan		Tidak ada yang retak
<i>Stiffening</i> pada temperatur rendah, 7 hari, - 10°C	ASTM D1149-16	0 - 15
- Kekerasan, Tipe A durometer, kehilangan <i>points</i>		

Sifat-sifat	Metode Pengujian	Persyaratan
Pemulihan pada Temperatur Rendah <sup>3</sup> , 72 jam pada - 10°C, 50%;		
- Lendutan, min., %	Section 9.3 <sup>4</sup>	88
Pemulihan pada Temperatur Rendah <sup>3</sup> , 22 jam pada -		
- Lendutan, min., %	Section 9.3 <sup>4</sup>	83
Pemulihan pada Temperatur Tinggi <sup>3</sup> , 70 jam pada -100°C, 50%;		
- Lendutan, min., %	Section 9.3 <sup>4</sup>	85
Sifat-sifat Tekanan-Lendutan pada 80% lebar nominal, min., (N/m)	ASTM D575-91(2012) Metode A (modifikasi) <sup>5</sup>	613

Catatan:

1. Istilah "modifikasi" dalam tabel berhubungan dengan penyiapan benda uji. Penggunaan *joint seal* sebagai sumber benda uji memerlukan yang lebih berlapis-lapis daripada salah satu yang disebutkan dalam modifikasi prosedur pengujian yang digunakan. Modifikasi benda uji yang demikian harus disepakati antara pembeli dan supplier sebelum pengujian.
2. Benda uji yang disiapkan sesuai dengan ASTM D518-99 (ditarik 2008).
3. Benda uji yang retak, terbelah atau meerkat selama pengujian pemulihan harus berarti hasil pengujian benda uji tersebut gagal.
4. Rujukan seksi dan sub-seksi adalah yang disebutkan dalam ASTM D3542-08(2013)
5. Kecepatan pengujian harus  $13 \pm 1,3$  mm, minimum pada temperatur kamar  $23 \pm 2,2$  °C. Ampelas tidak digunakan.

f Silikon

Silikon yang dimaksud adalah silikon/*sealant* tuang yang digunakan sebagai bahan pengisi celah pada sambungan siar muai tipe *Silicone Seal*.

**Tabel 2.44 - Ketentuan Bahan Silikon**

Jenis Pengujian	Sta	Nilai
Masa <i>Curing</i> , maks.		Maks. 21 hari
Slump untuk Tipe NS	ASTM D2202- 00(2014)	$\leq 7,6$ mm
Kecepatan Ekstruksi Tipe S	ASTM C1183	$> 50$ ml/menit
<i>Tack-Free</i> selama 5 jam $\pm$ 10 menit	ASTM C679	<i>Tack-Free</i> (tidak lengket)
<i>Effect of Heat Aging</i>	ASTM C792	Tidak ada retak atau bekas jejak
		Kehilangan berat $< 10\%$
<i>Bond</i> :	ASTM D5329	
- Tidak direndam		Kohesi atau adhesi 0%

Jenis Pengujian	Sta	Nilai
- Direndam H <sub>2</sub> O		gagal
-Dioven 7 hari pada $-29 \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk 5 siklus lengkap dari 100 % ekstensi masing-masing		Tidak ada retak atau pemisahan
<i>Hardness</i> pada $-29 \pm 1^{\circ}\text{C}$ :	ASTM C661	
- Durometer Type A-2		$\leq 25$
- Durometer Type 00		$\leq 30$
<i>Flow</i> pada $93.3 \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 72 jam $\pm$ 30 Menit	ASTM D5329	Tidak ada <i>Flow</i>
Elongasi pada $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , kecepatan elongasi $500 \pm 20$ mm/menit (%)	ASTM D412	$\geq 600$
Tegangan Tarik pada $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , kecepatan elongasi $500 \pm 20$ mm/menit, elongasi 150%	ASTM D412	$\leq 310$ kPa (45 psi)
<i>Effects of Accelerated Weathering</i> ,	ASTM C793	Tidak mengalir, menunjukkan kelengketan
- Terekspos selama 5.000 jam		
Resilience (%)	ASTM D5329	$\geq 75$

g Pelat Baja

Pelat baja penutup lubang celah siar muai harus mempunyai lebar minimum 5 cm atau disesuaikan dengan jarak lubang celah. Pelat baja harus memiliki lubang untuk angkur sebagai pengikat. Angkur diikat pada celah dengan bantuan karet sintesis yang menutupi lubang celah tersebut. Tebal pelat baja minimum 3 mm dan karet penutup lubang celah harus menggunakan jenis *polyethylene* yang mempunyai tebal antara 30 mm atau sampai 50 mm.

Bagian baja dan baut Ankur harus sesuai dengan ASSHTO M102M/M102-06 (2011) Kelas A. Bagian lubang harus dilindungi terhadap korosi. Pelat baja penutup lubang celah terbuka harus sesuai dengan Tabel 2.45.

**Tabel 2.45 - Ukuran Lebar Celah dan Tebal Pelat Penutup**

Lebar Celah Maks. (mm)	Tebal Pelat Baja (mm)
< 45	2
45 – 70	3
70 – 95	6

h Angkur

Angkur merupakan komponen penahan yang berbentuk baut tertanam maupun baut tertanam maupun baut pengikat. Ankur yang dipasang harus dapat menahan dampak pemuaian akibat panas yang ditimbulkan pada saat pelaksanaan terutama saat penuangan bahan pengisi jenis aspal atau silikon.

i Baja Siku

Mutu baja siku yang digunakan mengikuti mutu baja pada RSNI T-03-2005 atau minimal mempunyai mutu SNI 6764:2016. Baja siku yang akan diterapkan harus memenuhi metode persiapan permukaan sesuai ISO 12944-4:2017 dan kemudian harus dilapisi dengan bahan anti karat.

j Waterstops

Jenis dan bahan waterstops harus terinci dalam Gambar atau sebagaimana yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

## 2.5.5 Epoxy Resin

### 2.5.5.1 Umum

Bahan perekat (epoksi) yang digunakan harus mempunyai daya rekat yang sangat baik, dan dapat merekatkan dengan sempurna struktur beton yang terpisah. Bahan sesuai dengan ASTM D1763-00 (2013) dan AASHTO M235M/M235-13.

### 2.5.5.2 Klasifikasi

Spesifikasi ini meliputi klasifikasi sistem pelekats epoksi resin berdasarkan tipe, tingkat, kelas dan warna.

a Klasifikasi Berdasarkan Tipe

1 Tipe 1

Digunakan pada hubungan tanpa pembebanan untuk mengikat beton keras dengan beton keras dan material lainnya, dan sebagai bahan pelekats dalam mortar epoksi atau beton epoksi.

2 Tipe 2

Digunakan pada hubungan tanpa pembebanan untuk mengikat beton segar dengan beton keras.

3 Tipe 3

Digunakan untuk mengikat material anti selip dengan beton keras dan sebagai pelekats dalam mortar epoksi atau beton epoksi yang digunakan pada permukaan lalu lintas (atau permukaan yang mengalami pergerakan panas atau mekanis).

4 Tipe 4

Digunakan pada hubungan yang dibebani untuk mengikat beton keras dengan beton keras dan material lainnya dan sebagai bahan pelekats untuk mortar epoksi dan beton epoksi.

5 Tipe 5

Digunakan pada hubungan yang dibebani untuk mengikat beton segar dengan beton keras.

6 Tipe 6

Untuk mengikat dan menutupi elemen-elemen pracetak segmental dengan tendon internal dan peregangan bentang per bentang ketika pasca tegang dilakukan.

7 Tipe 7

Digunakan sebagai bahan penutup tanpa tegangan untuk elemen pracetak segmental saat tarikan sementara tidak dilakukan dalam meregangkan pemasangan.

Catatan : Sistem epoksi resin akan melekat pada berbagai bahan, termasuk kayu, logam, pasangan batu, dan sebagian besar plastik. Sistem epoksi resin tidak dapat melekat pada bahan-bahan *Polyethylene*, *TFE-fluorocarbon*, kertas kaca, dan permukaan yang berminyak atau berililin.

b Klasifikasi Berdasarkan Tingkat

Klasifikasi ini terdapat 3 (Tiga) tingkat dari sistem yang didefinisikan sesuai dengan karakteristik aliran dan dibedakan oleh viskositas Tingkat 1 – Viskositas rendah

- 1 Tingkat 2 – Viskositas sedang
- 2 Tingkat 3 – Konsistensi tanpa gumpalan

**Tabel 2.46 -Persyaratan Fisik Pelengkap**

Property	Type						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Viscosity, P [Pa.s]							
Grade 1, max	[20] 2.0	[20] 2.0	[20] 2.0	[20] 2.0	[20] 2.0	-	-
Grade 2, min	[20] 2.0	[20] 2.0	[20] 2.0	[20] 2.0	[20] 2.0	-	-
Max	[100] 10	[100] 10	[100] 10	[100] 10	[100] 10	-	-
Consistency, in [mm]							
Grade 3, type	¼ [6.0]	¼ [6.0]	¼ [6.0]	¼ [6.0]	¼ [6.0]	¼ [6.0]	¼ [6.0]
I,II,III,IV,V,VI,VII, max							
Gel time, minutes, min	30	30	30	30	30	30	30
Bond strength, min, psi [MPa]							
2 days (moist cure)	1 000 [7.0]	-	-	1 000 [7.0]	-	1 000 [7.0]	-
14 days (moist cure)	1 500 [10]	1 500 [10]	1 500 [10]	1 500 [10]	1 500 [10]	-	1 500 [10]
Absorption, 24 h, max, %	1	1	1	1	1	-	-
Heat Deflection Temperature, min, °F [°C]:							
7 days	-	-	-	120 [50]	120 [50]	-	-
14 days	-	-	-	-	-	120 [50]	120 [50]
Thermal compatibility	-	-	passes test	-	-	-	-
Linear coefficient of shrinkage on cure, max	0,005	0,005	-	0,005	0,005	-	-
Compressive Yield Strength, min, psi, [Mpa]							
24 h	-	-	-	-	-	2 000 [14]	-
36 h	-	-	-	-	-	-	1 000 [7]
48 h	-	-	-	-	-	6 000 [40]	-
72 h	-	-	-	-	-	-	2 000 [14]
7 days	8 000 [55]	5 000 [35]	-	10 000 [70]	8 000 [55]	-	-
Compressive Modulus tekan, psi [Mpa]							
Min	150 000 [1 000]	90 000 [600]	-	200 000 [1 400]	150 000 [1 000]	-	-
Max	-	-	130 000 [896]	-	-	-	-
Tensile Strength, 7 days min, psi [MPa]*	5 000 [35.0]	2 000 [14.0]	-	7 000 [50.0]	6 000 [40.0]	-	-
Elongation at Break, %, min	1	1	30	1	1	-	-
Contact strength, psi [Mpa]							
min							
2 days	-	-	-	-	-	1 000 [7]	-
14 days	-	-	-	-	-	-	1 000 [7]

\*Not required for Viscosity Grade 3 Systems.

c **Klasifikasi Berdasarkan Kelas**

Kelas A, B, dan C didefinisikan untuk Tipe I sampai V, dan Kelas D, E, dan F didefinisikan untuk Tipe VI dan VII, berdasarkan kisaran temperatur yang sesuai.

1 **Kelas A**

Untuk penggunaan di bawah 4°C (40°F), temperatur terendah yang diizinkan ditetapkan oleh pabrikan produk.

2 **Kelas B**

Untuk penggunaan antara 4°C dan 15°C (40°F dan 60°F).

3 **Kelas C**

Untuk penggunaan di atas 15°C (60°F) temperatur tertinggi yang diizinkan ditetapkan oleh pabrikan produk.

4 **Kelas D**

Untuk penggunaan antara 4°C dan 18°C (40°F dan 65°F).

5 **Kelas E**

Untuk penggunaan antara 15°C dan 30°C (60°F dan 80°F).

6 **Kelas F**

Untuk penggunaan di atas 25°C (75°F).

Catatan : Temperatur yang dimaksud adalah temperatur permukaan beton keras di mana sistem pelekat akan diterapkan. Temperatur ini bisa sangat berbeda dengan temperatur udara. Apabila diinginkan kecepatan pengerasan yang tidak biasa, dibolehkan untuk menggunakan bahan pelekat pada temperatur yang berbeda dengan normalnya. Misalnya, sistem Kelas A akan mengeras lebih cepat pada temperatur kamar.

d **Klasifikasi Berdasarkan Warna**

Sistem epoksi resin biasanya tidak diberi pigmen, tetapi dapat diwarnai atau dapat diberi warna gelap. Jika diperlukan warna tertentu, harus dinyatakan oleh pembeli.

### **2.5.5.3 Bahan Dan Pabrikan**

Sistem yang dicakup dalam spesifikasi ini harus merupakan gabungan dari dua komponen yang dikombinasikan secara cepat sebelum digunakan sesuai dengan instruksi tertulis dari formulatur. Komponen A harus mengandung suatu epoksi resin dengan atau tanpa pelarut reaktif. Komponen B harus berisi satu atau lebih bahan pengeras, sehingga pada saat dicampurkan dengan Komponen A akan menyebabkan campuran mengeras. Suatu bahan pengisi yang sesuai dapat dimasukkan secara bersamaan pada satu atau kedua komponen. Pengisi tidak boleh mengendap atau mudah terdispersi dalam setiap komponen yang dapat menyebabkan tidak tercampur. Semua sistem harus dirawat dalam kondisi lembap, dan melekat pada permukaan yang basah.

### **2.5.5.4 Komposisi Kimia**

Unsur epoksi resin komponen A harus memiliki nilai setara epoksi sebesar 155 sampai dengan 275.

### **2.5.5.5 Sifat Fisik**

Campuran Komponen A dan B dalam perbandingan yang direkomendasikan oleh formulator harus memenuhi sifat-sifat fisik yang ditentukan.

### **2.5.5.6 Keselamatan (*Safety Hazards*)**

Epoksi resin mengandung bahan yang mengakibatkan iritasi, terutama pada kulit, mata, dan sistem pernapasan. Personil yang menangani bahan ini harus menggunakan pakaian pelindung yang sesuai, termasuk sarung tangan karet atau plastik. Jika epoksi resin terkena kulit, maka harus segera dilap dengan kain kering atau kertas tisu, dan daerah yang terkena kontak harus dicuci bersih dengan sabun dan air. Pelarut sebaiknya tidak digunakan, karena akan membuat iritasi pada kulit. Epoksi resin yang telah mengeras tidak berbahaya.

### **2.5.5.7 Pengambilan Sampel**

Ambil sampel yang mewakili masing-masing komponen dari campuran yang telah diaduk dengan sempurna sebelum dikemas atau dengan mengambil sampel tidak kurang 5% dari wadah pada setiap lot atau pengiriman. Sampel-sampel dapat digabungkan menjadi satu sampel komposit, kecuali sampel dari komponen yang sama menunjukkan perbedaan secara visual. Di tempat sebelumnya, pengambilan sampel dapat dilakukan dari bahan yang telah dikemas, yaitu dengan secara acak memilih wadah dari masing-masing komponen dari setiap lot, asalkan prosedur tersebut diterima oleh pembeli.

## **2.5.6 Geotekstil**

### **2.5.6.1 Umum**

Geotekstil merupakan produk berupa lembaran yang terbuat dari bahan tekstil yang umumnya lolos air yang dipasang bersama pondasi, tanah, batuan, atau material geoteknik lainnya sebagai kesatuan dari sistem struktur atau suatu produk buatan manusia.

### **2.5.6.2 Persyaratan Fisik Geotekstil**

- a Serat (*fiber*) yang digunakan untuk membuat geotekstil dan tali (*thread*) yang digunakan untuk menyambung geotekstil dengan cara dijahit, harus terdiri dari polimer sintetik rantai panjang yang terbentuk dari sekurang-kurangnya 95% berat poliolefin atau poliester. Serat dan tali harus dibentuk menjadi suatu jejaring yang stabil sedemikian rupa sehingga filamen (serat menerus) atau untaian serat (*yarn*) dapat mempertahankan stabilitas dimensinya relatif terhadap yang lainnya, termasuk selvage (bagian tepi teranyam dari suatu lembar geotekstil yang sejajar dengan arah memanjang geotekstil).
- b Geotekstil yang digunakan untuk drainase bawah permukaan, pemisah (*separator*) dan stabilisasi harus memenuhi persyaratan fisik yang tertera pada Tabel 3.5.2.1).
- c Seluruh nilai, kecuali ukuran pori-pori geotekstil (*Apparent Opening Size, AOS*), menunjukkan Nilai Gulungan Rata-rata Minimum (*Minimum Average Roll Value, MARV*) pada arah utama terlemah (yaitu nilai rata-rata hasil pengujian dari suatu rol dalam suatu lot yang diambil untuk uji kesesuaian atau uji jaminan mutu harus memenuhi atau melebihi nilai minimum yang tertera dalam spesifikasi ini). Nilai Ukuran Pori-pori Geotekstil (*AOS*) menunjukkan nilai gulungan rata-rata maksimum.



### 2.5.6.3 Persyaratan Geotekstil

Sifat-sifat geotekstil yang dibutuhkan untuk setiap kelas bergantung pada elongasi geotekstil. Jika dibutuhkan sambungan keliman (*sewn seam*), maka kuat sambungan yang ditentukan berdasarkan SNI 4417:2017 harus sama atau lebih dari 90% kuat grab (*grab strength*) yang disyaratkan. Ada pengujian lain yang perlu dilakukan untuk memastikan mutu atau kekuatan geotekstil diantaranya adalah pengujian kuat sambungan keliman, kuat sobek, kuat tusuk, permiitivitas, ukuran pori-pori geotekstil, dan stabilitas ultraviolet (kekuatan sisa).

**Tabel 2.47 - Persyaratan Kekuatan Geotekstil**

Sifat	Metode Uji	Satuan	Kelas Geotekstil					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Elongasi < 50% <sup>(3)</sup>	Elongasi ≥50% <sup>(3)</sup>	Elongasi < 50% <sup>(3)</sup>	Elongasi ≥50% <sup>(3)</sup>	Elongasi < 50% <sup>(3)</sup>	Elongasi ≥50% <sup>(3)</sup>
Kuat Grab ( <i>Grab Strength</i> )	RSNI M-01-2005 (ASTM D4632/ D4632M-15a)	N	1400	900	1100	700	800	500
Kuat Sambungan Keliman <sup>4)</sup> ( <i>Sewn Seam Strength</i> )	RSNI M-01-2005 (ASTM D4632/ D4632M-15a)	N	1260	810	990	630	720	450
Kuat Sobek ( <i>Tear Strength</i> )	SNI 08-4644-1998 (ASTM D4533/ D4533M-15)	N	500	350	400 <sup>(3)</sup>	250	300	180
Kuat Tusuk ( <i>Puncture Strength</i> )	ASTM D6241-14	N	2750	1925	2200	1375	1650	990
Permittivitas ( <i>Permittivity</i> )	SNI 08-6511-2001 (ASTM D4491/ D4491M-17)	detik <sup>1</sup>	Nilai sifat minimum untuk Permittivitas, Ukuran Pori-pori Geosintetik ( <i>Apparent Opening Size, AOS</i> ), dan Stabilitas Ultraviolet ditenti berdasarkan aplikasi geosintetik. Lihat Tabel 3.5.2.(2) untuk drainase bawah permukaan, Tabel 3.5.2.(3) dan Tabel 3.5.2.(4) untuk separator, dan Tabel 3.5.2.(5) untuk stabilisator					
Ukuran Pori-pori Geotekstil <sup>(3,4)</sup> ( <i>Apparent Opening Size, AOS</i> )	SNI 08-4418-1997 (ASTM D4751-16)	mm						
Stabilitas Ultraviolet (kekuatan sisa)	ASTM D4355/ D4355M-14(2018)	%						

## 2.5.7 Pasangan Batu

### 2.5.7.1 Umum

Pasangan batu adalah material yang digunakan untuk struktur seperti dinding penahan, gorong-gorong pelat, dan tembok kepala gorong-gorong besar dari pasangan batu yang digunakan untuk menahan beban luar yang cukup besar. Bilamana fungsi utama suatu pekerjaan sebagai penahan gerusan, bukan sebagai penahan beban, seperti lapisan selokan, lubang penangkap, lantai gorong-gorong (*spillway apron*) atau pekerjaan pelindung lainnya pada lereng atau di sekitar ujung gorong-gorong, maka kelas pekerjaan di bawah Pasangan Batu (*Stone Masonry*) dapat digunakan seperti Pasangan Batu dengan Mortar (*Mortared Stonework*) atau pasangan batu kosong yang diisi (*grouted rip rap*).

### 2.5.7.2 Bahan

#### a Batu

- 1 Batu harus bersih, keras, tanpa bagian yang tipis atau retak dan harus dari jenis yang diketahui awet. Bila perlu, batu harus dibentuk untuk menghilangkan

bagian yang tipis atau lemah. Batu yang terdiri dari bahan yang porous atau batu kulit harus ditolak.

- 2 Batu harus lancip atau lonjong bentuknya dan dapat ditempatkan saling mengunci bila dipasang bersama-sama.
- 3 Ukuran batu dalam arah manapun tidak boleh kurang dari 15 cm.

b Adukan Mortar Semen

Adukan mortar semen haruslah adukan mortar semen yang memenuhi kebutuhan dan sesuai dengan sub sub bab 2.2.4.1.

c Drainase Porous

- 1 Bahan porous untuk bahan penyaring (*filter*) harus:

- a). Keras
- b). Awet
- c). Bersih

Dan bahan porous harus bebas dari bahan organik, gumpalan lempung, dan bahan lain yang tidak dikehendaki seperti bekas bongkaran beton.

- 2 Gradasi partikel bahan yang disyaratkan tergantung dari fungsi masing-masing keperluan dalam pekerjaan dan tergantung dari karakteristik bahan untuk sisi hulu atau sisi hilir dari air yang akan melewatinya, dan juga tergantung dari tersedianya bahan.

Gradasi yang disyaratkan untuk masing-masing keperluan akan ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan, di mana penentuannya harus dapat menjamin bahwa "pipng" (hanyutnya butir-butir halus) dari bahan arah "hulu" (sebelum bahan porous) ke bahan porous, atau dari bahan porous ke bahan arah "hilir" (setelah bahan porous), tidak akan terjadi.

Berikut adalah kriteria gradasi-gradasi drainase porous :

- a).  $D_{15}$  (filter)

$$\frac{\text{-----}}{D_{85}(\text{tanah})} < 5$$

- b).  $D_{15}$  (filter)

$$4 < \frac{\text{-----}}{D_{15}(\text{tanah})} < 20$$

- c).  $D_{50}$  (filter)

$$\frac{\text{-----}}{D_{50}(\text{tanah})} < 25$$

di mana  $D_{15}$ ,  $D_{50}$ , dan  $D_{85}$  adalah ukuran partikel dari kurva gradasi masing-masing pada 15%, 50% dan 85% berat yang lebih halus. Istilah "filter" merujuk pada bahan pelindung yang lebih kasar; dan istilah "tanah" merujuk pada bahan yang lebih halus dan dilindungi dari "pipng".

- 3 Batas-batas gradasi untuk bahan porous untuk penimbunan kembali dan penyaring (*filter*) yang akan mengalirkan aliran air tanpa "pipng" dari timbunan

lempung sampai pasangan batu kosong berdiameter 30 cm ditunjukkan oleh Lampiran 2A pada spesifikasi dan standard yang berlaku dengan judul “Pemilihan Bahan Drainase Porous”. Gambar tersebut secara umum menunjukkan bahwa pasangan batu kosong harus dilindungi oleh kerikil, dan kerikil dilindungi oleh pasir, dan pasir oleh pasir kelanauan atau oleh anyaman penyaring (*filter*) plastik. Data ini hanya merupakan penuntun umum saja dan tidak harus digunakan sebagai dasar untuk menyetujui atau menolak bahan-bahan di atas.

- 4 Bilamana bahan arah “hilir” (setelah bahan porous) dari bahan porous yang ditimbun kembali bukan bahan berbutir, tetapi digunakan lubang sulingan atau pipa berlubang banyak (*perforated pipes*) maka pemilihan dan persetujuan atas bahan porous untuk penimbunan kembali harus didasarkan atas kriteria berikut ini:
  - a).  $D_{85}$  (bahan untuk penimbunan kembali)  $> 0.2 D$  (lubang)
  - b).  $D_{50}$  (bahan untuk penimbunan kembali)  $> 0.04 D$  (lubang)di mana  $D_{85}$  dan  $D_{50}$  didefinisikan dalam Pasal ini pada (c), dan  $D$  (lubang) adalah diameter dalam dari lubang sulingan atau pipa berlubang banyak (*perforated pipes*).
- 5 Setiap ukuran bahan porous untuk penimbunan kembali dapat digunakan untuk arah “hilir” (setelah bahan porous) dari suatu anyaman penyaring (*filter*) plastik. Sebagai contoh, untuk drainase bawah permukaan perkerasan, dapat digunakan bahan porous untuk penimbunan kembali yang terdiri dari kerikil kasar berbutir seragam, bilamana bahan porous tersebut dibungkus anyaman penyaring (*filter*) plastik yang cocok, akan tetapi umumnya haruslah terdiri dari pasir halus yang dipilih sesuai dengan point c. 2. di atas. Dalam segala hal, ijuk tidak boleh digunakan sebagai pengganti anyaman penyaring (*filter*) plastik.

## 2.5.8 Pasangan Batu Kosong dan Beronjong

### 2.5.8.1 Umum

Pekerjaan pasangan batu kosong dan beronjong ini harus mencakup penyediaan baik batu yang diisikan ke dalam beronjong kawat (*gabion*), pasangan batu kosong (*non-grouted rip rap*), maupun pasangan batu kosong yang diisi adukan (*grouted rip rap*) pada landasan yang disetujui sesuai dengan detil yang ditunjukkan dalam Gambar dan memenuhi spesifikasi dan standard yang berlaku.

Pekerjaan untuk Pemasangan harus dilakukan pada tebing sungai, lereng timbunan, lereng galian, dan permukaan lain yang terdiri dari bahan yang mudah tererosi di mana perlindungan terhadap erosi dikehendaki.

### 2.5.8.2 Bahan

#### a Kawat Beronjong

Harus memenuhi salah satu dari SNI berikut ini : SNI 03-6154-1999, SNI 03-0090-1999, atau SNI 03-3046-1992.

- 1 Karakteristik kawat bronjong adalah :

- a). Tulang tepi, diameter : min. 3,4 mm
- b). Jaringan, diameter : min. 2,7 mm
- c). Pengikat, diameter : min. 2,0 mm
- d). Kuat tarik : 41 kg/mm<sup>2</sup>
- e). Perpanjangan, diameter : 10% (minimum)

Anyaman haruslah merata berbentuk segi enam yang teranyam dengan tiga lilitan dengan lubang kira-kira 80 mm x 100 mm yang dibuat sedemikian rupa hingga tidak lepas-lepas dan dirancang untuk diperoleh kelenturan dan kekuatan yang diperlukan. Keliling tepi dari anyaman kawat harus diikat pada kerangka bronjong sehingga sambungan-sambungan yang diikatkan pada kerangka harus sama kuatnya seperti pada badan anyaman.

- 2 Keranjang haruslah merupakan unit tunggal dan disediakan dengan dimensi yang disyaratkan dalam Gambar atau sesuai petunjuk Pengawas Pekerjaan dan dibuat sedemikian sehingga dapat dikirim ke lapangan sebelum diisi dengan batu.
- 3 Jenis lapisan kawat pada bronjong yang digunakan harus sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Gambar dengan memperhatikan kondisi lingkungan dan umur rencana.

Untuk menahan perpindahan tanah setempat tanpa terjadinya penyumbatan dalam jangka panjang maka geotekstil jenis filter sesuai dengan ketentuan Seksi 3.5 dari Spesifikasi ini harus digunakan

#### b Batu

Batu untuk pasangan batu kosong dan bronjong harus terdiri dari batu yang keras dan awet dengan sifat sebagai berikut :

- 1 Keausan agregat dengan mesin Los Angeles harus kurang dari 40%.
- 2 Berat jenis kering lebih besar dari 2,3.
- 3 Penyerapan Air tidak lebih besar dari 4%.

Kekekalan bentuk agregat terhadap natrium sulfat atau magnesium sulfat dalam pengujian 5 siklus (daur) kehilangannya masing-masing harus kurang dari 12% atau 18%.

Batu untuk pasangan batu kosong haruslah bersudut tajam, memiliki dimensi minimum 200 mm. Pengawas Pekerjaan dapat memerintahkan batu yang ukurannya lebih besar jika kecepatan aliran sungai cukup tinggi.

#### c Landasan

Landasan haruslah dari bahan drainase porous seperti yang disyaratkan dalam 2.5.7.2 c. dengan gradasi yang dipilih sedemikian hingga tanah fondasi tidak dapat hanyut melewati bahan landasan dan juga bahan landasan tidak hanyut melewati pasangan batu kosong atau bronjong.

#### d Adukan Mortar Pengisi (*Grout*)

Adukan mortar pengisi untuk pasangan batu kosong yang diberikan harus adukan mortar semen dengan kekuatan 5 MPa seperti yang disyaratkan dalam 2.2.4.2. d. 2.

## Contents

<b>2</b>	<b>MATERIAL</b> .....	<b>2-1</b>
2.1	Umum.....	2-1
2.2	Beton.....	2-1
2.2.1	Umum.....	2-1
2.2.2	Material .....	2-1
2.2.3	Rancangan Campuran Beton .....	2-7
2.2.4	Mortar dan Grouting .....	2-22
2.2.5	Beton Siklop.....	2-24
2.2.6	Beton Volume Besar .....	2-24
2.2.7	Beton Memadat Sendiri.....	2-26
2.2.8	Beton Di Cuaca Panas .....	2-27
2.2.9	Pelaksanaan Produksi Beton.....	2-28
2.2.10	Pengendalian Produksi Beton Di Lapangan.....	2-51
2.3	BAJA.....	2-57
2.3.1	Baja Struktur .....	2-57
2.3.2	Galvanisasi Pada Besi dan Baja Fabrikasi .....	2-59
2.3.3	Pengelasan Elemen Baja Struktur Jembatan.....	2-63
2.4	KAYU.....	2-68
2.4.1	Umum.....	2-68
2.4.2	Persyaratan Material Kayu.....	2-68
2.4.3	Toleransi Material Kayu .....	2-69
2.4.4	Pelaksanaan Material Kayu.....	2-70
2.4.5	Pengendalian Mutu Material Kayu .....	2-73
2.5	MATERIAL LAINNYA.....	2-74
2.5.1	Timbunan Tanah dan Khusus/Ringan .....	2-74
2.5.2	Perkerasan Aspal .....	2-77
2.5.3	Landasan.....	2-79
2.5.4	Siar Muai (Expansion Joint) Tipe Asphaltic Plug.....	2-84
2.5.5	Epoxy Resin.....	2-89
2.5.6	Geotekstil .....	2-92

2.5.7	Pasangan Batu .....	2-93
2.5.8	Pasangan Batu Kosong dan Beronjong .....	2-95
<b>Gambar 2.1 - Faktor Pengembangan Agregat Halus .....</b>		<b>2-35</b>
<b>Gambar 2.2 - Grafik gradasi agregat pasir untuk mortar-busa .....</b>		<b>2-76</b>
Tabel 2.1	- Diameter, Berat, dan Ukuran Tulangan Sirip .....	2-5
Tabel 2.2	- Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip .....	2-5
Tabel 2.3	- Toleransi Berat Perbatang .....	2-6
Tabel 2.4	- Toleransi Berat Per Lot .....	2-6
Tabel 2.5	- Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton .....	2-7
Tabel 2.6	- Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (*) .....	2-8
Tabel 2.7	- Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah .....	2-9
Tabel 2.8	- Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton .....	2-10
Tabel 2.9	- Maksimum rasio w/c atau rasio w/(c+p) yang diizinkan untuk beton tingkat pemaparan berat ( <i>severe exposures</i> ) * .....	2-11
Tabel 2.10	- Volume agregat kasar per satuan volume beton .....	2-12
Tabel 2.11	- Perkiraan awal berat beton segar .....	2-13
Tabel 2.12	- Kapasitas Wadah Ukur .....	2-18
Tabel 2.13	- Jumlah Lapisan Yang Diperlukan Untuk Benda Uji .....	2-22
Tabel 2.14	- Ketentuan <i>Slump Flow</i> .....	2-26
Tabel 2.15	- Ketentuan Penerimaan Hasil Uji Untuk SCC .....	2-27
Tabel 2.16	- Selimut beton untuk tulangan .....	2-30
Tabel 2.17	- Diameter minimum bengkokan yang disyaratkan .....	2-33
Tabel 2.18	- Standar Deviasi Secara Umum .....	2-35
Tabel 2.19	- Standar Deviasi Antar Pencampuran .....	2-35
Tabel 2.20	- Jumlah Minimum Penggunaan Alat Getar .....	2-42
Tabel 2.21	- Toleransi Waktu Yang Diizinkan .....	2-53
Tabel 2.22	- Ketentuan Kekuatan Minimum Baja Struktur .....	2-57
Tabel 2.23	- Ketentuan Beban Tarik Baut untuk tipe <i>Critical Slip Joint</i> .....	2-58
Tabel 2.24	- Jumlah contoh uji ketebalan .....	2-60
Tabel 2.25	- Ketebalan minimum lapisan pada contoh yang tidak disentrifugal .....	2-61
Tabel 2.26	- Ketebalan minimum lapisan pada contoh uji yang disentrifugal .....	2-61
Tabel 2.27	- Persyaratan Bahan Pengelasan Sesuai dengan Spesifikasi Umum .....	2-64
Tabel 2.28	- Waktu Izin Elektroda Terekspos Udara .....	2-66
Tabel 2.29	- Suhu <i>Preheat</i> dan <i>Interpass</i> .....	2-66
Tabel 2.30	- Ukuran cincin penutup baut .....	2-72
Tabel 2.31	- Gradasi Timbunan Pilihan Berbutir .....	2-74
Tabel 2.32	- Gradasi agregat pasir alam berdasarkan ukuran saringan .....	2-75
Tabel 2.33	- Gradasi Agregat CPHMA Hasil Ekstraksi .....	2-78
Tabel 2.34	- Kadar dan Sifat Aspal Hasil Ekstraksi CPHMA .....	2-78
Tabel 2.35	- Ketentuan Sifat-sifat Campuran CPHMA .....	2-78
Tabel 2.36	- Sifat-sifat Karet Alam dan Karet Sintetis ( <i>Neoprene</i> ) .....	2-80
Tabel 2.37	- Toleransi Dimensi Total Yang Diizinkan .....	2-81

Tabel 2.38 - Toleransi Dimensi pada Lembaran PTFE.....	2-83
Tabel 2.39 - Toleransi Profil.....	2-83
Tabel 2.40 - Toleransi Landasan Elastomer.....	2-84
Tabel 2.41 - Ketentuan Sifat-sifat <i>Asphaltic Plug</i> .....	2-85
Tabel 2.42 - Ketentuan Sifat-sifat Agregat.....	2-86
Tabel 2.43 - Persyaratan Bahan <i>Performed Elastomeric Joint Seal</i> .....	2-86
Tabel 2.44 - Ketentuan Bahan Silikon.....	2-87
Tabel 2.45 - Ukuran Lebar Celah dan Tebal Pelat Penutup.....	2-88
Tabel 2.46 -Persyaratan Fisik Pelengkap.....	2-90
Tabel 2.47 - Persyaratan Kekuatan Geotekstil.....	2-93

## 3. PEKERJAAN STRUKTUR BETON

### 3.1 Umum

Bab ini meliputi aspek-aspek mengenai konstruksi beton dari persiapan acuan, perancah, dan pemasangan tulangan pada posisinya. Selain itu juga akan dibahas terkait pekerjaan beton pra-tekan.

### 3.2 Beton Bertulang

#### 3.2.1 Umum

Bab ini meliputi aspek-aspek mengenai konstruksi beton dari persiapan acuan, perancah, dan pemasangan tulangan pada posisinya, sampai pengecoran dan perawatan beton pada acuannya.

#### 3.2.2 Acuan

##### 3.2.2.1 Umum

Acuan (*bekisting*) adalah tempat menuangkan adukan beton, terbuat dari papan, atau tripleks, atau plat baja yang diberi rangka sehingga kuat dan tidak berubah bentuk pada saat adukan beton dituangkan, permukaan bekisting bagian dalam harus rata dan halus agar diperoleh hasil cetakan beton yang baik suatu konstruksi yang bersifat sementara pada praktik konstruksi beton sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan.

##### 3.2.2.2 Perencanaan Acuan

Perencanaan sebuah sistem serta metode kerja acuan menjadi tanggung jawab dari pihak Penyedia Jasa. Sehingga segala resiko dalam pekerjaan tersebut sudah pasti menjadi hal yang harus ditekan serendah mungkin. Tentunya hal ini dapat dilakukan dengan perencanaan yang sematang mungkin dengan memperhatikan segala faktor yang menjadi pendukung atau yang menjadi kendala dalam pelaksanaan nantinya. Untuk acuan yang direncanakan dengan menggunakan metode perencanaan kayu konvensional. Bila sifat-sifat kayu tidak diketahui, perkiraan dari tegangan-tegangan yang diijinkan, modulus elastisitas, dan sebagainya harus dibuat. Disayangkan bahwa akan terdapat kemungkinan ketidaktepatan yang tinggi kecuali jika golongan kayu diketahui.

Perencanaan harus dilaksanakan berdasarkan Peraturan Perencanaan Jembatan Bina Marga yang terbaru atau Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu (SNI 7973:2013).



### 3.2.2.3 Jenis-Jenis Acuan

Berdasarkan bahannya, acuan *dibedakan* menjadi beberapa jenis. Jenis-jenis tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing baik dari segi pelaksanaan, biaya, dan durabilitasnya. Berikut adalah jenis-jenis acuan:

#### a. Acuan Kayu

Acuan kayu biasanya dibangun di lokasi dengan menggunakan kayu dan *plywood*. Sangat mudah untuk dibuat, tetapi memakan waktu untuk struktur yang lebih besar, dan kayu lapis memiliki masa pakai yang relatif singkat. Sistem ini masih sering digunakan di mana biaya tenaga kerja lebih rendah daripada biaya untuk pengadaan bekisting pabrikan. Adapun kelebihan dan kekurangan acuan kayu sebagai berikut:

1. Kelebihan Acuan Kayu:
  - a) Penanganan mudah karena ringan.
  - b) Mudah dibongkar.
  - c) Bagian yang rusak bisa diganti dengan yang baru sangat fleksibel.
2. Kekurangan Acuan Kayu:
  - a) Tidak bisa digunakan untuk waktu yang lama.
  - b) Umumnya penggunaan kembali terbatas, Hanya dapat digunakan kembali 5 atau 6 kali. Jika kayu dalam kondisi kering, maka akan menyerap kelembaban dari beton segar yang dapat melemahkan bagian beton yang dihasilkan.
  - c) Kayu dengan kadar air yang tinggi (lebih dari 20% kadar air), beton segar menyusut sehingga mengarah pada terbukanya sambungan dan mengakibatkan kebocoran.

Terdapat beberapa jenis acuan yang berbahan dasar kayu, adapun jenis-jenis acuan kayu yang umumnya digunakan adalah:

1. Kayu lapis (*plywood*), adalah bahan acuan kayu yang terbaik. Biasanya permukaan bahan ini mempunyai plastik sehingga, menghasilkan permukaan yang halus dan mempunyai ketahanan. Dengan cara penggunaan yang hati-hati bahan ini dapat dipakai kembali hingga 20 kali. *Plywood* harus diluruskan dengan alur pada papan luar tegak lurus terhadap stud atau sambungan untuk kekuatan dan kekakuan yang maksimum.
2. Papan kayu, adalah jenis acuan yang sering dipakai sebagai permukaan acuan tetapi tidak menghasilkan permukaan yang baik pada beton setelah dilepas. Papan yang digunakan di Indonesia sering mempunyai lebar tidak seragam dan sulit untuk ditutup (*seal*).
3. Acuan kayu tepi, Acuan tepi yang non-struktural dapat digunakan pada acuan kayu bangunan (struktural). Tipe demikian termasuk *hard board* kayu (6 mm) dan lapis tahan air yang dipakukan pada papan penahan dengan paku kepala datar. Ini merupakan alternatif yang praktis apabila papan kayu dipakai untuk acuan pelat lantai.
4. Papan partikel tahan air (200 mm). Bahan ini lebih murah dari pada acuan lapis tetapi jumlah pemakaian kembali sangat terbatas. Seharusnya tidak dipakai

untuk acuan permukaan yang tampak, dimana diperlukan penyelesaian permukaan yang halus.

b. Acuan Baja

Acuan baja sering kali dibuat dengan fungsi khusus (*purpose built*) yang diharapkan pemakaian kembali dalam frekwensi yang besar, sampai 200 kali atau lebih, dan biayanya dapat seimbang. Bila penyelesaian permukaannya diutamakan, baja tersebut harus disemprot (*blast*) dengan ringan dan dirawat untuk mencegah berkaratnya baja.

Sama halnya dengan jenis acuan lain, penggunaan acuan baja juga memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Adapun kelebihan dan kekurangan acuan baja sebagai berikut:

1. Kelebihan Acuan Baja:

- a) Penanganan mudah karena ringan
- b) Mudah dibongkar
- c) Bagian yang rusak bisa diganti dengan yang baru sangat fleksibel

2. Kekurangan Acuan Baja:

- a) Terbatas ukuran atau bentuk dengan produksi harus dihasilkan dari pabrikasi.
- b) Akan menghasilkan permukaan sangat halus menjadi permasalahan dalam proses *finishing*.

Acuan Baja biasanya dibuat dengan sistem prepabrikasi dengan bingkai logam (biasanya baja atau aluminium) dan menutup bagian yang akan diaplikasikan (beton) dengan material yang memiliki bentuk permukaan diinginkan. Dua kelebihan utama dari sistem bekisting, dibandingkan dengan bekisting kayu tradisional, adalah kecepatan konstruksi (sistem pemasangan modular pin, klip, atau sekrup dengan cepat) dan dapat digunakan kembali bahkan hingga ribuan kali namun tergantung dari perawatan dan pemakaiannya.

Baja atau pelat untuk acuan akan mengalami lendutan yang semakin besar oleh pemakaian yang berulang-ulang. Baja memantulkan dengan jelas faktor-faktor seperti jarak antara *stud*, las *tack*, las pelat, angka/huruf yang dicat atau ditulis pada permukaan, dan setelah pemakaian kembali juga pola serpihan sisik pabrik akan tampak pada beton. Hal demikian lebih jelas terlihat apabila cahaya menyinari permukaan beton atau dipantulkan dari air. Untuk mendapatkan hasil yang baik, detail praktis berikut harus diperhatikan dalam penggunaan acuan baja adalah:

1. Lembaran dengan bentang bersih lebih dari 300 mm disarankan untuk tidak digunakan pada pekerjaan yang dituntut berkualitas baik.
2. Pengelasan harus sesedikit mungkin.
3. Semua pengelasan harus dilakukan dengan batang las berkualitas yang sangat ringan.
4. Pengelasan dilakukan dengan urutan yang memperkecil distorsi.
5. Perlu diingat bahwa lembaran atau pelat baja tidak selalu datar.
6. Perekatan di antara acuan baja sulit dilakukan. Mungkin perlu menggunakan pita perekat dari karet.

7. Perlu digunakan larutan pelepas (*release agent*) yang mencegah karat.

Beberapa macam panel baja serbaguna tersedia di pasaran. Salah satu jenis adalah panel acuan dinding dan pelat serba guna, terdiri dari kayu lapis disisipkan dalam rangka baja dan yang dapat diganti. Sistem ini telah banyak digunakan pada konstruksi dinding penahan tanah dan cocok digunakan untuk pembentukan daerah yang luas, datar, tidak terganggu di mana sambungan diperbolehkan.

c. Acuan Aluminium

Acuan aluminium adalah salah satu jenis acuan yang menggunakan bahan dasar aluminium. Sama halnya seperti acuan berbahan dasar baja, acuan ini juga merupakan acuan dengan jenis pabrikasi. Sehingga pada pengadaannya acuan jenis aluminium harus terlebih dahulu didesain dan direncanakan dengan kondisi geometri tertentu.

Sama halnya dengan jenis acuan lain, penggunaan acuan berbahan aluminium juga memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Adapun kelebihan dan kekurangan acuan baja sebagai berikut:

1. Kelebihan Acuan Aluminium:

- a) Struktur acuan lebih ringan dibanding kayu dan besi.
- b) Ekonomis, dapat menghemat hingga 20 – 30% biaya tenaga kerja jika dibandingkan dengan acuan berbahan kayu.
- c) Dapat digunakan berulang kali dengan perawatan tertentu dan menghasilkan sampah yang sedikit, sehingga dapat lebih ramah lingkungan.

2. Kekurangan Acuan Aluminium:

- a) Harga yang relatif lebih mahal.
- b) Umumnya digunakan pada konstruksi skala besar.
- c) Hanya tersedia untuk jenis pabrikasi.
- d) Pada beberapa jenis aluminium dapat beraksi dengan campuran beton yang bisa mengakibatkan penurunan kualitas beton.

#### 3.2.2.4 Syarat Umum Pekerjaan Acuan

Terdapat beberapa syarat dalam pelaksanaan acuan sehingga nantinya acuan beton dapat sesuai dengan rencana, adapun syarat sehingga acuan dianggap layak untuk pekerjaan konstruksi beton adalah:

- a. Hubungan-hubungan antar papan bekisting harus lurus dan harus dibuat kedap air, untuk mencegah kebocoran adukan atau kemungkinan deformasi bentuk beton. Hubungan-hubungan ini harus diusahakan seminimal mungkin. Bekisting harus cukup tebal dan terikat kuat. Bekisting harus memenuhi toleransi deviasi maksimal berikut:

1. Deviasi garis vertikal dan horizontal:

- a) 6 mm, pada jarak 3000 mm.
- b) 10 mm, pada jarak 6000 mm.
- c) 20 mm, pada jarak 12000 mm, atau lebih.

2. Deviasi pada potongan melintang dari dimensi kolom atau balok, atau ketebalan plat 6 mm.

- b. Kedap air guna menjaga kualitas dari beton yang akan dihasilkan nantinya.
- c. Acuan harus mampu mempertahankan posisi yang diperlukan selama pengecoran, pemadatan dan perawatan.
- d. Acuan harus dibuat sedemikian sehingga dapat dibongkar tanpa merusak beton.
- e. Pasangan acuan harus dilakukan dengan tepat dan sudah diperkuat (*bracing*), sesuai dengan desain dan standar yang telah ditentukan sehingga bisa dipastikan akan menghasilkan beton yang sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan akan bentuk, kelurusan dan dimensi.
- f. Pada bagian-bagian yang akan terlihat, tambahkan pinggulan-pinggulan (*chamfer strips*) pada sudut-sudut luar (vertikal dan horizontal) dari balok, kolom dan dinding.
- g. Aplikasi bahan pelepas acuan (*form release agent*) harus sesuai dengan rekomendasi pabrik. Aplikasi harus dilaksanakan sebelum pemasangan besi beton, angkur-angkur dan bahan-bahan tempelan (*embedded item*) lainnya. Bahan yang dipakai dan cara aplikasinya tidak boleh menimbulkan karat atau mempengaruhi warna permukaan beton.

### 3.2.2.5 Sistem Acuan

Ditinjau dari metode penggunaannya pada kebutuhan proses konstruksi jembatan, terdapat beberapa sistem acuan yang umum digunakan, sistem acuan tersebut adalah:

#### a. Sistem Acuan Kantilever

Acuan kantilever adalah acuan yang digunakan untuk menopang area diluar fondasi sebuah bangunan (menjorok keluar). acuan kantilever juga dapat digunakan sebagai railing bagi pekerja, dipasang dan dikaitkan pada perancah standar paling tepi.

Penggunaan acuan kantilever biasanya digunakan pada pekerjaan element struktur jembatan pilar, slab lantai, dan trotoar. Ilustrasi acuan kantilever diperlihatkan pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1- Sistem acuan kantilever**

Terdapat kelebihan dan kekurangan penggunaan acuan sistem kantilever, yaitu:

1. Kelebihan Acuan Sistem Kantilever:
  - a) Untuk penopang bekisting area luar fondasi.
  - b) Memudahkan pekerja bekisting saat bekerja diarea tepi.

- c) Memudahkan *quality control* saat mengawasi hasil kerja pekerja bekisting (sebelum pengecoran).
  - d) Memudahkan pekerja cor saat mengarahkan pipa cor.
2. Kekurangan Acuan Sistem Kantilever:
- a) Menambah biaya dalam pengadaan keseluruhan kelengkapan acuan kantilever.
  - b) Menambah waktu untuk pemasangan acuan kantilever.
  - c) Masing-masing proyek memiliki standarisasi dalam menentukan desain ataupun alat untuk acuan kantilever sehingga akan sulit membuat estimasi diawal proyek.
- b. Sistem Acuan *Knock Down*

Sistem bekisting *knock down* dapat bermaterialkan baja, kayu, dan aluminium. Penggunaan acuan sistem *knock down* sangat umum digunakan baik pada struktur gendung maupun jembatan. Khusus untuk pelaksanaan pada jembatan, biasanya sistem *knock down* digunakan untuk elemen struktur jembatan gelagar, slab lantai, tiang sandaran, pilar, dan *pile cap*. Ilustrasi acuan kantilever diperlihatkan pada Gambar 3.2 berikut.



**Gambar 3.2- Sistem acuan kantilever**

Terdapat kelebihan dan kekurangan penggunaan acuan sistem *Knock Down*, yaitu:

1. Kelebihan acuan sistem *knock down*
  - a) Penggunaan awet dan tahan lama.
  - b) Mudah saat proses pelaksanaan.
2. Kekurangan acuan sistem *knock down*
  - a) Memerlukan biaya yang relatif lebih besar.
  - b) Dibutuhkan komponen bahan untuk pembuatan bekisting lebih banyak.
  - c) Pelaksanaan membutuhkan tenaga kerja yang lebih banyak.

### 3.2.2.6 Tahap Pelaksanaan Pekerjaan Acuan

Langkah pertama pada pembuatan acuan adalah Penyedia Jasa harus menyiapkan dan menyerahkan satu set Gambar Kerja kepada Pengawas Pekerjaan. Setelah itu Penyedia Jasa harus memperhatikan ketentuan pada syarat-syarat teknik sehubungan dengan:

- a. Material
- b. Desain
- c. Persiapan acuan untuk pengecoran
- d. Pembongkaran acuan
- e. Penyelesaian beton yang tampak/*expose*
- f. Pemeriksaan terhadap acuan
- g. Persetujuan yang diperlukan sebelum pengecoran, pembongkaran acuan dan sebagainya.

Sebelum melaksanakan pekerjaan perancah, Penyedia Jasa harus melakukan pengecekan terhadap gambar-gambar pelaksanaan di mana dapat diterapkan:

- a. Nilai-nilai asumsi dari beban hidup.
- b. Kecepatan pengecoran beton dan urutannya.
- c. Suhu beton.
- d. Tinggi jatuh beton kedalam acuan (maksimal 80 cm).
- e. Berat dari peralatan bergerak yang beroperasi.
- f. Diagram lawan lendut.
- g. Material acuan.
- h. Ukuran, panjang, toleransi dan detail sambungan.
- i. Angker, penopang dan penguat.
- j. Penyesuaian lapangan dari acuan pada waktu pengecoran beton.
- k. Penahan air, *keyway* dan *insert* yang diperlukan untuk pemasangan kemudian dari pada bahan pelaksanaan.
- l. Perancah kerja dan jembatan kerja.
- m. *Weephole* atau lubang vibrator dimana perlu.
- n. *Screed* dan *grade strip* dan pendukungnya.
- o. Pelat pembongkar, dimana pembongkaran dapat merusak beton.
- p. Detail dari ikatan dan , termasuk pembongkarannya
- q. Lubang pembersihan dan lubang sementara untuk pengecoran beton.
- r. Sambungan pelaksanaan, sambungan kontrol dan sambungan pemuaian.
- s. Penyediaan fondasi untuk acuan, misalnya pelat alas.
- t. Lapisan acuan atau lapisan khusus
- u. Catatan mengenai saluran dan pips yang tertanam.
- v. Detail dari penopang.
- w. Penyediaan khusus untuk keamanan dan perlindungan dari debu, matahari, api dan sebagainya.

Setelah semua pemeriksaan terhadap kesiapan desain, gambar, dan pekerjaan telah dilakukan, maka untuk tahapan pelaksanaan pekerjaan acuan dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Perencanaan acuan, dalam melakukan perencanaan acuan diperlukan pemahaman terkait struktur bangunan yang hendak dikerjakan. Adapun perencanaan acuan meliputi:
  1. Melakukan pemahaman terkait pekerjaan struktur yang akan dikerjakan.
  2. Menghitung kebutuhan material untuk pekerjaan acuan yang akan dibuat.
- b. Pengadaan dan Persiapan Pekerjaan Acuan, dilakukan terkait penggunaan material, mobilisasi, dan penyimpanan material jika diperlukan.
- c. Pemasangan/Instalasi Acuan, pemasangan acuan dilakukan sesuai dengan Gambar Kerja yang telah disetujui, adapun tahap pemasangan acuan meliputi:
  1. Tentukan jarak, level, dan dimensi sebelum memulai pekerjaan. Pastikan ukuran-ukuran ini sudah sesuai dengan gambar rencana.
  2. Pemasangan acuan harus menyesuaikan dengan garis muka ukuran yang telah dibuat.
  3. Setelah pemasangan acuan, acuan yang terpasang harus dicek kembali terkait ukuran, posisi, ketegakan, kedataran, kekakuan, dan kekuatan sebelum melakukan pengecoran.
- d. Pembongkaran Acuan, pembongkaran bekisting bisa dilakukan setelah pekerjaan struktur selesai dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Pembongkaran dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak struktur beton yang telah terpasang.

### **3.2.2.7 Sambungan Antar Acuan**

Sambungan antara panel acuan harus rapat air. Jika tidak, kemungkinan akan terjadi kehilangan kelembaban yang mengakibatkan keropos (*honey comb*) pada permukaan beton. Detail sambungan harus memperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Merekat pinggir kayu lapis (*plywood*) dengan perekat dan menekan rapat-rapat sambungan satu sama lain.
- b. Penggunaan pita pengisi sambungan atau produk paten lainnya yang sesuai, sehingga menekan secara keras pada rakitan acuan dan oleh karena itu menutupi setiap ketidak-teraturan kecil pada bidang batas.
- c. Bergeraknya konstruksi acuan tersebut akibat tekanan pengerasan beton tidak boleh merenggangkan sambungan.
- d. Ujung panel yang menonjol harus diperkaku secara merata, sehingga salah satu sisi sambungan tidak melendut lebih dari yang lainnya pada waktu pengecoran.
- e. Pita (*tape*) pengisi harus bersifat tidak menyerap (*non-absorbent*) dengan busa sel tertutup.

### **3.2.2.8 Persiapan Acuan Untuk Pengecoran**

Jika pekerjaan acuan telah selesai dilakukan dan pekerjaan selanjutnya yaitu pengecoran beton akan segera dilakukan, Penyedia Jasa pelaksana harus melakukan pra-pengecoran terhadap acuan sebagai berikut:

a. Pembersihan Acuan

Segala debu, adukan, serpihan kayu, serbuk gergaji dan sebagainya harus dibuang dari acuan sebelum pengecoran dimulai. Jika dasar acuan tidak dapat dijangkau, harus disediakan lubang-lubang pembersih pada titik-titik yang sesuai sehingga dapat dilakukan pembersihan tersebut. Suatu semprotan udara atau air seringkali dapat dipakai secara efektif untuk menghilangkan kotoran. Semua lubang pembersih tersebut harus ditutup dengan hati-hati setelah membersihkan acuan.

b. Penggunaan Bahan Pelepas (Minyak Acuan)

Pemakaian minyak bekisting di samping untuk memperoleh hasil permukaan beton yang bagus juga untuk memudahkan pembongkaran. Terdapat beberapa bahan seperti pelapis plastik yang tidak memerlukan bahan pelepas, dan bahan lain yang hanya memerlukan pembasahan untuk memudahkan pelepasan. Akan tetapi untuk sebagian besar bahan akan lebih mudah bila memakai bahan pelepas yang sesuai.

1. Larutan Pelepas Acuan (*Release agent*)

Acuan harus dilumuri secara tipis, larutan pelepas sebelum atau sesudah acuan itu dipasang, tetapi harus sebelum pemasangan tulangan. Minyak untuk acuan tidak boleh mengenai tulangan atau permukaan beton pada konstruksi sambungan. Hanya minyak dan pelumas yang telah disetujui kesesuaiannya dapat digunakan untuk acuan beton. Sebagian besar minyak dan pelumas untuk pemakaian umum tidak dapat digunakan karena mengandung zat yang dapat merusak beton.

Harus dihindari pemakaian minyak acuan yang terlalu banyak karena ini dapat menyebabkan penumpukan minyak pada beberapa bagian acuan.

2. Syarat Penggunaan Bahan Pelepas (Minyak Acuan)

Sebagian besar bahan acuan memerlukan lapisan bahan pelepas pada permukaan yang akan terkena beton. Berikut adalah persyaratan untuk bahan pelepas (minyak acuan):

- a) Dapat bertindak sebagai campuran pemisah untuk memudahkan pelepasan acuan dengan mudah tanpa lekatan beton pada permukaannya.
- b) Dapat bertindak sebagai penutup (*sealer*) sehingga mencegah acuan menyerap air beton.
- c) Tidak akan melunturkan atau merubah bentuk permukaan beton.
- d) Tidak akan meninggalkan bahan pada permukaan yang akan mencegah adhesi (lekatan) dari plester, cat atau bahan lain yang diberikan kemudian.
- e) Tidak akan mengurangi umur efektif dari acuan.

3. Jenis-Jenis Bahan Pelepas

Bahan pelepas (juga dikenal sebagai minyak acuan atau minyak cetakan) pada umumnya berupa minyak murni (*neat oil*), krem cetakan (air yang diemulsi menjadi wahana minyak), emulsi yang larut air (minyak yang diemulsi menjadi wahana air) atau minyak murni (*neat oil*) dengan bahan tambahan (bahan *surfacing* atau *wetting*).

Minyak acuan yang terdapat di pasaran untuk acuan kayu harus mampu menembus kayu secukupnya, dengan hanya meninggalkan bekas yang sedikit berminyak pada permukaan.



Kayu keras dapat mengandung tanin sehingga menyebabkan pengerasan tertunda (*retarded*). Bila kondisi ini terlihat, dapat diperbaiki dengan memberikan bilasan semen sebelum menggunakan lapisan minyak acuan.

Selain minyak acuan yang dijual bebas, minyak diesel atau minyak *linseed* yang diberi minyak tanah dapat dipakai untuk acuan kayu lapis. Kayu lapis dapat diberi lapisan *shellac*, pernis, produk dengan dasar *resin*, atau campuran plastik yang hampir seluruhnya menghilangkan air dari kayu lapis, sehingga mencegah serat naik. Lapisan demikian hanya memerlukan pemberian minyak yang sedikit.

#### 4. Bahan Pelepas Acuan Baja

Minyak acuan yang dapat digunakan dengan baik pada kayu mungkin tidak selalu cocok untuk acuan baja. Minyak acuan dengan dasar parafin, dan minyak berdasar minyak bumi (*petroleum*) dicampur dengan minyak sintetis, silikon atau grafit, telah berhasil digunakan dengan baik.

#### c. Pemberian Lapisan Permukaan Acuan

Seperti dirol, disemprot, dilap dan sebagainya, tergantung pada jenis pelapisnya. Penutupan harus secara penuh dan seragam untuk pelepasan dan penampilan yang baik. Tidak diperbolehkan adanya lapisan berlebih untuk melunturi beton. Minyak acuan yang sangat encer tidak boleh dipakai dalam cuaca panas pada acuan vertikal yang kedap air seperti baja karena minyak cenderung mengalir, mengakibatkan adhesi dipuncak dan minyak berlebih pada bagian bawah.

Apabila mungkin, acuan harus dilapisi sebelum pemasangan. Jika hal ini tidak mungkin, pemberian lapisan harus mendahului penempatan penulangan sehingga baja bebas dari bahan pelapis. Permukaan beton pada sambungan pelaksanaan juga harus bebas dari minyak acuan.

#### d. Penyesuaian Acuan

##### 1. Pra-Pengecoran Beton

Biasanya akan sangat sulit/hampir tidak mungkin untuk meluruskan kembali pada acuan yang mengandung beton. Sehingga diperlukan penyesuaian acuan sebelum pekerjaan pengecoran. Hal yang perlu dipersiapkan sebelum proses pengecoran beton (pra-engecoran) sebagai berikut:

- a) Alat-alat harus dipasang pada acuan yang ditopang dan ditempat lain seperlunya, untuk memudahkan deteksi dan pengukuran gerakan pada acuan pada waktu pengecoran.
- b) Baji yang dipakai untuk alinyemen akhir sebelum pengecoran harus dipasang tetap pada posisinya (misalnya dengan pemakuan) setelah pemeriksaan akhir.
- c) Peralatan penyesuaian (baji atau dongkrak) harus disediakan untuk memungkinkan alinemen kembali atau penyesuaian kembali pada perancah bila terjadi penurunan atau pergeseran yang berlebih.

##### 2. Saat Pengecoran dan Pasca-Pengecoran Beton

Hal yang perlu dilakukan saat proses pengecoran dan setelah pengecoran beton (pasca-engecoran) adalah Kerataan (*level*), lawan lendut dan ketegakan dari acuan harus selalu diperiksa serta harus segera dibuat ' penyesuaian-penyesuaian. Pada waktu pengecoran, penting untuk menugaskan seorang tukang kayu untuk selalu memperhatikan acuannya, mengencangkan baji,

menyesuaikan penguat dan mencari titik-titik lemah. Ia harus dapat bertindak cepat bila terjadi keadaan darurat.

Bila pada waktu pengecoran terjadi kelemahan dan perancah mengalami penurunan berlebih atau perubahan bentuk sebelum kelemahan dapat dikoreksi, pekerjaan harus dihentikan, bangunan yang terpengaruh harus dipindahkan bila rusak, dan kemudian perancah harus diperkuat.

e. Penyelesaian Luar Acuan (Penghalusan Permukaan Acuan)

Biasanya akan ekonomis bila bahan struktur acuan disiapkan juga untuk penyelesaian permukaan. Jika diperlukan ciri-ciri khusus seperti kehalusan, pola, tekstur, detail kecil dan sebagainya yang diperlukan pada penyelesaian, harus memperhatikan dengan benar pemilihan material acuan dan konstruksi acuan. Permukaan kontak sangat penting pada penyelesaian luar acuan. Bahan pelapis atau selubung yang dipakai menentukan ciri-ciri permukaan.

Kebanyakan bahan penutup dan pelapis tersedia dengan kelas yang cukup halus untuk dapat membentuk permukaan beton yang bebas noda. Pilihan yang tepat akan minyak acuan atau pelapis sangat penting untuk menghasilkan kehalusan yang diinginkan.

Jika permukaan harus bebas dari bekas-bekas penutup, sambungan antara papan atau panel harus diisi atau ditutup. Hampir tidak mungkin untuk menghilangkan bekas-bekas yang terjadi oleh penyambungan panel yang halus dari acuan. Jika acuan atau pelapis dapat menutupi seluruh jarak antara sambungan, sambungan antara unit-unit akan kurang terlihat.

### 3.2.2.9 Pembongkaran dan Pembersihan Acuan Pasca Pengecoran (*Dismantling*)

Acuan tidak boleh dibongkar sampai beton telah mencapai kekuatan yang disyaratkan, yang ditentukan melalui pengujian, atau setelah melampaui jangka waktu tertentu. Acuan harus selalu dibersihkan, diminyaki dan ditumpuk dengan hati-hati pada waktu tidak dipakai. Dengan cara yang sama, peralatan acuan lainnya harus diperiksa terhadap adanya kerusakan, harus diminyaki dan disimpan dalam drum-drum.

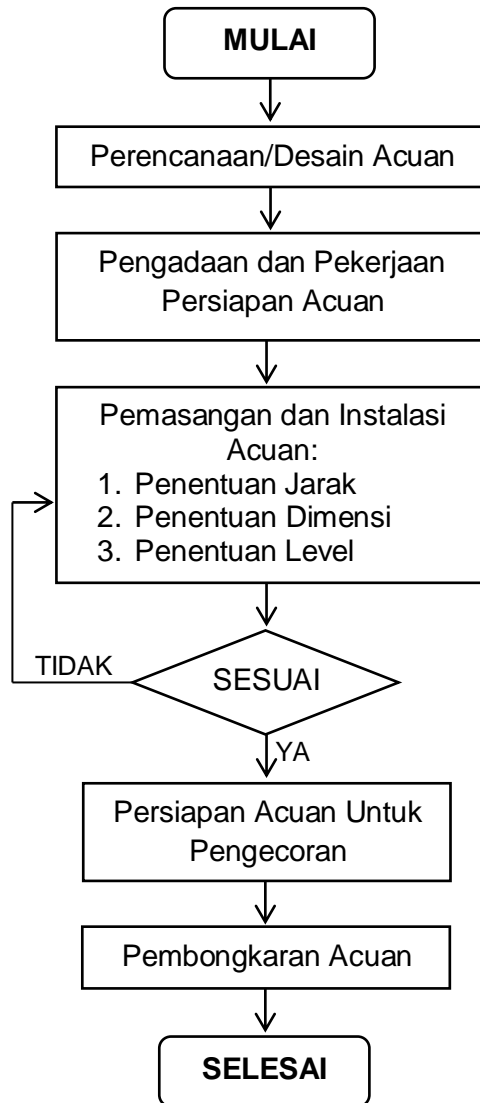
Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembongkaran dan pembersihan acuan pasca pengecoran (*dismantling*) adalah:

- a. Pembukaan bekisting harus dilakukan dengan hati-hati, agar peralatan-peralatan yang dipakai untuk membuka tidak merusak permukaan beton.
- b. Acuan tidak boleh dibongkar sampai beton telah mencapai kekuatan yang disyaratkan, yang ditentukan melalui pengujian, atau setelah melampaui jangka waktu tertentu.
- c. Acuan tidak boleh dibongkar dari bidang vertikal, dinding, kolom yang tipis dan struktur yang sejenis lebih awal 30 jam setelah pengecoran beton. Cetakan yang ditopang oleh perancah di bawah pelat, balok, gelagar, atau struktur busur, tidak boleh dibongkar hingga pengujian menunjukkan bahwa paling sedikit 85 % dari kekuatan rancangan beton telah dicapai.
- d. Acuan harus selalu dibersihkan, diminyaki dan ditumpuk dengan hati-hati pada waktu tidak dipakai. Dengan cara yang sama, peralatan acuan lainnya harus diperiksa terhadap adanya kerusakan, harus diminyaki dan disimpan dalam drum-drum.
- e. Untuk memungkinkan pengerjaan akhir, acuan yang digunakan untuk pekerjaan ornamen, sandaran (*railing*), dinding pemisah (*parapet*), dan permukaan vertikal

yang terekspos harus dibongkar dalam waktu paling sedikit 9 jam setelah pengecoran dan tidak lebih dari 30 jam, tergantung pada keadaan cuaca.

### 3.2.2.10 Bagan Alir Pelaksanaan Pekerjaan Acuan

Proses pelaksanaan pekerjaan acuan dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut.



Gambar 3.3- Bagan alir pelaksanaan pekerjaan perancah

### 3.2.3 Perancah

#### 3.2.3.1 Umum

Perancah adalah struktur bangunan yang dibuat dengan sifat sementara yang digunakan sebagai penyangga tenaga kerja, bahan-bahan serta alat-alat pada setiap pekerjaan konstruksi bangunan termasuk pekerjaan pemeliharaan dan pembongkaran. Perancah direncanakan harus mampu menahan beban hidup, beban mati, beban angin, dan kombinasi dari semua beban yang bekerja.

#### 3.2.3.2 Material Perancah

Bahan perancah yang umum digunakan untuk konstruksi jembatan di Indonesia adalah sebagai berikut:

- a. Kayu, Menurut PBI tahun 1971 bab 5 ayat 1, memberikan pedoman bahwa acuan perancah harus terbuat dari bahan – bahan baik yang tidak mudah meresap air dan direncanakan sedemikian rupa, sehingga mudah dilepas dari beton tanpa menyebabkan kerusakan pada beton. Kayu yang akan digunakan harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut:
  1. Sebaiknya kayu memiliki kadar air 10% s/d 20%.
  2. Partikel – partikel yang dikandung kayu sebaiknya reaktif dan tidak merusak beton.
  3. Perubahan bentuk kayu akibat temperatur maupun kelembaban udara setempat sekecil mungkin.
  4. Kuat dan ekonomis.
  5. Mudah dikerjakan dan mudah dipasang alat sambung.
- b. Kayu lapis (*plywood*)

Untuk pekerjaan yang cukup besar, kayu lapis banyak dipergunakan sebagai bahan papan acuan (cetakan). Pada acuan yang menggunakan kayu lapis diusahakan meminimalisir penggunaan paku, agar pembongkarannya dapat dengan mudah dilakukan dan dapat meminimalisir kerusakan bahan akibat metode pembongkaran yang salah. Keuntungan dari kayu lapis adalah bahwa kayu lapis dapat dibengkokkan dan ditempatkan pada kerangka/cetakan untuk pengecoran, dan dapat digunakan berulang-ulang.
- c. Dolken

Dikategorikan sebagai kayu bulat dengan diameter 5 cm –10 cm.
- d. Aluminium

Karena adanya sifat-sifat tertentu yang lebih menguntungkan seperti berat dan biaya pemeliharaannya yang ringan, menyebabkan aluminium cenderung lebih digunakan pada konstruksi acuan perancah bila dibandingkan dengan logam lain. Tetapi karena harganya yang lebih mahal, menyebabkan penggunaannya yang sangat dibatasi.
- e. Baja

Penggunaan baja sebagai acuan perancah pada konstruksi untuk beton dengan syarat tertentu. Dalam teknik konstruksi perancah, baja digunakan dalam berbagai bentuk, baik sebagai alat sambung maupun sebagai penyangga konstruksi. Pemilihan baja sebagai acuan perancah dikarenakan oleh:

1. Pemakaian dalam jumlah yang sangat banyak.
2. Membutuhkan toleransi kesalahan yang sangat kecil.
3. Melibatkan tegangan (*stress*) yang tinggi.

### 3.2.3.3 Jenis-Jenis Perancah

Pada awalnya perancah yang banyak digunakan adalah perancah yang terbuat secara tradisional yaitu dari bahan kayu dolken dan bambu. Namun dengan berkembangnya teknologi bekisting sejalan dengan peningkatan efisiensi dan efektifitas kerja, maka telah banyak dikembangkan perancah dari bahan baja. Perancah telah dikembangkan dalam berbagai jenis dan tipe. Sejalan dengan perkembangan pemakaian beton, konstruksi perancah juga mengalami perkembangan menjadi 3 jenis sistem:

#### a. Sistem Konvensional/Tradisional

Acuan perancah sistem sederhana biasanya digunakan satu kali pakai. Bahan yang digunakan dapat berupa bahan organis, bahan buatan, atau gabungan keduanya. Depresiasi acuan perancah jenis ini sangat tinggi, karena banyak volume bahan terbuang pada proses pembuatan serta membutuhkan volume tenaga kerja yang cukup besar serta berpengalaman.

#### b. Semi Sistem Modern

Sistem ini dirancang untuk suatu pekerjaan dan ukuran – ukuran untuk komponen tertentu dengan masa penggunaan satu kali atau lebih. Karena kemungkinan dapat digunakan secara berulang, maka biaya investasi yang diperlukan dan upah kerja yang tidak terlalu tinggi.

#### c. Sistem Modern

Perkembangan terakhir dalam pemanfaatan acuan perancah adalah perancangan acuan perancah untuk memudahkan penggunaan dalam berbagai bentuk komponen struktur. Sistem ini dapat memudahkan dan mempercepat proses pemasangan dan pembongkaran. Dengan kualitas hasil yang lebih baik dibandingkan dengan sistem lain, acuan perancah dengan sistem ini dapat dimanfaatkan untuk beberapa kali masa penggunaan. Untuk meningkatkan kecepatan kerja, sistem ini telah dilengkapi dengan berbagai alat bantu yang disesuaikan dengan tujuan penggunaan.

### 3.2.3.4 Syarat Umum Pekerjaan Perancah

Berikut ini adalah persyaratan umum yang harus diperhatikan ketika melakukan pelaksanaan perancah:

- a. Perancah yang harus dibangun di atas permukaan yang datar dan mampu mendukung berat maksimum baik berat sendiri maupun berat beban yang dipikul oleh perancah.
- b. Persyaratan tanah sebagai landasan untuk dudukan perancah harus diperhatikan. Tanah harus mampu menahan beban yang bekerja pada perancah. Berikut ini kapasitas aman terhadap tanah pengukung landasan untuk perancah pada Tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1 - Daya Dukung Tanah Sebagai Landasan Perancah**

Jenis Landasan	Kondisi Landasan	Daya Dukung (ton/m <sup>2</sup> )
Pasir berkerikil	Padat	40 – 60
Kerikil	Lunak	30
Kerikil	Padat	40 – 70
Kapur	Lunak	15
Kapur	Keras	30 – 60
Batu	Lunak	20
Batu	Cukup keras	50 – 100
Tanah liat	Lunak	7,5
Tanah liat	Sedang	7,5 – 15
Tanah liat	Keras	15 – 30
Tanah liat	Sangat keras	30 – 60
Tanah liat berpasir	Lunak	7,5
Tanah liat berpasir	Sedang	7,5 – 15
Tanah liat berpasir	Keras	15 – 30
Tanah dan kerikil	Sangat lunak / jelek	Maks. 5

- c. Material dari perancah yang digunakan harus dalam kondisi baik dan diperiksa dengan teratur.
- d. Semua perancah harus mampu menyangga beban sesuai rancangannya dengan faktor keamanan yang tidak kurang dari 4.
- e. Perancah harus diberi lantai papan yang kuat dan rapat sehingga dapat menahan dengan aman tenaga kerja, peralatan dan bahan yang dipergunakan.
- f. Perancah tiang kayu yang terdiri dari sejumlah tiang kayu dan bagian atasnya dipasang gelagar sebagai tempat untuk meletakkan papan-papan perancah harus diberi palang pada semua sisinya.
- g. Lantai perancah harus diberi pagar pengaman, apabila tingginya lebih dari 2 meter.
- h. Keamanan perancah gantung harus diuji tiap hari sebelum digunakan.
- i. Perancah gantung yang digerakan dengan mesin harus menggunakan kabel baja.
- j. Perancah beroda yang dapat dipindah-pindahkan (*mobile scaffold*) harus dibuat sedemikian rupa sehingga perancah tidak memutar waktu dipakai.
- k. Jika ketinggian perancah empat kali lebar baseplate harus dipasang *support* yang diikatkan ke bangunan atau tiang untuk menjaga kestabilannya.
- l. Papan Perancah (*platform*) harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
  1. Papan perancah (*platform*) yang digunakan sebagai tempat berpijak pekerja atau sebagai dudukan bahan atau alat, harus kuat.
  2. Lantai perancah harus diberi pagar pengaman, jika tingginya > 2 m
  3. Papan dengan bagian yang pecah tidak boleh digunakan.
  4. Papan dengan mata kayu lebih dari 2 inci tidak boleh digunakan.
  5. Titik tumpuan akhir papan *platform* harus terletak pada *support*.

6. *Overlap platform* tidak boleh kurang dari 30 cm melewati *support*.
  7. Kayu *platform* tidak boleh dicat yang dapat menutupi keretakan.
  8. Pemasangan kayu *platform* harus rapat.
  9. Jenis/ komponen *platform* harus dengan ukuran dan tipe sama.
  10. Permukaan *support* harus dipastikan dalam kondisi datar.
  11. Perletakan akhir *platform* dalam kondisi bebas atau tidak dipaku harus lebih panjang minimum 15 cm dari *support*.
  12. *Bracing* dalam kondisi terkunci.
- m. Proses pemasangan dan pembongkaran perancah boleh dilakukan setelah ada ijin dari Pengawas Pekerjaan.
- n. Pemasangan perancah mengikuti Gambar Kerja. Jika diperkirakan masih membahayakan maka Gambar Kerja perlu direvisi dan perancah diperbaiki sesuai Gambar baru.

### 3.2.3.5 Sistem Perancah

Terdapat beberapa jenis sistem perancah yang umum digunakan untuk konstruksi jembatan yaitu:

a. Perancah Rangka (*Frame Scaffolding*)

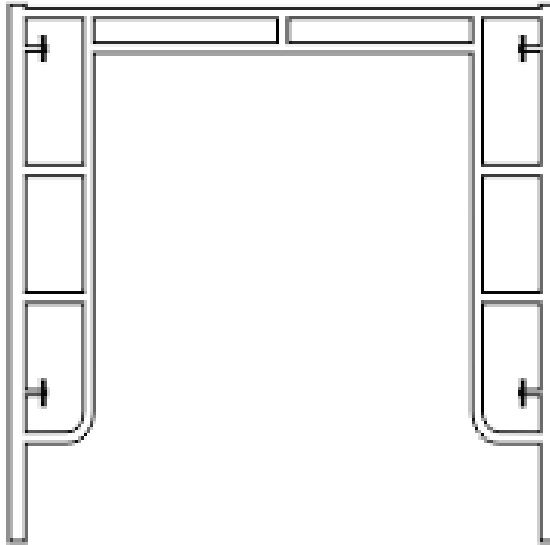
Perancah rangka (*Frame Scaffolding*) merupakan perancah yang umum digunakan pada tahap pembangunan konstruksi baik gedung ataupun jembatan. Perancah tipe ini terbuat dari besi atau material metal lain, bisa berbentuk *hollow* atau *solid*. Karena berbahan dasar metal, perancah ini rentan terhadap karat sehingga dibutuhkan perawatan khusus.

1. Keuntungan penggunaan perancah rangka (*frame scaffolding*):
  - a) Mudah disesuaikan sesuai dengan ketinggian yang dibutuhkan.
  - b) Cocok digunakan untuk perancah pada balok dan lantai yang mempunyai berat persatuan panjang maupun luas yang besar, sehingga jarak perancah dapat diperlebar dan memberikan keleluasaan gerak bagi para pekerja.
  - c) Memiliki durabilitas tinggi, dikarenakan dapat digunakan berulang kali.
2. Kerugian penggunaan perancah rangka (*frame scaffolding*):
  - a) Membutuhkan biaya investasi yang besar.
  - b) Dibutuhkan perawatan khusus mengingat perancah rangka umumnya terbuat dari material besi.
3. Komponen Perancah Rangka (*Frame Scaffolding*):
 

Komponen perancah rangka (*frame scaffolding*) terdiri dari:

  - a) Tiang Vertikal (*Scaffolding Upright/Main Frame*)
 

Merupakan rangka utama pada rangkaian. atau digunakan sebagai komponen utama. Terdapat beberapa ukuran yang umum digunakan yaitu tinggi 1,7 m dan 1,9 m sedangkan untuk lebar umumnya 1,22 m.

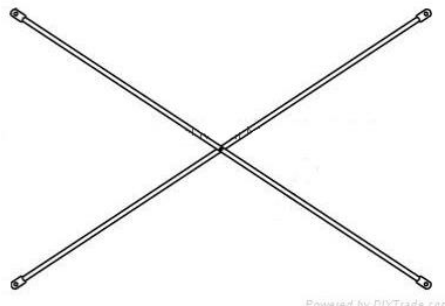


**Gambar 3.4 - Tiang vertikal (*scaffolding upright/main frame*)**

Pada ujung paling bawah dari tiang vertikal harus ditempatkan Sambungan berulir (*jack base*). Untuk jarak antara tiang vertikal maksimal 1,85 m, sedangkan untuk tinggi tiang vertikal tidak boleh lebih dari 2 meter.

b) Palang Penguat/Pengekang (*Bracing*)

Palang penguat/pengekang merupakan bagian yang digunakan untuk menyambung antar rangka utama. Dengan posisi silang. Posisi silang dapat memperkokoh berdirinya rangkaian.



**Gambar 3.5 - Palang penguat/pengekang (*bracing*)**

c) Batang Memanjang (*Ledge*)

Batang memanjang merupakan balok bagian atas, yang menjadi landasan. Rangka ini juga terletak diantara dua *main frame*. Untuk perancah yang memiliki Angkur (*anchorage*), balok memanjang (*ledge frame with floor*) harus dipasang setiap 2 tiang vertikal.



**Gambar 3.6 - Batang memanjang (*ledge*)**



d) Lantai Kerja (*Plat Form*)

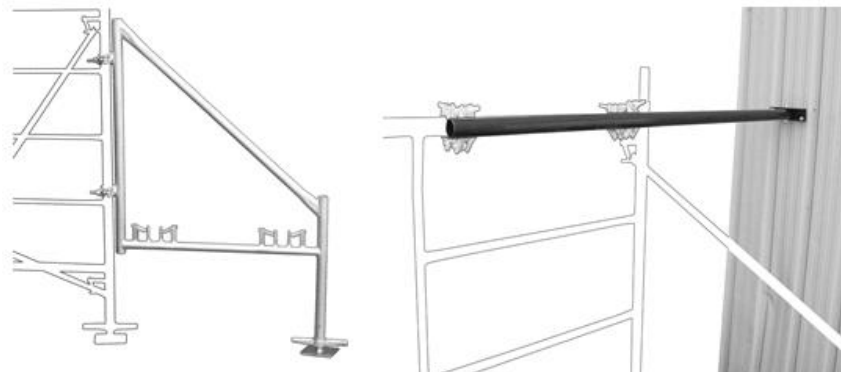
Lantai kerja pada perancah rangka umumnya menggunakan papan dan aluminium, lebar dari lantai kerja adalah 40 cm dengan jarak antara dua lantai kerja 3 cm. Lantai kerja harus dari bahan yang baik.



**Gambar 3.7 - Lantai kerja (*plat form*)**

e) Angkur (*Anchorage/Wall Coupling Fixture*)

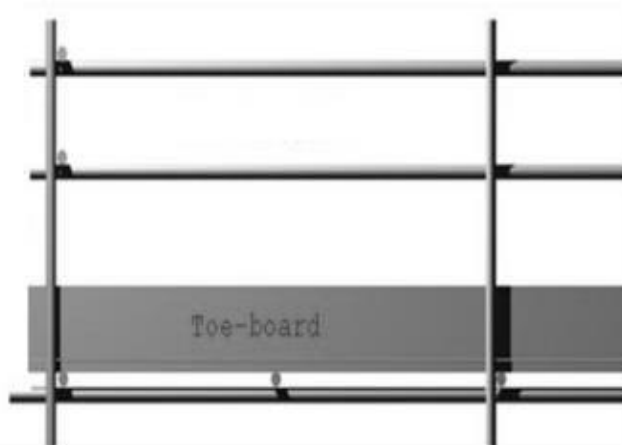
Angkur dipasang < 8 m mendatar (horizontal) dan < 9 m tegak lurus (vertikal). Pemasangan Angkur pertama < 9 m dari tanah (*ground*), angkur harus menggunakan sambungan khusus dan dipasang dekat dengan titik silang antara tiang vertikal dengan balok memanjang dan memancangkannya dengan aman ke dinding.



**Gambar 3.8– Angkur (*anchorage/wall coupling fixture*)**

f) Pengaman Kaki (*Toe Board*)

Pengaman kaki dipasang dengan tebal minimal 2,5 cm dan tinggi 10 cm, pengaman kaki dipasang disekeliling Perancah dan harus dari bahan yang kokoh, terbuat dari papan kayu atau aluminium



**Gambar 3.9– Pengaman kaki (*toe board*)**

b. Perancah Tupang Siku (*Cantilevered Scaffolding*)

Ketika Perancah tidak dapat dipasang dari landasan (*ground*), karena gedung yang berdekatan, atau karena alasan lain. Maka perancah Tupang siku ini dapat digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan. Struktur utama ini berfungsi untuk mendukung struktur atas yang berupa perancah. Material dari struktur utama dapat berupa kayu atau baja, disesuaikan dengan beban yang akan diterimanya.



**Gambar 3.10 – Perancah tupang siku (*cantilevered scaffolding*)**

Perancah Tupang Siku (*Cantilevered scaffolding*) adalah perancah yang digunakan untuk menopang area menjorok keluar. Biasanya perancah model tumpang siku digunakan untuk proses pengecoran trotoar pada jembatan atau pengecoran pilar-pilar tinggi. Perancah kantilever juga dapat digunakan sebagai railing bagi pekerja, dipasang dan dikaitkan pada perancah standar paling tepi.

1. Keuntungan penggunaan perancah tupang siku (*cantilevered scaffolding*):
  - a) Untuk penopang bekisting area luar fondasi.
  - b) Memudahkan pekerja bekisting saat bekerja diarea tepi.
  - c) Memudahkan *quality control* saat mengawasi hasil kerja pekerja bekisting (sebelum pengecoran).
  - d) Memudahkan pekerja cor saat mengarahkan pipa cor.

2. Kekurangan penggunaan perancah tupang siku (*cantilevered scaffolding*):
  - a) Menambah biaya dalam pengadaan keseluruhan kelengkapan perancah tupang siku.
  - b) Menambah waktu untuk pemasangan perancah tupang siku.
  - c) Masing-masing proyek memiliki standarisasi dalam menentukan desain ataupun alat untuk *scaffolding* kantilever sehingga akan sulit membuat estimasi diawal proyek.

3. Komponen perancah tupang siku (*cantilevered scaffolding*):

Komponen prancah tumpang siku (*cantilevered scaffolding*) yaitu:

- a) Balok Melintang (*Sleepers*)

Adalah balok yang berfungsi sebagai tumpuan untuk landasan bagian atas perancah. Balok Melintang (*Sleepers*) harus dipasang dibawah struktur atas.

- b) Angkur (Anchor Bolt)

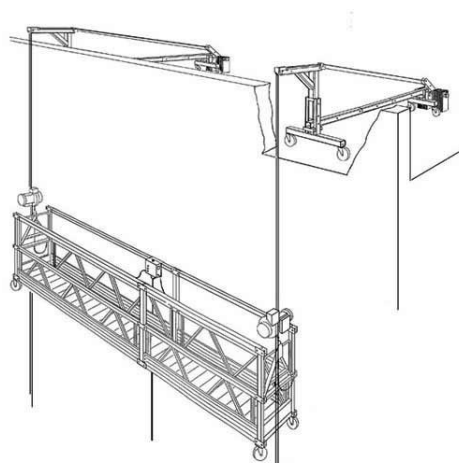
Angkur dipasang dengan kuat pada dinding. Baik dibagian tiang vertikal dan horizontal. Struktur bawah dari Perancah harus didesain agar aman terhadap beban yang akan diterima perancah dan berat perancah sendiri.

- c) Landasan (*Plat Form*)

Landasan pada perancah ini dapat berupa papan atau kayu dan dapat juga dari metal, dengan lebar dari landasan adalah 40 cm dengan jarak antara dua landasan 3 cm. Landasan harus dari bahan yang baik.

- c. Perancah Gantung (*Hanging Scaffolding*)

Adalah jenis perancah yang dibuat menggantung dari sebuah struktur permanent. Umumnya perancah jenis ini dibuat karena tidak adanya akses atau area yang memungkinkan untuk membuat bangunan perancah dari bawah. Pada sistem perancah gantung, bagian ujung tiang atas dan bawah harus dipasang *safety clam* atau *stopper* unuk mencegah bangunan perancah melorot.



**Gambar 3.11 – Perancah gantung (*hanging scaffolding*)**

Perancah gantung persegi menggunakan rantai baja sebagai pengantung sedangkan perancah gantung frame menggunakan balok baja yang harus terbuat dari bahan yang

baik seperti kayu, besi, dan aluminium, Cukup kuat menahan beban. Rantai yang digunakan untuk penggantung harus kuat dan bebas dari karat.

1. Keuntungan Penggunaan Perancah Gantung (*Hanging Scaffolding*):

- a) Cocok untuk penggunaan pada konstruksi dengan lokasi yang tinggi.
- b) Mudah dalam proses pelaksanaan, karena tidak dibutuhkan keahlian khusus dalam pemasangannya.

2. Kekurangan Penggunaan Perancah Gantung (*Hanging Scaffolding*):

- a) Hanya digunakan untuk kondisi konstruksi tertentu.
- b) Ruang gerak terbatas.

3. Komponen Perancah Gantung (*Hanging Scaffolding*):

a) Penggantung Rangka (*Hanging Frame*)

Penggantung rangka (*hanging frame*), biasanya material yang digunakan adalah rantai besi.

b) Angkur (*Anchorage*)

Angkur yang digunakan pada perancah sistem gantung sama dengan akur yang digunakan pada sistem perancah pada umumnya.

c) Lantai Kerja (*Platform*)

Lantai kerja dengan lebar 40 cm, bahan yang digunakan dapat berupa papan kayu, pelat besi, dan aluminium.

d) Pengaku (*Bracing*)

Pengaku yang digunakan pada perancah sistem gantung sama dengan pengaku yang digunakan pada perancah sistem lain berupa *cross bracing* yang digunakan untuk menyambung antar main frame. Dengan posisi silang. Posisi silang dapat memperkokoh berdirinya rangkaian.

e) Pengaman (*Handrail*)

Pengaman (*Handrail*) dan middle frame adalah tiang/pagar pengaman yang berfungsi sebagai pembatas. Pemasangan ditempatkan pada bagian tepi Perancah.

d. Perancah Tiang Pipa (*Pipe Scaffolding*)

Perancah tiang pipa (*pipe scaffolding*) adalah perancah yang terbuat dari material yang baik, seperti pipa baja berlapis timah (*galvanized steel*). Cukup kuat untuk menahan beban dan pipa-pipa harus lurus serta bebas dari karatan atau perubahan bentuk. Diameter pipa minimal 5 cm dan tebal 4 mm.

Penggunaan standar harus disesuaikan dengan tingkatan beban yang akan ditangani, biasanya untuk kegiatan konstruksi, jarak antar pipa standar bisa bervariasi antara 1,5 m hingga 2,7 m. Standar harus didirikan diatas fondasi yang memenuhi syarat, dilengkapi *baseplate*, maupun tambahan papan di bawah *baseplate*.

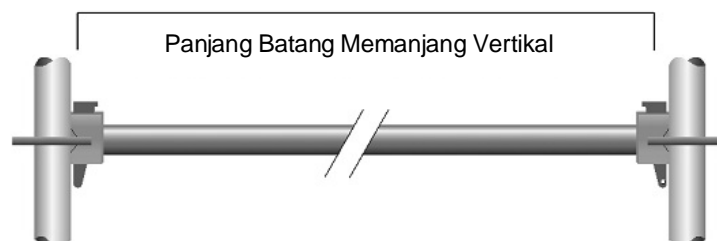
Jarak antara masing-masing *Ledger* maupun *Transom* dapat berjarak 2 m sampai 2,7 m. *Ledger* dapat diikat bersama – sama dengan *transom* untuk memperkuat pipa standar. *Brace* harus dipasang diantara *ledger* maupun *transom* dengan mengikatnya pada pipa standar untuk mencegah gerakan ke arah samping. Semua pipa *support*

ini harus berada dalam keadaan stabil atau longgar. Semua alat – alat *bracing* harus dalam beban kerja aman, tidak lebih dari 500 kg.

1. Keuntungan Penggunaan Perancah Tiang (*Pipe Scaffolding*):
  - a) Mudah disesuaikan sesuai dengan ketinggian yang dibutuhkan.
  - b) Perawatan yang mudah.
  - c) Cocok digunakan untuk perancah pada balok dan lantai yang mempunyai berat persatuan panjang maupun luas yang besar, sehingga jarak perancah dapat diperlebar dan memberikan keleluasaan gerak bagi para pekerja.
2. Kekurangan penggunaan perancah tiang (*pipe scaffolding*):
  - a) Sulit digunakan untuk kebutuhan perancah yang pendek.
  - b) Membutuhkan biaya investasi yang besar.
  - c) Bila terjadi kerusakan pada pipa maka akan sulit untuk diperbaiki, dan bila akan digunakan kembali maka reduksi kekuatan yang dirancang harus lebih besar dari sebelum terjadi kerusakan.
3. Komponen perancah tiang (*pipe scaffolding*)
  - a) Tiang Vertikal (*Scaffolding Upright*)

Jarak memanjang antara tiang vertikal  $< 1,85$  m dan dengan jarak melintangnya  $< 1,5$  m. *Fixed Type Base Metal* dipasang pada bagian paling bawah dari tiang vertikal. Untuk tinggi maksimal perancah pipa 31 m, sedangkan tiang vertikal yang berdekatan tidak boleh memiliki tinggi yang sama. Beban yang bekerja setiap tiang vertikal harus kurang satu sama dengan 200 kg.
  - b) Batang Memanjang (*Ledger*)

Jarak antara batang memanjang (*ledger*) adalah sekitar 1,6 m. batang memanjang yang pertama dipasang pada posisi  $< 2$  m dari landasan.



**Gambar 3.12 – Batang memanjang (*ledger*)**

- c) Batang Melintang (*Putlog*)

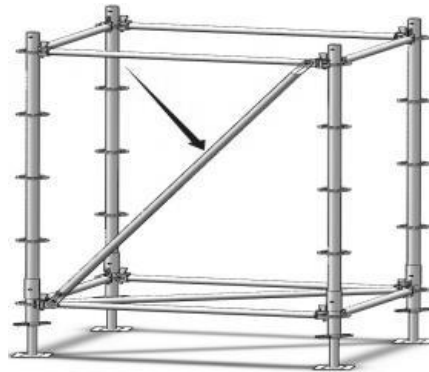
Jarak antara batang melintang (*Putlog*) adalah 1,0 m. Batang melintang diikat dengan kuat pada tiang vertikal yaitu pada titik silang antara batang memanjang dan tiang vertikal, dan diikat kuat pada posisi tengah dari batang memanjang. *Putlog* harus ditempatkan menonjol keluar  $> 5$  cm dari tiang vertikal atau batang memanjang.



**Gambar 3.13 – Batang melintang (*putlog*)**

d) Palang Penguat Diagonal (*Diagonal Brace*)

Palang Penguat (*diagonal brace*) dalam arah memanjang dipasang pada sisi luar dari perancah, yaitu jarak horizontal 16,5 m dan jarak vertikalnya 15 m dalam dua arah persilangan.



**Gambar 3.14– Palang penguat diagonal (*diagonal brace*)**

Palang penguat dalam arah memanjang (*horizontal diagonal brace*) harus dipasang setiap tahap mulai dimana angkur (*anchorage*) dipasang.

e) Lantai Kerja (*Platform*)

Lantai kerja umumnya terbuat dari material papan kayu atau aluminium. Lebar lantai kerja = 40 cm dan jarak maksimal antara dua lantai kerja = 3 cm.

f) Pengaman (*Handrail*)

Pengaman (*Handrail*) dan *middle frame* adalah tiang/pagar pengaman yang berfungsi sebagai pembatas. Pemasangan ditempatkan pada bagian tepi perancah.

g) Pengaman Kaki (*Toe Board*)

Pengaman kaki dipasang dengan tebal minimal 2,5 cm dan tinggi 10 cm, pengaman kaki dipasang sekeliling Perancah dan harus dari bahan yang kokoh, terbuat dari papan kayu atau aluminium.

h) Angkur (*Anchorage*)

Penggunaan angkur pada sistem perancah pipa sama seperti angkur yang digunakan pada sistem perancah pada umumnya. Angkur (*anchorage*) dipasang dengan jarak < 5 m arah vertikal dan < 5,5 arah horizontal. Angkur pertama < 5 m dari landasan.



**Gambar 3.15 – Angukur (*anchorage*)**

Angkur harus dipasang dekat dengan titik silang antara tiang vertikal dengan batang memanjang dan ditanamkan dengan kuat pada dinding. Jika angkur tidak dipasang, maka penyokong harus dipasang dengan spasi yang sama dengan angkur.

e. Perancah Penopang Jembatan (*Bridge Shoring*)

Perancah ini merupakan tipe perancah yang menyalurkan beban struktur langsung ke fondasi dan biasanya digunakan untuk ketinggian (hingga 15-20 meter). Untuk ketinggian yang lebih tinggi, atau beban yang lebih tinggi digunakan tambahan *heavy-duty towers*. Ilustrasi perancah penopang jembatan (*bridge shoring*) dapat dilihat pada Gambar 3.16.



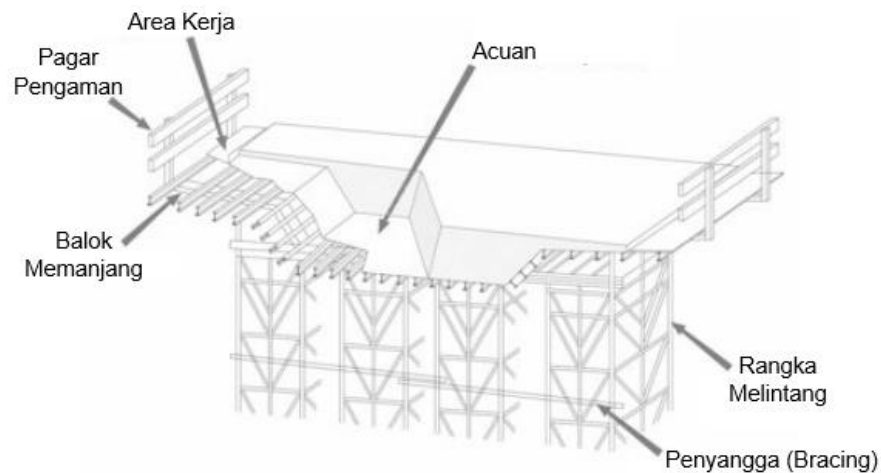
**Gambar 3.16 – Perancah penopang jembatan (*bridge shoring*)**

1. Bagian Elemen Dari Perancah Penopang Jembatan (*Bridge Shoring*)

Bagian utama dari perancah penopang jembatan terdiri dari:

- a) Acuan.
- b) Rangka Melintang.
- c) Balok Memanjang.
- d) Landasan.
- e) Penyangga.
- f) Fondasi.

Detail bagian-bagian utama dari perancah penopang diperlihatkan pada Gambar 3.17



**Gambar 3.17 – Bagian elemen dari perancah penopang jembatan (*bridge shoring*)**

2. Rekomendasi Desain Perancah Penopang Jembatan (*Bridge Shoring*)

Desain yang sederhana menjadikan kemudahan dalam mengevaluasi skema pembebanan keseluruhan dari struktur yang menggunakan perancah. Untuk perancah tipe penopang jembatan identifikasi lebih mudah dilakukan pada pembebanan yang bekerja.

Masalah desain yang umum didapatkan pada perancah penopang jembatan (*Bridge Shoring*) terdapat pada:

- a) Desain fondasi yang tidak memadai.
  - b) Jumlah penyangga (*bracing*) kurang.
  - c) Kesalahan distribusi beban.
  - d) Kurangnya data teknis atau pengujian elemen perancah
  - e) Soket sekrup (*screw jacks*) memiliki panjang yang melebihi standar keamanan yang ditetapkan.
3. Rekomendasi Khusus Untuk Bagian Elemen dari Perancah Penopang (*Bridge Shoring*)

a) Acuan

Acuan harus didesain mampu menahan tekanan beton saat proses pengecoran dilakukan.

b) Rangka Melintang

Rangka melintang harus ditempatkan pada posisi yang tepat dan seragam agar dapat mendistribusikan beban secara merata (menghindari terjadinya beban eksentris).

c) Balok Memanjang

Balok memanjang harus dilengkapi dengan pengaku (*bracing*), sehingga pada bagian balok memanjang harus didesain dan dipasang kokoh untuk menjaga stabilitas dari perancah.



d) Landasan

Landasan pada perancah digunakan untuk kondisi geometris yang tidak seragam. Sehingga landasan harus dirancah dapat menjaga kestabilan struktur perancah yang ada di atasnya.

e) Penyangga (*bracing*)

Terdapat tiga tipe penyangga (*bracing*) yang umum digunakan:

1) Penyangga Rangka

Pada penyangga rangka tidak diijinkan terdapat celah pada sambungannya. Jika terdapat celah yang terlalu besar dapat menyebabkan fleksibilitas dari struktur perancah dan berakibat pada kegagalan kegagalan perancah.

2) Penyangga Vertikal Melintang

Penyangga vertikal melintang berfungsi untuk mendistribusikan beban horizontal ke tanah sehingga struktur dari penyangga vertikal melintang harus dipastikan sekaku mungkin.

3) Penyangga Horizontal

Penyangga horizontal dipasang untuk mencegah tekuk pada rangka, sehingga harus didesain dengan kapasitas yang cukup untuk memikul beban vertikal pada rangka perancah.

4) Fondasi

Fondasi harus didesain dengan perhitungan penurunan (*sattlement*) maksimum yang diijinkan untuk struktur perancah. Pembebanan yang disalurkan pada fondasi harus terdistribusi secara merata.

4. Rekomendasi Untuk Pelaksanaan Perancah Penopang Jembatan Di Lapangan (*Bridge Shoring*)

a) Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan mencakup:

1) Perataan Lokasi Kerja.

2) Menyediakan sistem saluran air untuk menghindari keberadaan air pada fondasi.

3) Melakukan survei topografi untuk memastikan lokasi pekerjaan sesuai dengan rencana/Gambar Kerja.

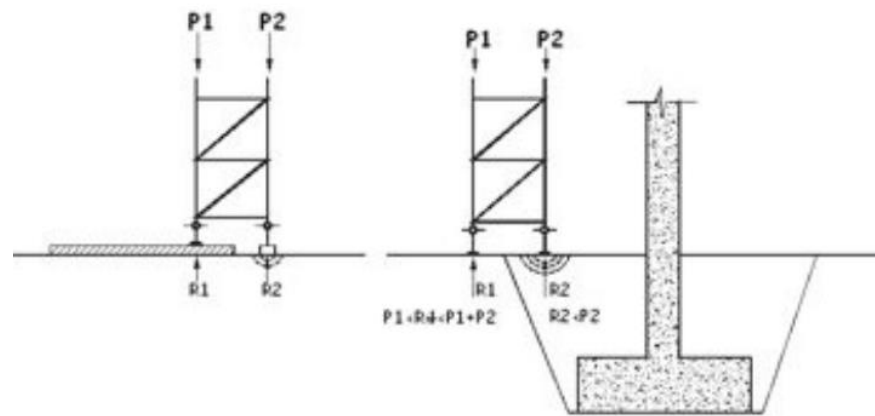
4) Setelah semua elemen dari perancah penopang jembatan tiba di lokasi pekerjaan, semua bagian harus diperiksa kualitas dan kuantitasnya terhadap kesesuaian dengan desain dan gambar rencana. Bagian yang tidak memenuhi persyaratan maka tidak boleh digunakan.

b) Pekerjaan fondasi

Fondasi merupakan bagian penting dari struktur perancah, karena banyak kegagalan perancah yang terjadi diakibatkan dari fondasi yang didesain dan dibangun tidak sesuai spesifikasi dan kebutuhan.

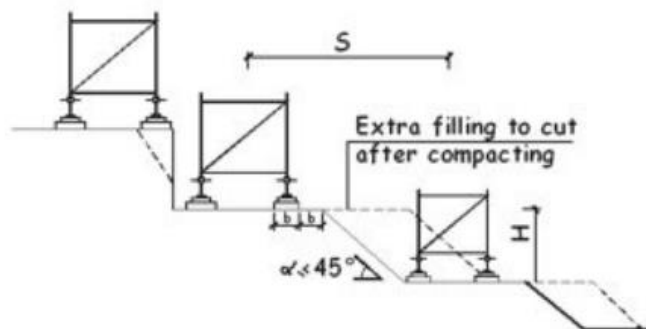
1) Fondasi harus dietakkan secara horizontal, pada tipe tanah yang seragam agar penurunan dapat terjadi seragam. Hal tersebut sangat penting dan

perlu menjadi perhatian karena jika fondasi berada pada dua jenis kondisi tanah yang berbeda, maka akan terjadi perbedaan penurunan, dan dapat menyebabkan kegagalan struktur perancah. Ilustrasi kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.18



**Gambar 3.18 – Fondasi perancah pada dua kondisi tanah yang berbeda**

- 2) Fondasi yang ditempatkan pada tinggi permukaan yang berbeda harus diperhitungkan terhadap jarak minimum antara tepi permukaan dengan penempatan fondasi. Hal tersebut untuk mencegah terjadinya kelongsoran pada tanah yang memiliki tinggi permukaan yang berbeda. Ilustrasi kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.19



**Gambar 3.19 – Fondasi perancah pada kondisi permukaan tanah yang berbeda**

f. Perancah *Travelling*

Perancah *travelling* adalah sistem perancah yang dapat bergerak/berpindah. Umumnya digunakan untuk slab beton dan balok pra cetak, dan juga lantai komposit (*box-girder*). Ilustrasi perancah tipe *travelling* dapat diperlihatkan pada Gambar 3.20 berikut:



**Gambar 3.20 – Perancah *travelling***

1. Rekomendasi Desain Perancah *Travelling*

Persyaratan rekomendasi yang harus menjadi pertimbangan adalah:

- a) Penyediaan ruang yang cukup harus disediakan untuk memungkinkan lewatnya truk atau bahan melalui perancah.
- b) Akses area yang cukup dan aman harus disediakan untuk memungkinkan kegiatan seperti pemasangan, penegangan, dan pekerjaan lainnya yang terkait proses pekerjaan struktural.

2. Rekomendasi Untuk Pelaksanaan Perancah *Travelling* di Lapangan

- a) Pada suatu lokasi pekerjaan yang menggunakan perancah tipe *travelling* harus memiliki tenaga ahli yang mengetahui dan memahami pengoperasian perancah *travelling*. Tenaga ahli tersebut harus melakukan evaluasi terhadap kriteria desain terkait beban yang akan dipikul oleh perancah *travelling*.
- b) Permukaan antara dua segmen harus dipertimbangkan dengan hati-hati. Dalam setiap kasus sambungan konstruksi harus dilakukan sebagaimana ditentukan dalam gambar rencana.

**3.2.3.6 Analisis Kekuatan Perancah**

Berdasarkan kondisi survey di lapangan, maka dilakukan analisa kekuatan perancah sebagai berikut:

- a. Kondisi struktur di lapangan, Data umum acuan/bekisting:

Tebal Multiplek	= 16 mm
Jarak antar perancah	= 80 cm
Jarak spasi acuan	= 6 cm

- b. Data umum perancah:

Main frame 190 (kapasitas maksimum 2500 kg / tiang).	
Leader frame (tipe 120, tipe 150).	
U head jack.	
Horry Beam.	
Beban Mati Total	= 2440 Kg/m
Beban Hidup	= 300 Kg/m
Kombinasi Beban	= (1.2 DL) + (1.6LL)
	= (1.2 x 2440) + (1.6 x 300)

$$= 3408 \text{ Kg/m (Sepanjang 3 m, untuk 8 titik)}$$

Besar beban titik (beban struktur) yang harus dipikul oleh tiap tiang *scaffolding* adalah sebesar:

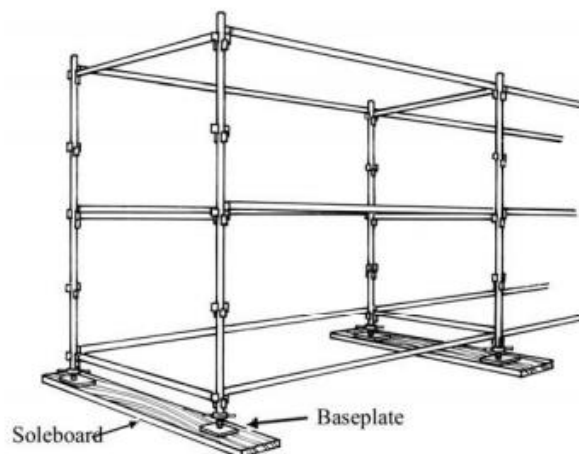
$$\begin{aligned} P &= 3408/8 \\ &= 426 \text{ Kg} \\ P_{\text{awal}} \text{ (beban total struktur)} &= 426 \text{ Kg} \\ \text{Beban kejut} &= 20 \text{ Kg} \\ \text{TOTAL BEBAN} &= 446 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Akibat kondisi lapangan yang sulit diprediksi, maka nilai reduksi dari kekuatan *scaffolding* yang digunakan sebesar 0,4 (**FK = 4**). Dengan demikian, maka besar kekuatan tiap tiang *scaffolding* untuk menahan beban adalah:

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin}} &= 0.4 \times 2500 \text{ Kg} \\ &= 1000 \text{ Kg} > 446 \text{ Kg (AMAN)} \end{aligned}$$

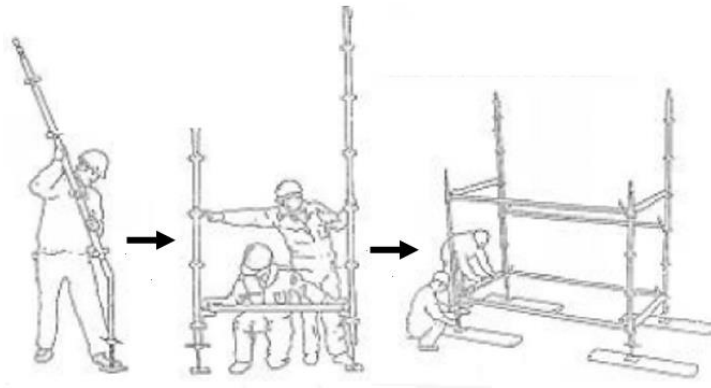
### 3.2.3.7 Tahap Pelaksanaan Pekerjaan Perancah

- Merencanakan metode pemasangan perancah pada tahap awal sebelum pekerjaan perancah dimulai.
- Persiapan lokasi kerja yang akan dipasang perancah kemudian diidentifikasi. Kondisi lokasi harus bersih dan bagian permukaan yang akan dipasang perancah harus rata sesuai dengan Gambar Kerja dengan *perletakan soleboard* dan *baseplate*.



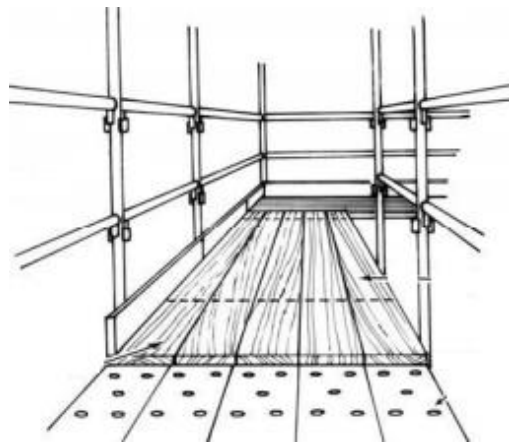
**Gambar 3.21 – Pemasangan *soleboard* dan *baseplate***

- Persiapan alat dan komponen perancah, alat, komponen perancah yang dibutuhkan diidentifikasi rencana kerja dan spesifikasi teknis.
- Selalu memulai pembangunan perancah dari sudut bagian dalam. Pemasangan Perancah, tentukan letak dari perancah atau atur jarak perancah misalnya as balok pada pekerjaan bekisting balok.



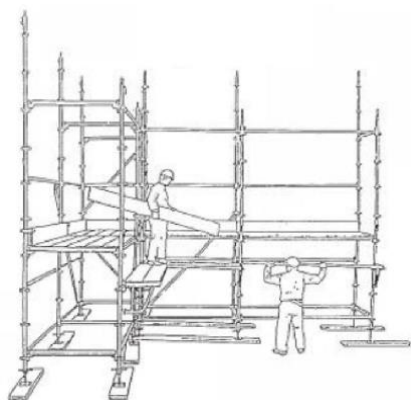
**Gambar 3.22 – Pemasangan rangka perancah**

- e. Pasang Papan atau *jack base* pada landasan yang stabil dan Pasang kerangka (*frame*).



**Gambar 3.23 – Pemasangan papan atau *jack base***

- f. Berikutnya pasang *cross brace* pada dua sisi supaya elemen perancah bisa berdiri dengan baik.
- g. Jika selesai atau pemasangan perancah dianggap cukup maka pasang *shoring head* jika ketinggian perancah dianggap cukup, artinya ketinggian dapat dilakukan dengan mengatur *jack* dan *u-head*. namun jika belum cukup maka pasang frame vertikal berikutnya.



**Gambar 3.24 – Pemasangan *shoring head***

- h. Langkah akhir mengatur ketinggian perancah pada bakesting yang diinginkan. Perancah yang sudah selesai dipasang diperiksa keseimbangan dan kekokohnya sesuai dengan spesifikasi teknis dan metode kerja.

### **3.2.3.8 Pemeriksaan Kondisi Perancah**

Pemeriksaan kondisi perancah bertujuan sebagai penilaian terhadap kelayakan dari kondisi perancah itu sendiri. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemeriksaan adalah:

- a. Setiap jenis perancah yang akan digunakan harus diperiksa terlebih dahulu oleh orang yang ahli/pengawas untuk meyakinkan:
  - 1. Bangunan perancah tersebut sudah dalam kondisi yang stabil.
  - 2. Bahan-bahan yang dipakai untuk komponen serta perlengkapan perancah tidak mengalami kerusakan.
  - 3. Sudah memenuhi syarat.
  - 4. Sudah diberi pengaman/alat-alat pengaman.
- b. Perancah tersebut harus dilakukan dalam pemeriksaan kurun waktu:
  - 1. Sedikitnya seminggu sekali.
  - 2. Sesudah cuaca buruk.
  - 3. Setiap bagian dari perancah harus diperiksa sebelum dipasang dan digunakan.
  - 4. Perancah tidak boleh sebahagian dibuka dan ditinggal terbuka, kecuali kalau hal itu tetap menjamin keselamatan bagi tenaga kerja.
  - 5. Setiap bagian dari perancah harus dipelihara dengan baik sehingga tidak ada yang rusak dan tidak membahayakan sewaktu dipakai.

Dalam proses pemeriksaan Pengawas Pekerjaan harus memperhatikan prinsip-prinsip sebagai berikut:

- a. Hal-hal pokok yang harus diketahui sebelum perancah dikerjakan, meliputi:
  - 1. Jenis perancah yang dipakai.
  - 2. Bagian-bagian pokok perancah.
  - 3. Bagian-bagian perlengkapan
  - 4. Pemakaian/penggunaan
  - 5. Pembongkaran
- b. Pemahaman pekerjaan perancah, meliputi:
  - 1. Peraturan perundangan terkait pekerjaan perancah.
  - 2. Standar atau pedoman terkait.
  - 3. Prosedur kerja yang aman.
  - 4. Kemampuan membuat daftar periksa.
  - 5. Menggunakan peralatan dan sarana.
  - 6. Pengaman lainnya yang diperlukan.

- c. Bagian-bagian yang menjadi perhatian dalam proses pemeriksaan perancah, meliputi:
  1. Bagian fondasi
  2. Bagian rangka
  3. Bagian lantai kerja
  4. Bagian jalan masuk ke lantai kerja
  5. Bagian paling atas dari bangunan perancah

### 3.2.3.9 Identifikasi dan Pelabelan Perancah

Untuk memastikan bahwa semua pekerja yang terlibat mengetahui kondisi perancah mencapai tingkat keamanan yang baik, maka sistem perancah harus digunakan. Pemeriksaan dengan *checksheet* harus dilakukan pada masing-masing rakitan perancah dan kerusakan ataupun kekurangan yang ditemukan harus dilengkapi dan diperbaiki sebelum perancah dapat digunakan.

Perancah harus ditandai dengan sistem label (*scafftag*) untuk menunjukkan kondisi perancah yang terpasang tersebut adalah aman untuk dipakai atau tidak. Pengawas Pekerjaan perancah menginstruksikan para pekerja tentang “apa” dan “dimana” struktur/rakitan yang perlu diperbaiki melalui *checklist* perancah yang dipasang pada dekat tangga jalan masuk, atau titik-titik tertentu.

Label perancah (*Scafftag*) juga dapat menunjukkan kondisi perancah, dan hubungannya dengan tugas pekerja, misalnya pada bagian merah menunjukkan: “kondisi tidak aman, bahaya, perancah tidak boleh digunakan”. Kartu status berwarna hijau pada sisi luar dipakai untuk mengidentifikasi bahwa struktur perancah dalam keadaan aman sepenuhnya untuk digunakan. Contoh label perancah (*Scafftag*) diperlihatkan pada Gambar 3.25 berikut:



**Gambar 3.25 – Label perancah (*scafftag*)**

Label warna untuk perancah memiliki arti, Hijau (Perancah Aman), kuning (Aman dengan syarat diperlukan pemeriksaan), dan merah (Perancah tidak aman).

### 3.2.3.10 Pembongkaran Perancah (*Dismantling*)

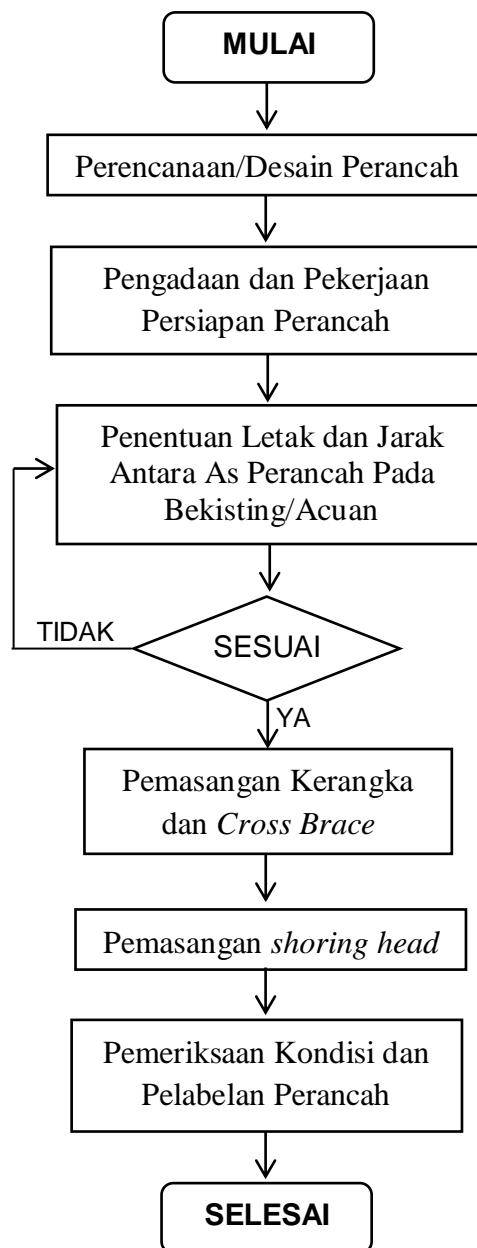
Pembongkaran perancah harus memperhitungkan kekuatan atau umur beton serta memperhatikan kebutuhan pekerjaan berikutnya. Oleh sebab itu perlu dilakukan pemantauan terhadap perawat agar pada saat pembongkaran tidak terjadi masalah. Apabila ketentuan beton sudah cukup maka persiapan, maka siap persiapan pembongkaran.

- a. Disamping kekuatan beton juga perlu diperhatikan arah dan bagian mana yang lebih dahulu dibongkar.

- b. Didahului dengan penurunan *u-head* pada bagian tengah bentangan atau daerah momen terbesar ke arah tepi, untuk menghindari penurunan mendadak.
- c. Dilanjutkan dengan pembongkaran *frame scaffolding*.
- d. Jika dibutuhkan sebagai perancah pada saat pembongkaran bekisting cetak maka *frame* lapis pertama tidak dibongkar.
- e. Selanjutnya melepas *join pin* dan *cross brace*.

### 3.2.3.11 Bagan Alir Pelaksanaan Pekerjaan Perancah

Proses pelaksanaan pekerjaan perancah dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut.



Gambar 3.26 – Bagan alir pelaksanaan pekerjaan perancah



### 3.2.4 Penulangan

#### 3.2.4.1 Umum

Pekerjaan pembesian yang dimaksudkan dalam hal ini adalah pekerjaan pada pembuatan struktur beton bertulang. Pada bab ini akan dijelaskan terkait tahapan pekerjaan tulangan, dan hal-hal yang perlu diperhatikan terkait pekerjaan tulangan.

#### 3.2.4.2 Jenis Baja Tulangan Beton

Berdasarkan bentuk permukaan tulangan, pada umumnya di Indonesia terdapat 3 jenis baja tulangan yaitu:

a. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

Baja tulangan beton polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata pada bagian seluruh permukaannya. Menurut rekomendasi dari *ACI*, baja tulangan beton polos lebih cocok dipakai sebagai tulangan plat beton, angker, sambungan pada perkerasan jalan, sengkang dan spiral kolom.



**Gambar 3.27 – Baja tulangan beton polos (BjTP)**

b. Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS)

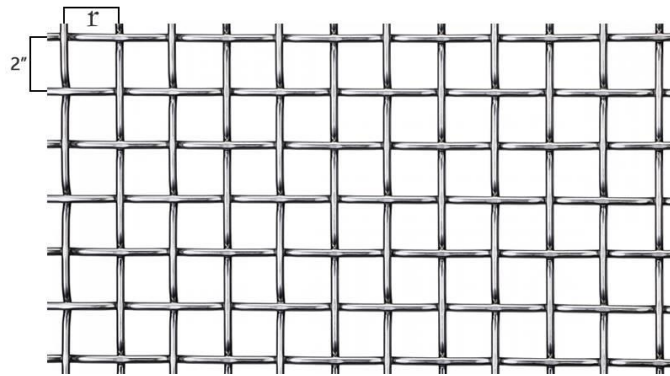
Baja tulangan beton sirip adalah baja tulangan beton dengan bentuk khusus yang permukaannya memiliki sirip melintang dan memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton.



**Gambar 3.28 – Baja tulangan beton sirip (BjTS)**

c. Jaringan Kawat Baja Las (*Wiremesh*)

Jaringan kawat baja las (JKBL) untuk tulangan beton adalah jaringan yang berbentuk segi empat dari kawat hasil penarikan dingin yang dibuat dengan pengelasan titik. JKBL adalah rangkaian material yang terbuat dari beberapa batang besi, baja atau aluminium dalam jumlah banyak dan umumnya dihubungkan dengan cara dilas. Penggunaan JKBL biasanya digunakan pada penulangan elemen struktur slab lantai.



**Gambar 3.29 – Jaringan kawat baja las (*wiremesh*)**

### 3.2.4.3 Kawat Pengikat Tulangan

Kawat pengikat harus terbuat dari besi baja lunak yang telah dipijarkan terlebih dahulu, diameter minimum 1 mm, tidak bersepuh seng. Pemakaian kawat pengikat untuk berkas tulangan yang terdiri dari 2, 3 atau 4 batang yang sejajar, maka diameter kawat pengikat minimum 2,5 mm dan jarak pengikatan tidak boleh lebih dari 24 kali diameter batang terkecil.

### 3.2.4.4 Standar Pembengkokan Tulangan

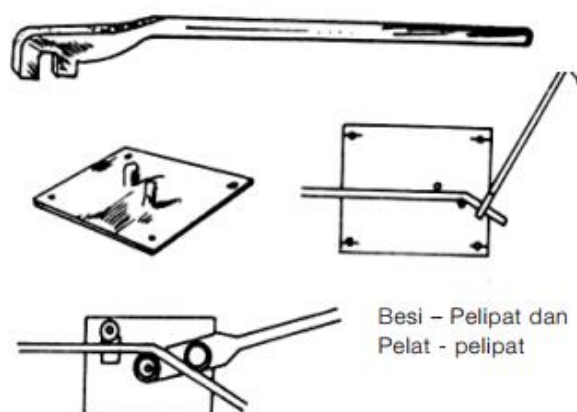
Pembengkokan besi beton berdasarkan data yang ada pada barlist. Ketentuan untuk Pembengkokan dan toleransinya mengacu pada standar pembesian yang ada, sesuai spesifikasi yang berlaku.

#### a. Identikasi Dan Penyiapan Alat Pembengkok Tulangan Manual Serta Mekanik

Identikasi dan penyiapan peralatan yang diperlukan untuk pembengkok tulangan manual disiapkan. Meja kerja dengan mal pembengkok sudah diletakkan plat pembengkok dan pasak-pasak besinya. Kunci penekuk dari berbagai ukuran, dan pembengkok tulangan mekanis disiapkan *bar bender* diameter 20 mm keatas.

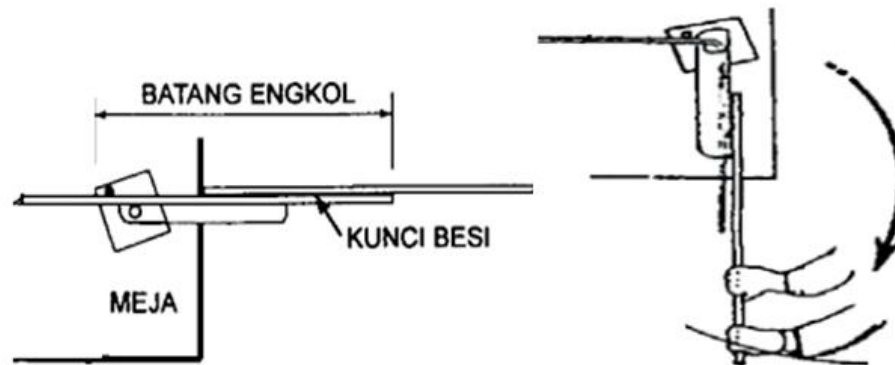
#### b. Pembengkokan Besi Beton Manual

Dalam Pembengkokan, digunakan meja pembengkok terbuat dari balok kayu. Di atas meja pembengkok terdapat sebuah pelat pem-bengkok dengan dua pasak besi kecil yang dipakukan atau disekrup.



**Gambar 3.30 – Pembengkokan besi beton manual**

Membengkokkan besi dengan menggunakan kunci besi, dari ukuran kecil sampai besar. Kunci besi perlu ditambah sambungan pipa, agar dalam membengkokkan menjadi lebih ringan. Membengkokkan besi beton dilakukan satu per satu pada setiap bengkokannya, batang per batang



**Gambar 3.31 – Pembengkokan besi menggunakan kunci besi**

c. Pembengkokan Besi Beton Manual

Mesin pembengkok Pelat-pelipat tetap ditukar dengan pelat-pembengkok yang digerakkan oleh arus listrik. Keuntungan dari mesin pembengkok ini adalah beberapa batang-batang dapat dibengkok sekaligus dan bisa diatur dengan mudah. Untuk membentuk bengkokan sesuai dengan daftar pembengkokan, dengan demikian seluruh batang-batang mempunyai kesamaan sudut lengkung.

Mesin pembengkok dapat diprogramkan, memungkinkan pembengkokan batang yang dibengkok dengan berbagai sudut lengkung secara berurut-urut. Mesin ini umumnya digunakan untuk membengkok sengkang. Membengkokkan besi beton dengan mesin (tenaga listrik) mempunyai keuntungan:

1. Dapat membengkokkan besi diameter besar.
2. Beberapa batang (ditumpuk) dapat dibengkokkan sekaligus
3. Pengerjaan dapat dilakukan lebih cepat
4. Bentuk bengkokan lebih seragam

d. Jenis-Jenis Pembengkokan Tulangan (*Bending*)

*Bending* merupakan pengerjaan dengan cara memberi tekanan pada bagian tertentu sehingga terjadi deformasi plastis pada bagian yang diberi tekanan. Sedangkan proses *bending* merupakan proses penekukan atau pembengkokan menggunakan alat *bending* manual maupun menggunakan mesin *bending*. Macam-macam dari proses Pembengkokan tulangan sebagai berikut:

1. *Bending* Ram

Biasanya digunakan untuk membuat lengkungan besar untuk logam yang mudah bengkok. Dalam metode ini, plat atau pipa ditekan pada 2 poin eksternal dan ram mendorong pada besi pada poros tengah untuk menekuknya. Cara ini cenderung membentuk menjadi bentuk oval baik di bagian dalam dan luar lengkungan.

## 2. *Bending Rotary draw*

Digunakan untuk membengkokkan besi sebagai pegangan tangan, yang lebih keras. *Bending rotary draw* imbang menggunakan 2 cetakan: cetakan *bending* stasioner dan cetakan *bending* dengan diameter tetap untuk membentuk lengkungan. Cara ini digunakan apabila plat atau pipa yang akan dibengkokkan perlu memiliki hasil akhir yang baik dengan diameter konstan di seluruh panjang.

## 3. *Bending Mandrel*

Selain cetakan yang digunakan dalam *rotary bending*, yakni dengan cara menggunakan *support* fleksibel yang ikut bengkok dengan logam untuk memastikan interior logam tidak cacat.

## 4. *Bending Induksi Panas*

Proses ini menggunakan panas dari kumparan listrik untuk memanaskan area yang akan dibengkokkan, dan kemudian logam dibengkokkan dengan cetakan mirip dengan yang digunakan *rotary draw*. Logam segera didinginkan dengan air setelah Pembengkokan. Cara ini menghasilkan lengkungan yang lebih kuat dari pada *rotary draw*.

## 5. *Bending Roll*

Digunakan ketika diperlukan lengkungan yang besar pada logam. Banyak digunakan untuk pekerjaan konstruksi. *Bending roll* menggunakan 3 *roller* yang disusun membentuk segi tiga pada satu poros untuk mendorong dan membengkokkan logam.

## 6. *Bending Panas*

Sistem ini banyak digunakan dalam proses perbaikan, yaitu dengan cara logam dipanaskan didaerah penekukan sehingga menjadi lebih lunak.



Adapun proses *bending* yang bekerja pada rancang bangun alat ini, yakni mengadopsi teknik atau proses *bending* dengan cara *rotary* atau putaran yang terdapat pada mesin *bending* pipa. Kemudian jenis jenis mesin *bending* yang akan digunakan pada saat rancang bangun ini akan di jelaskan pada point berikutnya.

## e. Standar Pada Pembengkokan dan Kait Tulangan

Standar yang digunakan dalam pembengkokan dan kait tulangan merujuk pada SNI 2054:2014.

## 1. Kait Standar

**Tabel 3.2 – Kait Standar Senggang dan Kait Pengikat**

KAIT STANDARD UNTUK SENGGANG DAN KAIT PENGIKAT				
BENGGOKAN KAIT	GAMBAR	DIAMETER TULANGAN $d_s$	DIAMETER BENGGOKAN D	$l_t$ MINIMUM
135°		8 – 16 mm	4 $d_s$	yang terbesar antara 6 $d_s$ atau 75 mm
		19 – 25 mm	6 $d_s$	
90°		8 – 16 mm	4 $d_s$	6 $d_s$ atau 75 mm
		19 – 25 mm	6 $d_s$	12 $d_s$

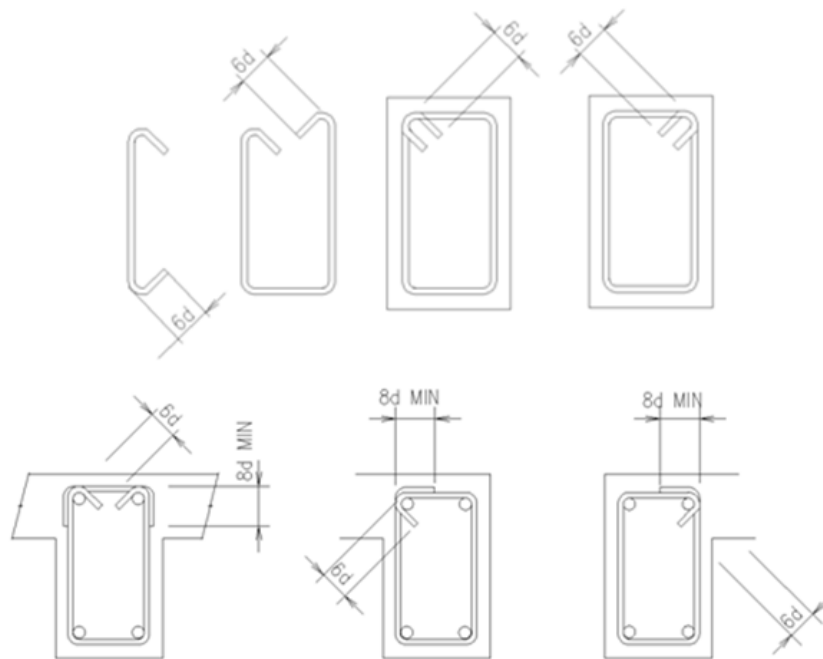
Pembengkokan tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Bengkokan 180° ditambah perpanjangan 4db, tapi tidak kurang dari 60 mm, pada ujung bebas kait.
  - Bengkokan 135° ditambah perpanjangan 6db, tapi tidak kurang dari 75 mm, pada ujung bebas kait.
  - Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12db pada ujung bebas kait.
2. Kait Pengikat dan Senggang

Ketentuan untuk senggang dan kait pengikat adalah sebagai berikut:

- Batang D-8 sampai D-25 bengkokan 135° ditambah perpanjangan 6ds atau tidak kurang dari 75 mm pada ujung bebas kait.
- Batang D-16 dan yang lebih kecil, bengkokan 90° ditambah perpanjangan 6ds pada ujung bebas kait.
- Batang D-19, D-22, dan D-25, bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12ds pada ujung bebas kait.

Detail penggambaran kait pada sengkang dapat dilihat pada Gambar 3.32 berikut:



**Gambar 3.32 – Kait pengikat dan sengkang**

### 3. Diameter Bengkokan Minimum

Diameter untuk bengkokan minimum tulangan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Diameter bengkokan yang diukur pada bagian dalam batang tulangan tidak boleh kurang dari nilai dalam Tabel. Ketentuan ini tidak berlaku untuk sengkang dan sengkang ikat dengan ukuran D-10 hingga D-16.
- Diameter dalam dari bengkokan untuk sengkang dan sengkang ikat tidak boleh kurang dari  $4d_b$  untuk batang D-16 dan yang lebih kecil. Untuk batang yang lebih besar daripada D-16, diameter bengkokan harus memenuhi Tabel 3.3.
- Diameter dalam untuk bengkokan jaring kawat baja las (polos atau ulir) yang digunakan untuk sengkang dan sengkang ikat tidak boleh kurang dari  $4d_b$  untuk kawat ulir yang lebih besar dari D7 dan  $2d_b$  untuk kawat lainnya.

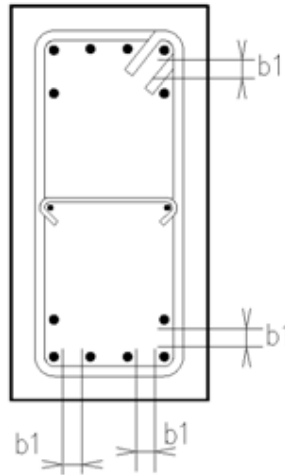
**Tabel 3.3– Diameter bengkokan minimum**

Ukuran tulangan	Diameter minimum
D-10 sampai dengan D-25	$6d_b$
D-29, D-32, dan D-36	$8d_b$
D-44 dan D-56	$10d_b$

#### 4. Diameter Bengkokan Minimum

Batasan spasi tulangan yang diizinkan adalah sebagai berikut:

- a) Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari  $d_b$  ataupun 25 mm.
- b) Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm.



**Gambar 3.33 – Diameter bengkokan minimum**

#### 3.2.4.5 Mesin Pembengkokan Tulangan Senggang/Begel

Sebagai alat bantu dalam proses pembengkokan diperlukan sebuah sistem yang bekerja sehingga dapat diterapkan dengan baik adapun jenis jenis mesin *bending* yakni dibagi menjadi 3 sebagian yaitu:

##### a. Mesin Pembengkok Begel Manual

Mesin ini menggunakan tenaga manusia yang dibantu dengan bandul pemberat sehingga tidak menggunakan daya listrik sedikitpun, murni menggunakan tenaga manusia. Kelebihan mesin ini adalah murah dan hemat biaya operasionalnya sedangkan kelemahannya hanya cocok untuk logam dengan diameter kecil.

##### b. Mesin Pembengkok Begel Mekanikal

Mesin ini menggunakan tenaga motor listrik yang dibantu dengan *gear box* yang berfungsi sebagai pengumpul tenaga. Kelebihan dari mesin ini adalah berkecepatan tinggi dan tenaganya besar. Kekurangannya listrik yang digunakan lebih besar dan suaranya berisik serta tingkat kepresisiannya rendah.

Sebelum melakukan penekukan atau proses pembengkokan sebaiknya harus di perhatikan hal-hal yang berkaitan dengan proses pembengkokan, yaitu sebagai berikut:

1. Periksalah terlebih dahulu *dies* atau sepatu pembentuk, sudut pembengkokan yang diinginkan.
2. Tandailah sisi bagian tepi begel yang akan dibengkokan.
3. Posisi tanda Pembengkokan ini harus sejajar dengan *dies* pembengkok.

4. Atur sudut pembengkokan sesuai dengan sudut pembengkokan yang dikehendaki.
5. Sesuaikan dies landasan dengan pembengkok yang diinginkan.
6. Mulailah proses pembengkokan dengan memperhatikan sisi-sisi yang akan dibengkokan, hal ini untuk menjaga agar lebih dahulu mengerjakan posisi yang mudah.
7. Jika ingin melakukan Pembengkokan dengan jumlah yang banyak buatlah jig atau alat bantu untuk memudahkan proses pembengkokan. Jig ini bertujuan untuk memudahkan pekerjaan sehingga menghasilkan bentuk pembengkok yang sama.
8. Periksa terlebih dahulu dies atau sepatu pembentuk, sudut Pembengkokan yang diinginkan.
9. Tandailah sisi bagian tepi begel yang akan dibengkokan.
10. Posisi tanda pembengkokan ini harus sejajar dengan dies pembengkok.
11. Penjepit begel harus kuat.
12. Atur sudut pembengkokan sesuai dengan sudut pembengkokan yang dikehendaki.
13. Sesuaikan dies landasan dengan pembengkok yang diinginkan.
14. Mulailah proses Pembengkokan dengan memperhatikan sisi-sisi yang akan dibengkokan, hal ini untuk menjaga agar lebih dahulu mengerjakan posisi yang mudah.
15. Jika ingin melakukan pembengkokan dengan jumlah yang banyak buatlah jig atau alat bantu untuk memudahkan proses Pembengkokan. Jig ini bertujuan untuk memudahkan pekerjaan sehingga menghasilkan bentuk pembengkok yang sama. Dan didalam proses pembengkokan terdapat faktor-faktor yang mempengaruhinya diantara lain:
  - a) Diameter Begel
 

Proses *bending* akan mengakibatkan penarikan pada sisi luar dan pengkerutan pada sisi dalam diameter kelengkungan. Ketebalan plat/logam akan berpengaruh pada radius *bending* yang dibentuk dan kemampuan material untuk dapat mengalami peregangan tanpa terjadi distorsi.
  - b) Metode *Bending*

Prosedur atau metode yang tepat dalam proses *bending* yang dilakukan sangat berpengaruh pada kualitas produk yang dihasilkan.
  - c) Ukuran Material
 

Material dengan ukuran besar apabila dilengkungkan dengan radius yang kecil akan mudah mengalami distorsi dibandingkan material dengan ukuran kecil dan radius *bending* yang besar.
  - d) Peralatan Pendukung
 

Peralatan yang digunakan meliputi cetakan, *clamp* dan *mandrel*.
  - e) Pelumasan



Pelumasan diperlukan untuk mengurangi efek gesekan dan meningkatkan efisiensi proses pembentukan.

c. Mesin Pembengkok Begel Hidrolik

Mesin ini menggunakan sistem hidrolik sebagai sumber tenaga penekuknya. Mesin ini membutuhkan tenaga listrik yang lebih efisien untuk menggerakkan pompa hidroliknya, Fluida yang digunakan berupa oli hidrolik yang secara berkala harus diganti. Kelebihan mesin ini adalah mampu menekuk logam yang berdiameter lebih besar dan akurasi terkontrol. Sedangkan kekurangannya adalah kerjanya relatif lambat walaupun konsumsi listrik lebih efisien dibandingkan tipe mekanikal.

#### 3.2.4.6 Pelekatan, Penjangkaran dan Penyambungan

Efektifnya beton bertulang tergantung pada pelekatan yang memadai antara beton dan penulangan baja sehingga tegangan dapat dipindahkan dari beton ke baja. Pelekatan yang baik dapat dicapai dengan memadatkan beton di sekitar batang penulangan yang bersih. Beton kekuatan lebih tinggi biasanya mempunyai pelekatan baja lebih baik, dan ulir pada bentuk batang baja tersebut (batang ini disebut batang ulir) meningkatkan pelekatannya. Batang ulir dapat memiliki kira-kira dua kali kekuatan pelekatan dari batang biasa, sehingga sebagian besar baja penulangan yang digunakan seharusnya merupakan batang ulir.

Kawat tarik keras (*hard drawn wire*) yang dipakai anyaman adalah sangat halus, tetapi pelekatan dengan jenis penulangan ini jarang kritis, karena jarak yang kecil di antara kawat menyilang biasanya maksimum 200 mm. Batang penulangan biasanya diteruskan melewati daerah tegangan tarik dalam komponen struktur untuk menjamin bahwa batang mempunyai kontak yang cukup dengan beton di luar daerah tegangan, sehingga kekuatan pelekatan yang memuaskan dapat berkembang. Jika sulit untuk meneruskan panjang batang, bengkokan atau kait digunakan untuk mengembangkan pelekatan dengan beton.

Pada pekerjaan beton bertulang, batang-batang tulangan biasanya harus digabungkan atau disambung untuk menjamin kesinambungan pada seluruh bangunan. Hal ini memungkinkan perubahan terhadap ukuran batang atau perubahan arah yang harus dibuat dan juga memastikan pemindahan gaya tarik pada penulangan. Pada dinding yang tinggi, batang biasanya disambung untuk menghindari adanya batang vertikal berukuran panjang tanpa sokongan. Hal tersebut sukar ditangani pada waktu membuat fondasi langsung dan bagian bawah dinding.

Pada umumnya, batang-batang harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga dapat menghindari sambungan yang diadakan pada titik-titik tegangan maksimum. Sambungan harus berselang-seling di mana mungkin. Batang-batang yang disambung dengan lewatan harus *overlap* dengan jarak tertentu. Syarat-syarat Teknik biasanya menyatakan bahwa panjang lewatan harus sejumlah tertentu diameter batang biasanya sekitar 40 kali diameter batang. Jika batang dikaitkan, panjang lewatan dapat dikurangi.

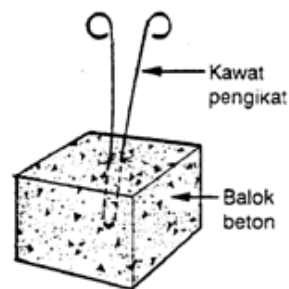
Batang yang lewat harus diikat satu sama lain dengan menggunakan kawat pengikat biasa berdiameter sekitar 1,6 mm. Batang-batang dapat juga disambung dengan menggunakan penghubung mekanis yang mempunyai suatu keuntungan yaitu mengurangi padatnya baja pada tempat overlap. Peralatan tersebut relatif mahal dan jarang dipakai di Indonesia.

#### 3.2.4.7 Selimut Penutup Penulangan (*Concrete Cover*)

Selimut beton bertujuan melindungi tulangan teroksidasi akibat pengaruh cuaca dan lingkungan sekitarnya seperti bahan kimia maupun api. Selimut beton diukur dari permukaan beton ke permukaan terluar baja. Di lapangan seringkali ditemukan struktur beton yang tulangnya terkontaminasi karat, Ini diakibatkan oleh proses pengecoran yang kurang baik

sehingga selimut beton tidak memenuhi syarat minimum ataupun akibat pemotongan tulangan yang tidak sesuai standar. Selimut beton pada penulangan sangat penting bagi kekuatan struktur jangka panjang pada jembatan. Karat baja tulangan sering terlihat pada dasar pelat lantai yang berhubungan dengan jembatan baru. Beton di luar penulangan melindungi baja dari pengkaratan atau bahan kimia. Tebal selimut yang diperlukan tergantung pada sifat penampilan dan sifat dari unsur struktural.

Bila tidak ada informasi lain, selimut untuk fondasi telapak harus minimum 50 mm, balok minimum 40 mm dan pelat minimum 30 mm. Jika terdapat nilai yang lain pada Gambar Rencana, nilai tersebut tentunya yang harus diikuti. Cara yang paling sederhana serta murah untuk menjamin selimut yang cukup adalah untuk menggunakan blok pengatur jarak dari beton. Ini dapat dibuat dengan sisa beton dan kawat pengikat yang dapat diikatkan pada baja horizontal atau vertikal.



**Gambar 3.34 – Beton tahu**

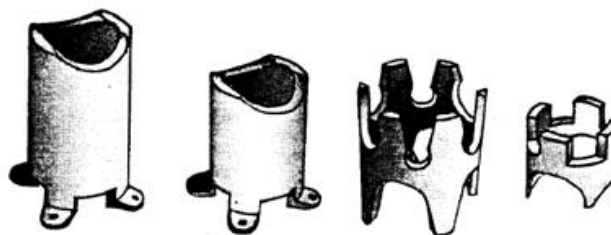
Tanggung jawab atas cukupnya selimut beton pada baja terletak pada konsultan pengawas. Syarat-syarat Teknik cukup jelas dalam hal ini, dan pihak Pengawas Pekerjaan harus memeriksa aspek konstruksi beton.

Penyedia Jasa tidak diperbolehkan melakukan pengecoran beton sebelum diadakan suatu pemeriksaan pra-pengecoran yang lengkap, sampai segala kelemahan dilihat dan diperbaiki serta persetujuan Pengawas Pekerjaan diperoleh untuk berlangsungnya pengecoran. Suatu formufir untuk digunakan pada pemeriksaan pra-pengecoran dalam Panduan Pengawasan Pelaksanaan Jembatan. Persyaratan selimut beton pada pelaksanaan dilapangan mengacu pada Panduan Teknik Pelaksanaan Jembatan Bab 2 Material 2.2.9.1.c.

#### **3.2.4.8 Penempatan dan Pengikatan Baja Tulangan Beton**

Penulangan harus ditempatkan dan diikat sehingga Selimut beton minimum yang disyaratkan, dihasilkan pada semua muka. Batang tulangan tidak boleh tergeser dan berpindah oleh pekerja yang berjalan di atas baja, atau oleh pengecoran beton dan kegiatan pemadatan. Untuk jarak antara (*spacing*) dan posisi batang tulangan harus terpenuhi sesuai dengan Gambar Kerja.

Kawat pengikat harus berdiameter sekitar 1,6 mm. Biasanya tidak perlu mengikat tiap titik pertemuan penulangan, tiap dua titik pertemuan biasanya sudah cukup.



**Gambar 3.35 – Dudukan tulangan**

Untuk mendapatkan selimut beton yang benar, pengatur jarak (*spacer*) yang berukuran sesuai atau dudukan batang tulangan (*bar chair*) harus diikat kencang di tempat kawat. Dudukan dapat dibuat dari plastik atau blok beton berkekuatan tinggi dan padat, dipracetak dengan kawat ikatan untuk pengikatan yang kencang. Cara pengikatan harus sedemikian rupa sehingga pada waktu penggetaran, pengatur jarak yang diletakan pada acuan vertikal tidak dapat berputar pada batang di mana pengatur itu diikat. Jenis pengatur jarak bundar dalam keadaan tertentu dapat mencegah terjadinya hal ini.

### 3.2.4.9 Tahap Pekerjaan Persiapan Penulangan

#### a. Tahap Pengiriman dan Mobilisasi

Pengiriman tulangan ke lapangan dalam kelompok ikatan ditandai dengan etiket/label yang mencantumkan ukuran batang, panjang dan tanda pengenalan. Pemindahan tulangan harus hati-hati untuk menghindari kerusakan. Gudang harus kering, bagus saluran-salurannya, dan terlindung dari lumpur, kotoran, karat dsb.

Sebelum pengiriman diterima, harus diperiksa hal-hal berikut:

1. Diameter, bentuk, kuantitas tiap jenis, dan jenis bahan yang benar.
2. Kerusakan pada batang pada waktu penanganan dan pengangkutan.
3. Kebersihan dan kondisi karat.

Sebelum tahap penyimpanan, baja tulangan beton yang dikirim ke lapangan harus terlebih dahulu diperiksa oleh Penyedia Jasa dengan bantuan Pengawas Pekerjaan. Hal-hal yang perlu diperhatikan terkait penerimaan baja tulangan beton adalah:

- a) Memeriksa apakah sejumlah besi beton tersebut sesuai dengan jenis / mutu baja, diameter dan panjang yang dipesan.
- b) Dilampiri sertifikat atau tanda pemeriksaan.
- c) Pemeriksaan visual terhadap karatan, pelupasan dan sebagainya.
- d) Kelurusan batang – batang baja tulangan beton.

#### b. Tahap Persiapan Lokasi

Persiapan lokasi pembesian harus dilakukan sebelum pekerjaan tulangan dilakukan, adapun hal yang perlu diperhatikan dalam tahap persiapan lokasi adalah:

1. Luas ruangan harus sesuai dengan penempatan bahan, komposisi alat dan banyaknya tenaga kerja
2. Kemudahan transport material
3. Komposisi alat berupa *bar bender*, *bar cutter* alat bantu, dan lain-lain.

c. Tahap Pabrikasi Tulangan

1. Pekerjaan awal Gambar Rencana kerja untuk tulangan meliputi rencana pemotongan, pembengkokan, sambungan, penghentian dll.
2. Pembengkokan dan pemotongan tulangan, Pembengkokan harus dilakukan secara perlahan-lahan dengan gerakan yang lambat dan teratur. Sedangkan untuk ukuran yang ditentukan harus dipenuhi, dengan toleransi tertentu.
3. Pembuatan marking as dan dimensi, Tulangan harus ditempatkan dengan teliti pada posisi sesuai rencana, dan harus dijaga jarak antara tulangan dengan tulangan, jarak antara tulangan dengan bekesting untuk mendapatkan tebal selimut beton / beton *decking* yang cukup.
4. Pemasangan tulangan sengkang, tulangan harus sesuai dengan jumlah dan jarak yang ditentukan dalam Gambar Kerja. Ikantan dengan kawat beton minimal 3 kali putaran.
5. Pemasangan konduit dan *block out* bila ada pekerjaan terkait, mempergunakan penyekat (*spacer*), dudukan (*chairs*) dari blok beton atau baja.
6. Pemeriksaan seluruh tulangan, diameter dan jaraknya, sebelum melakukan pengecoran, semua tulangan harus diperiksa terlebih dahulu untuk memastikan ketelitian penempatannya, kebersihan dan untuk mendapatkan perbaikan bila perlu.
7. Pembersihan sisa-sisa kotoran kawat ikat dan lain-lain, tulangan yang berkarat harus segera dibersihkan atau diganti
8. Khusus untuk tebal selimut beton, dudukan harus cukup kuat dan jaraknya sedemikian sehingga tulangan tidak melengkung dan beton penutup tidak kurang dari yang disyaratkan. Toleransi yang diperkenankan terhadap bidang horizontalnya adalah  $\pm 2,5$  mm.

d. Penyimpanan Tulangan Baja Beton

Semua penulangan harus ditumpuk bebas dari tanah pada kayu atau rak dengan cukup penopang untuk menghindari pembengkokan dan pemuntiran. Harus dicegah adanya lumpur, minyak, cat dan lain-lain. Penumpukan harus diatur menurut ukuran dan panjang dengan semua batang yang serupa diberi label dan dikelompokkan bersama.

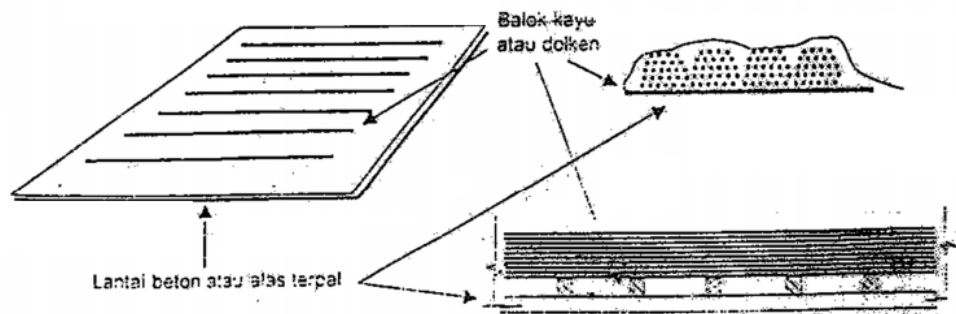
1. Tujuan Penyimpanan Tulangan Baja Beton

- a) Mencegah terjadinya korosi.
- b) Memudahkan pengambilan dan perhitungan persediaan, mengingat baja beton terdiri dari berbagai diameter dan ukuran.
- c) Mencegah kecerobohan tukang pasang baja beton, khususnya saat pengambilan dari tempat pemotongan/pembengkokan baja tulangan.

2. Syarat Penyimpanan Tulangan Baja Beton

Dalam melakukan penyimpanan tulangan baja beton terdapat hal yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan material tulangan adalah:

- a) Penyimpanan besi beton harus bebas dari tanah (diatas balok/palang atas yang sejenis)
  - b) Penyimpanan besi beton harus bebas dari tanah dan per-diameter disimpan terpisah.
  - c) Hindarkan kelamaan waktu penyimpanan.
  - d) Besi beton disusun menurut kualitas yang sama.
  - e) Tulangan diameter besar (lebih dari 16 mm) disimpan dalam kondisi lurus.
3. Cara Penyimpanan Tulangan Baja
- a) Tempat penyimpanan diberikan alas lantai berupa beton tumbuk dan diberi perletakan dari balok-balok kayu bulat diameter 15 cm. Alternatif lain adalah setelah permukaan tanah diratakan dan dipadatkan, dialas terpal kemudian diberi perletakan kayu dengan jarak maksimum 1.00 m. Lokasi harus ditempat yang mudah dikunjungi.



**Gambar 3.36 – Dudukan tulangan**

- b) mungkin untuk tulangan dengan diameter besar (lebih dari 16 mm) disimpan dalam kondisi lonjoran lurus (12 meter).
- c) Apabila disimpan dialam terbuka, apalagi dekat laut / daerah pantai, maka tumpukan baja beton harus ditutup terpal.
- d) Penyimpanan dipisahkan sesuai dengan diameternya, dan diikat tiap jumlah tertentu (misalnya 10 batang) sehingga memudahkan pengambilan dan penghitungannya.
- e) Beri tanda/tanggal kedatangan tiap baja beton agar pengambilannya bisa diutamakan yang datang lebih awal.

#### 3.2.4.10 Hal-hal Yang Perlu Diperhatikan Dalam Pekerjaan Tulangan

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan tulangan adalah:

##### a. Pembengkokan Tulangan

Pembengkokan harus dilakukan secara perlahan-lahan dengan gerakan yang lambat dan teratur. Pemanasan batang untuk memudahkan pembengkokan hanya boleh dilakukan dengan persetujuan Pengawas Pekerjaan. Ukuran yang ditentukan harus dipenuhi, dengan toleransi tertentu. Pembengkokan dilakukan pada meja pembengkok menggunakan kunci besi dari ukuran kecil sampai besar. Kunci besi ada yang perlu ditambah sambungan pipa agar tangan orang menjadi lebih ringan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pembengkokan berikut toleransi pemotongan dan pembengkokan.

Pembuatan kait pada tulangan dapat berupa kait penuh, kait lurus dari kaitannya. standar yang dipakai dalam pembuatan kait baik bentuk maupun panjang mengikuti SNI 03-6818-2012.

b. Pemotongan Tulangan

Hal yang perlu diperhatikan dalam pemotongan tulangan meliputi:

1. Pemotongan berdasarkan daftar Pembengkokan tulangan.
2. Rencana pemotongan didasarkan dari panjang tulangan di pasaran yaitu 12 meter.
3. Pemotongan harus direncanakan dengan baik agar sisa potongan yang terbuang dapat diminimalkan.
4. Pemotongan bisa dilakukan secara manual maupun dengan mesin *bar cutter*.

c. Pemotongan Tulangan

Penyambungan tulangan dapat dilakukan dengan cara:

1. Sambungan dengan penyaluran (*Overlapping*)

a) Sambungan (*Overlapping*) Dalam Kondisi Tarik

Panjang minimum sambungan lewatan tarik (ps. 14.15. (1-2) SNI-03-2847-2002).

b) Sambungan kelas A:  $L_s \text{ min} = 1,0 L_d$  dan tidak kurang dari 300 mm

c) Sambungan kelas B:  $L_s \text{ min} = 1,3 L_d$  dan tidak kurang dari 300 mm

Perhitungan  $L_d$  mengikuti ketentuan yang dapat dilihat pada bagian penyaluran tulangan tanpa kait dengan menghitung nilainya tanpa faktor modifikasi.

d) Sambungan (*Overlapping*) Dalam Kondisi Tekan

Panjang minimum sambungan lewatan tekan (ps. 14.16. (12) SNI-03-2847-2002):

Untuk  $f_y < 400 \text{ MPa}$ :  $L_s \text{ min} = 0,07 \cdot f_y \cdot db$  dan tidak kurang dari 300 mm

Untuk  $f_y > 400 \text{ MPa}$ :  $L_s \text{ min} = (0,13 \cdot f_y - 24) \cdot db$  dan tidak kurang dari 300 mm

Dimana  $db$  adalah diameter nominal tulangan yang disambung, jika terdapat perbedaan diameter tulangan nominal maka diambil nilai terbesar.

2. Pengelasan

Penggunaan pengelasan titik untuk mengencangkan tulangan harus sesedikit mungkin, atau lebih baik dihindari sama sekali. Cara ini harus mendapat persetujuan Pengawas Pekerjaan terlebih dahulu.

Akan tetapi pengelasan titik seringkali dapat memudahkan pemasangan, misalnya pada prefabrikasi jalinan (*cage*) tulangan yang besar. Dalam hal ini jika pengelasan disetujui maka harus di daerah tegangan rendah dari batang yang jauh dari pembengkokan, dan dilakukan oleh operator las yang berkualifikasi, serta sesuai persyaratan ANSI/AWS D1.4 Peraturan Pengelasan Bangunan - Baja Penulangan.

3. Alat penyambung (selongsong)

Biasanya dilakukan dengan *overlapping*, sehingga perlu diperhatikan agar jarak penyambungan jangan sampai kurang atau salah.

d. Penempatan dan Pengikatan

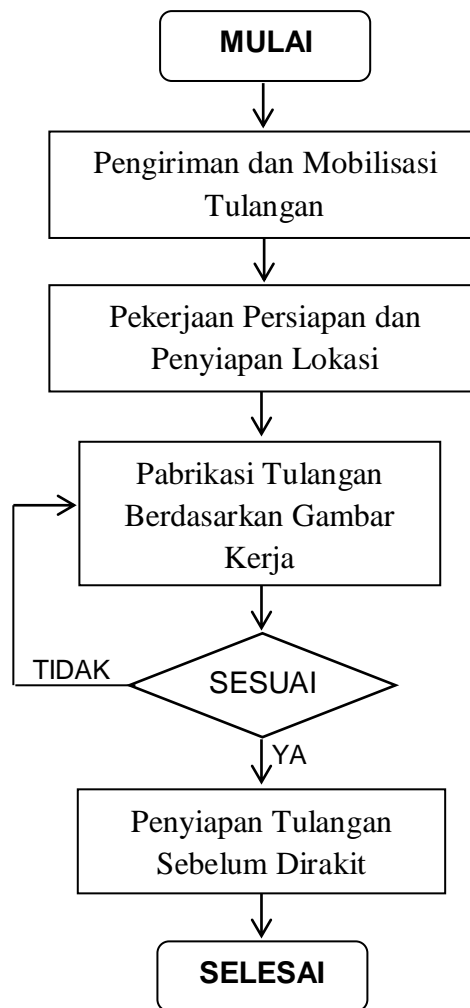
Penulangan harus ditempatkan dan diikat sehingga:

1. Selimut beton minimum yang disyaratkan, dihasilkan pada semua muka.
2. Batang tulangan tidak akan tergeser oleh pekerja yang berjalan di atas baja, atau oleh pengecoran beton dan kegiatan pemadatan.
3. Batang tulangan tidak akan berpindah tempat oleh pengapungan dari pembentuk rongga
4. Jarak antara (*spacing*) dan posisi batang tulangan dapat dipenuhi.
5. Kawat pengikat harus berdiameter sekitar 1,6 mm. Biasanya tidak perlu mengikat tiap titik pertemuan penulangan, tiap dua titik pertemuan biasanya sudah cukup.

Untuk mendapatkan selimut beton yang benar, pengatur jarak (*spacer*) yang berukuran sesuai atau dudukan batang tulangan (*bar chair*) harus diikat kencang di tempat kawat. Dudukan dapat dibuat dari plastik atau blok beton berkekuatan tinggi dan padat, dipracetak dengan kawat ikatan untuk pengikatan yang kencang. Cara pengikatan harus sedemikian rupa sehingga pada waktu penggetaran, pengatur jarak yang diletakan pada acuan vertikal tidak dapat berputar pada batang di mana pengatur itu diikat. Jenis pengatur jarak bundar dalam keadaan tertentu dapat mencegah terjadinya hal ini.

### 3.2.4.11 Bagan Alir Pelaksanaan Pekerjaan Penulangan

Proses pelaksanaan pekerjaan perancah dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut.



Gambar 3.37 – Bagan alir pelaksanaan pekerjaan penulangan

## 3.3 Beton Pra-Tekan

### 3.3.1 Umum

Beton pratekan adalah beton bertulang yang dimana telah diberikan tegangan dalam mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja. Pada bab ini akan menjelaskan mengenai metode pelaksanaan beton pratekan (pra-tarik dan pasca tarik) meliputi persiapan pelaksanaan, proses pelaksanaannya, hingga penyelesaian akhir setelah pemberian gaya pra-tekan.

### 3.3.2 Material Beton Pra-Tekan

Sifat-sifat penting material seperti kekuatan (kekuatan tekan, tarik, dan lentur, kekuatan statis dan fatik), kekakuan, perilaku yang tergantung waktu (rangkai, susut, relaksasi, serta perubahan tegangan dan kekakuan pada regangan tinggi), dan konduktivitas serta pengembangan akibat suhu harus ditetapkan dengan benar sesuai batasan-batasan nilai yang diberikan atau ditetapkan berdasarkan hasil pengujian. Semua material dan alat yang



akan digunakan dalam pelaksanaan beton pra-tekan harus sudah terkalibrasi dan teruji sesuai dengan spesifikasi pada Dokumen Kontrak.

a. Selongsong

Selongsong untuk sistem pasca tarik harus memenuhi ketentuan SNI 7833:2012 berikut:

1. Selongsong yang disediakan untuk tendon pasca-tarik harus dibentuk dengan bantuan selongsong berusuk yang lentur atau selongsong logam bergelombang yang digalvanisasi, dan harus cukup kaku untuk mempertahankan profil yang diinginkan antara titik-titik penunjang selama tekanan bekerja.
2. Selongsong untuk tendon baja pra-tekan harus kedap mortar dan tidak reaktif dengan beton, baja pra-tekan, atau bahan *grouting* yang akan digunakan.
3. Selongsong untuk tendon yang akan dilakukan *grouting* harus mempunyai diameter dalam setidaknya 6 mm lebih besar dari diameter tendon.
4. Selongsong tendon yang akan dilakukan *grouting* harus mempunyai luas penampang dalam minimum 2 kali luas tendon.
5. Selongsong harus benar-benar merupakan sambungan logam dan segera harus ditutup sampai rapat dengan menggunakan pita perekat tahan air untuk mencegah kebocoran adukan.

Selongsong yang akan digunakan harus bebas dari belahan, dan retakan. Sambungan harus dibuat dengan hati-hati dengan cara sedemikian hingga saling mengikat rapat dengan adukan. Selongsong yang rusak tidak boleh digunakan serta harus dikeluarkan dari tempat kerja. Lubang udara harus disediakan pada puncak dan pada tempat lainnya di mana diperlukan sedemikian hingga penyuntikan pasta semen dapat mengisi semua rongga sepanjang seluruh panjang selongsong sampai penuh.

b. Angkur

Perangkat ankur yang digunakan dengan masing-masing *strand* tunggal atau batang tunggal berdiameter 15 mm atau batang tulangan berdiameter lebih kecil dan persyaratan perangkat ankur sesuai SNI 7833:2012 dan *ACI 423.7*.

Angkur yang dipakai harus diproduksi oleh fabrikator yang dikenal dengan jaminan mutu yang sesuai dengan spesifikasi teknik, yang bila perlu ditentukan dengan pengujian.

c. Penyambung (*Coupler*)

Penyambung (*coupler*) harus dapat menyalurkan gaya yang tidak lebih kecil dari kuat tarik batas elemen yang disambung. Penyambung harus dipasang dalam daerah yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan dan dipasang sedemikian rupa sehingga memungkinkan terjadinya gerakan yang diperlukan.

*Coupler* harus ditempatkan pada daerah yang disetujui oleh perencana profesional yang bersertifikat dan ditempatkan pada perumahan yang cukup panjang sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan yang diperlukan (SNI 7833:2012).

d. Tendon Baja Pra-tekan

Untaian kawat (*strand*) pra-tekan harus terdiri dari 7 kawat (*wire*) dengan kuat tarik tinggi, bebas tegangan, relaksasi rendah dengan panjang menerus tanpa sambungan

atau kopel sesuai dengan SNI 1154-2016. Untaian kawat (*strand*) tersebut harus mempunyai kekuatan leleh minimum sebesar 16.000 kg/cm<sup>2</sup> dan kekuatan batas tarik minimum dari 19.000 kg/cm<sup>2</sup>. Kawat (*wire*) pra-tekan harus terdiri dari kawat dengan kuat tarik tinggi dengan panjang menerus tanpa sambungan atau kopel dan harus sesuai dengan SNI 1155:2016.

### **3.3.3 Pelaksanaan Unit-Unit Beton Pra-tekan**

#### **3.3.3.1 Umum**

a. Tempat Pencetakan

Tempat cetakan yang akan digunakan pada saat proses pengecoran harus diperiksa dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, sebelum tahap pengecoran dilakukan.

b. Acuan Rongga dan Lubang

Pipa acuan untuk membentuk lubang melintang dalam pekerjaan akhir harus dilepaskan sesegera mungkin setelah proses pengecoran beton selesai. Sehingga pergerakan akibat penyusutan atau perubahan temperatur beton dapat diminimalisir.

Apabila diperlukan rongga dalam beton, maka pembentuk rongga beton harus terpasang baik dan kaku serta di posisikan dengan benar agar tidak terjadi pergeseran yang cukup besar dalam segala arah selama proses pengecoran berlangsung.

#### **3.3.3.2 Perlengkapan Pra-Tekan**

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai perlengkapan beton pra-tekan adalah sebagai berikut:

- a. Perlengkapan penarik kabel harus dicek kelengkapannya sebelum digunakan dan harus dikalibrasi sebagai unit yang lengkap agar memberikan korelasi antara gaya yang diberikan pada kabel dan bacaan yang ditunjukkan oleh alat ukur tekanan.
- b. Harus disediakan paling sedikit 2 alat pengukur tekanan dengan permukaan diameter tidak kurang dari 150 mm, satu untuk membaca lendutan akibat penegangan dan yang satunya untuk membaca pembebanan selama operasi penegangan akhir.
- c. Alat pengukur tekanan harus akurat sampai ketelitian 1% kapasitas penuh.

#### **3.3.3.3 Perakitan Tendon (Kabel Pra-Tekan)**

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perakitan tendon (kabel beton pra-tekan) adalah sebagai berikut:

- a. Tendon/Kabel pra-tekan harus dirakit sesuai dengan petunjuk yang diikutsertakan dalam sertifikat persetujuan pabrik.
- b. Sebelum perakitan, maka permukaan baja pra-tekan harus diperiksa terhadap korosi. Karat lepas harus dibuang dengan tangan, yaitu dengan lap kain guni atau wol baja halus dan setiap jenis minyak harus dibersihkan dengan menggunakan deterjen.
- c. Suatu lapisan karat yang tipis tidak dianggap merusak asalkan baja tersebut tidak nampak keropos setelah dibersihkan dari karat.

- d. Baja yang sangat berkarat atau baja yang keropos harus ditolak dan dikeluarkan dari tempat kerja. Benda asing yang melekat pada baja harus dihilangkan setelah pra-tekan atau sebelum penempatan dalam selongsong.
- e. Apabila baja pra-tekan untuk pekerjaan penegangan sebelum pengecoran pre-tension dipasang sebelum pengecoran pada unit tersebut, atau apabila tidak disuntik dalam waktu 10 hari sejak pemasangan, maka baja tersebut harus mengikuti ketentuan di atas untuk perlindungan terhadap korosi dan ditolak jika berkarat. Dalam hal ini, bahan penghambat korosi harus digunakandalam selongsong setelah pemasangan kabel.
- f. Jangkar harus dirakit dengan kabel dengan cara sedemikian sehingga dapat mencegah setiap pergeseran posisi, baik selama pemasangan maupun pengecoran.

#### **3.3.3.4 Selimut Beton**

Selimut beton yang digunakan untuk beton pra-tekan tidak boleh kurang antara 2 kali diameter tendon dan 3 cm, diambil nilai yang paling besar. Selimut beton ditambah 1.5 cm untuk beton pada kondisi bersinggungan langsung dengan permukaan tanah. Sedangkan untuk elemen struktur beton yang dipasang didalam air asin disyaratkan penambahan sebesar 3 cm. ketentuan mengenai selimut beton untuk beton pra-tekan harus memenuhi SNI 03-2847:2002 dan ACI/318 ch.77.1

#### **3.3.3.5 Saluran (*Ducting*) Untuk Tendon Pra-Tekan**

Berbagai bentuk saluran untuk tendon pra-tekan biasanya merupakan barang paten, dan dapat dijelaskan pada Gambar Rencana, atau merupakan bagian dari sistem penarikan. Saluran seringkali terbuat dari baja gauge yang sangat ringan untuk fleksibilitas dan pertimbangan ekonomi, dan mudah rusak pada waktu penanganan, penyimpanan, perbaikan atau pada proses pengecoran.

Hal-hal yang harus menjadi perhatian penting dalam pekerjaan saluran untuk tendon pra-tekan adalah sebagai berikut:

- a. Saluran (*ducting*) harus ditempatkan pada posisi yang tepat sesuai dengan Gambar Kerja.
- b. Saluran harus disetel dengan tepat dan dipasang pada tulangan dengan interval dekat, biasanya dengan kawat pengikat yang cukup kencang untuk mencegahnya bergerak, tetapi tidak terlalu kencang sehingga merubah bentuk saluran.
- c. Saluran dapat mengapung pada beton basah, sehingga harus diikat terhadap gerakan keatas, selain harus ditopang dari bawah.
- d. Penulangan dapat menggunakan dudukan (*saddle*) atau batang penempat supaya menjamin ketepatan.
- e. Saluran harus diperkaku, balk dengan menempatkan tendon penegang dalam saluran atau dengan cara lain yang sesuai (seperti pipa PVC atau baja), untuk memperkecil perubahan bentuk atau kerusakan pada saluran.
- f. Ruas sambungan saluran harus ditutup dengan hati-hati untuk mencegah masuknya adukan cair (*slurry*) beton yang digetarkan dapat masuk ke dalam saluran.
- g. Pekerja yang mengoperasikan penggetar internal harus diberi petunjuk dan diawasi dengan balk, karena saluran dapat rusak oleh benturan dari kepala penggetar.

- h. Saluran logam biasa digalvanisasi. Lapisan dalam timah hitam kadang-kadang diberikan di bagian dalam, jika perlu, untuk mengurangi kehilangan gesekan (*friction*) pada daerah pelengkungan tendon yang besar.
- i. Harus disediakan lubang-lubang pada interval teratur di semua saluran, terutama pada semua titik tinggi dan rendah. Lubang biasanya berdiameter sekitar 20 mm dan harus diberi sumbat supaya lubang dapat ditutup setelah *grouting* yang bebas udara mulai mengalir.
- j. Lubang harus diteruskan sepanjang jarak tertentu (sekitar 300 mm cukup) lewat permukaan beton. Lubang juga diperlukan pada kedua ujung tiap saluran untuk *grouting*. Tiap lubang harus mempunyai katup sumbat yang dapat menahan 700 kPa untuk sedikitnya satu menit tanpa air atau udara mengalir keluar.

### 3.3.3.6 Tendon dan Penjangkaran

Tendon untuk pra-tekan dapat terdiri dari kawat tarik, lilitan (*strand*), atau batang baja mutu tinggi. Gambar dan Syarat-syarat Teknik dapat dibuat untuk menyesuaikan dengan suatu sistem pra-tekan yang khusus. Sistem alternatif diperbolehkan dengan persetujuan Pengawas Pekerjaan, dengan syarat bahwa detail sistem alternatif diserahkan oleh Penyedia Jasa pada waktu penawaran.

Ketentuan yang harus dipenuhi dalam pekerjaan tendon dan penjangkaran adalah sebagai berikut:

- a. Bahan dan peralatan yang disediakan oleh Sub Penyedia Jasa dapat mengadakan penegangan dan *grouting* pada bagian bangunan jtu bila perlu. Keterangan pengujian dan contoh kawat (*wire*), lilitan kawat baja (*strand*) atau batang (*bar*) diambil dan diperiksa.
- b. Grafik beban-perpanjangan (*extension*) yang disediakan oleh pabrik atau penguji berwenang, dipakai untuk tiap *batch* untuk membandingkan gaya sebenarnya dan gaya teoritis pada lilitan kawat atau kawat dan perpanjangan pada waktu penegangan. Adalah penting bahwa tendon dalam sistem multi-*strand* atau sistem kawat baja terdiri dari *strand* atau kawat baja dari *batch* yang sama, atau *batch* dengan Modulus Young yang sama.
- c. Penting bahwa tendon harus bersih dan aman terhadap kerusakan, puntiran atau bengkokan. Goresan kecil yang disebabkan oleh penyimpanan atau penanganan yang kurang baik dapat berakibat suatu konsentrasi tegangan yang akan menyebabkan terputusnya kawat pada waktu penegangan atau setelah pemasangan selesai.
- d. Pengelasan dan pemotongan dengan api dekat tendon harus dilarang, karena ini dapat pula menyebabkan tendon patah akibat percikan sesat atau tetesan logam cair. Bahan penegangan tidak boleh diseret di tanah, diinjak, digilas alat di lokasi atau disimpan di tempat yang dapat terkena lemak, cat atau pelapis lain.
- e. Angker harus diperiksa dengan teliti sebelum dipasang untuk kualitas, penyelesaian dan kerusakan. Adalah penting tendon dipretension, Gambar Rencana menunjukkan lokasi dan detail dudukan (*saddle*) atau alat lain, jika perlu, supaya tendon tetap pada posisinya sampai beton mengeras. Alat-alat ini harus disetel dengan tepat pada posisi, dan harus cukup kuat menahan beban yang dihitung.

- f. Tendon harus tetap bersih pada waktu pemasangan, dan kain lap yang dibasahi pelarut dapat dipakai untuk menghilangkan minyak acuan atau lapisan lain. Jika ada bagian tendon yang harus dilepas, dapat dipakai selubung (*sheath*) plastik yang ujungnya tertutup plester, atau plester paten dapat dibungkus sekeliling bagian yang dilepas ikatannya (*debonded*), biasanya dalam dua lapisan di mana masing-masing lapis diputar pada arah berlawanan. Sebaiknya pengecoran beton dilakukan sesegera mungkin setelah penegangan.
- g. Masing-masing lilitan kawat tendon pos-tension tidak boleh melintir di dalam kabel dan, untuk sistem kawat tunggal (*mono-strand*) pengatur jarak (*spacer*) (pada jarak pusat 1 m) harus digunakan.
- h. Apabila tendon telah ditempatkan dalam saluran sebelum pengecoran, tendon harus ditarik ke belakang dan ke muka kira-kira 300 mm masing arah setelah pengecoran, untuk menjamin kebebasannya dan memutus lekatan (*bond*) pada adukan cair (*slurry*) yang meresap/bocor kedalam saluran. Hal ini biasanya harus dilakukan segera setelah beton mengeras awal, tetapi dapat dilakukan lebih dini dalam hal sambungan in-situ antara segmen pracetak. Kalau diperkirakan telah terjadi kebocoran dalam saluran pada waktu pengecoran, saluran harus dibilas dengan air, kemudian ditiup keluar dengan udara bertekanan yang bebas minyak.
- i. Bila digunakan sistem angker mati (*dead anchor*) untuk tendon, tidak mungkin memindahkan tendon setelah pengecoran. Bila sistem tersebut digunakan, penting untuk mengecor beton sesegera mungkin setelah menempatkan tendon untuk menghindari keadaan terbuka (*expose*) yang tidak perlu, yang dapat mengakibatkan berkaratnya tendon dalam daerah di luar saluran.
- j. Angker harus dipasang tegak lurus (*square*) terhadap garis tendon. Templates sangat bermanfaat bagi menentukan tempat dan memeriksa posisi serta alinemen angker sebelum dan sesudah pengecoran.

### 3.3.4 Beton Pra-tekan

#### 3.3.4.1 Umum

Penegangan pada tendon baja tarik mutu tinggi adalah operasi yang sangat penting dan rumit dilakukan. Pekerjaan ini dapat juga membahayakan sehingga membutuhkan keahlian sistem keamanan khusus. Oleh karena itu penting bagi pengawas dan operator untuk memiliki pengalaman dan mempunyai peralatan yang dapat diandalkan dan yang dipelihara dengan baik. Langkah-langkah pengamanan yang ketat harus diambil pada waktu operasi penegangan. Dongkrak (*jack*) harus sesuai untuk sistem angker yang digunakan, dipasang secara sentris (*centrally*) di atas garis penarikan (*tensioning*) dan ditempatkan tepat pada pengangkeran, serta beroperasi dalam batas kapasitas yang ditentukan.

Sebelum penegangan, peralatan harus diperiksa apakah memiliki sertifikat kalibrasi yang berlaku dari lab yang dapat diterima. Ujung kawat, kabel atau batang harus dibersihkan dari bahan yang dapat mempengaruhi cengkraman (*grip*) pada alat pengangkeran, di mana alat tersebut harus bersih.

Gambar-gambar dan Syarat-syarat Teknik memberikan beban pra-tekan yang disyaratkan, dan urutan yang harus diberikan. Penyimpangan (*deviasi*) yang diusulkan harus dibicarakan dengan Pengawas Pekerjaan untuk menjamin bahwa bangunan tidak memperoleh beban yang tidak dapat diterima. Dengan cara yang sama, instruksi atau petunjuk yang diberikan pemilik sistem pra-tekan yang dipakai harus diikuti oleh operator.

### 3.3.4.2 Penegangan (*Stressing*)

Dalam melakukan pekerjaan penegangan (*stressing*) beton pra-tekan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

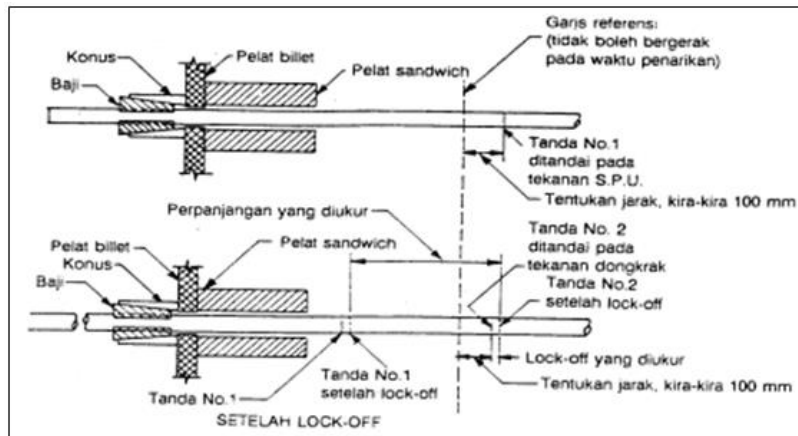
- a. Penyedia Jasa harus memberikan rincian mengenai tekanan gauge yang akan dipakai pada waktu penarikan, perpanjangan (*extension*) yang dihitung untuk tendon dari gulungan (*coil*) khusus, dan kehilangan yang diizinkan pada angker, pengangkat (*hold up*), penahan (*hold down*) dan penghubung sambungan (*splice connector*).
- b. Konsultan pengawas harus menjamin bahwa akan dipakai peralatan penarikan yang benar untuk pra-tekanan. Khususnya semua dongkrak penarik dan *gauge* harus diperiksa, serta nomor serinya dicatat, karena jenis-jenis dongkrak dan *gauge* yang serupa dapat berbeda kinerjanya.
- c. Sebelum penarikan dimulai, semua dongkrak penarik harus dicoba dengan pemompaan ram ke dalam dan ke luar beberapa kali. Tiap tendon diberi nomor dan pola tendon yang diberi nomor disketsa pada catatan penarikan. Pada waktu tendon mula-mula ditarik melalui pengangkat (*hold up*), penahan (*hold down*) dan headstock billets, tendon ini akan kendur (*slack*) dan melendut (*sagging*). Oleh karena itu, perlu memberi gaya pada tendon untuk menarik kendur (*slack*) sebelum kegiatan penarikan utama dimulai. Operasi ini disebut "*Sag Pull Up*" dan tekanan yang dicatat pada gauge ketika ini dilakukan disebut "*Sag Pull Up pressure*" atau "S.P.U" Nilai dari tekanan ini harus ditentukan dengan memperhatikan tendon pada waktu penarikan berlangsung dan akan merubah pengaturan pra-tekanan dan panjang dasar pra-tekan (*prestressing bed*). Akan tetapi biasanya tekanan gauge sekitar 7 MPa sudah memadai.
- d. Tendon pertama harus ditarik hingga tekanan *sag-pull-up*, seperti ditunjukkan oleh gauge tekanan, dan tendon ditandai "1" pada ujung penarika. Pada waktu yang sama penandaan dilakukan pada semua sambungan (*splices*) dan pada ujung tendon. Tanda ini dipakai untuk rujukan kemudian dalam perhitungan perpanjangan yang diukur sebenarnya. Penting untuk membaca secara tepat tekanan *sag pull up*. Jika terjadi kesalahan dalam membaca tekanan ini akan terjadi kesalahan pada perpanjangan yang diperlukan pada beban penuh.
- e. Tendon kemudian harus ditarik sampai tekanan dongkrak yang ditentukan, dengan memakai gauge tekanan, dan tendon yang ditandai "2" pada ujung penarikan. Tekanan dongkrak kemudian dilepas untuk memungkinkan tendon dijepit oleh baji pada *headstock*. Pengurangan pada perpanjangan dari yang terdapat pada tekanan dongkrak penuh disebabkan karena kehilangan di angker *headstock* setelah penguncian (*lock off*).
- f. Kehilangan pada angker harus dicatat dan dibandingkan dengan nilai perkiraan. Kehilangan pada perpanjangan dari tendon di angker headstock pada saat tendon dijepit oleh baji disebut kehilangan pada angker, dan merupakan kombinasi tergesernya (*slip*) angker dan masuk angker kedalamnya (*draw in*). Proses penarikan harus diulang sampai semua tendon telah ditarik. Dua tendon pertama kemudian ditarik kembali untuk menentukan tekanan pengangkat (*lift off*) pada waktu konus terangkat pelat *billet*. Mungkin perlu menggunakan jembatan *detensioning* untuk menentukan tekanan *lift off* ini. Tekanan *lift off* dan tendon harus sedikitnya sama dengan tekanan yang ditentukan, jika tekanan *lift off* kurang daripada yang

ditentukan, ini menandakan bahwa dasar (*bed*) pra-tekan telah memendek, atau telah terjadi angker tergeser (*slip*), dan harus dilaporkan pada Pengawas Pekerjaan. Setelah penarikan selesai, acuan ujung dan tulangan baja harus diperiksa untuk memastikan bahwa tendon tidak merubah bentuknya (*fouled*).

### 3.3.4.3 Perpanjangan (*Extension*)

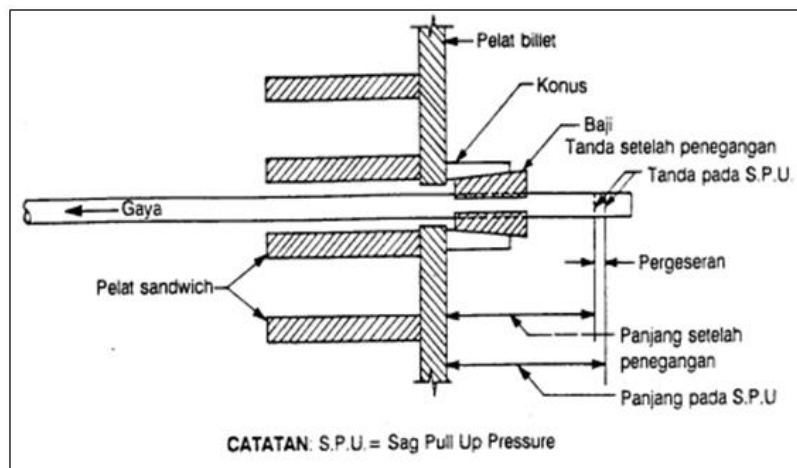
Perpanjangan "sebenarnya" yang diukur dari tendon adalah perpanjangan yang diukur antara tanda "1" dan "2". dikurangi yang berikut:

- a. Penguncian (*lock off*) terukur pada angker pada *headstock*.



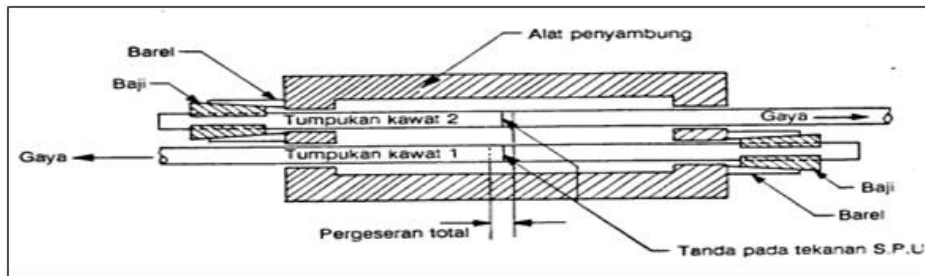
**Gambar 3.38 – Penguncian (*lock off*)**

- b. Pergeseran (*Slippage*) pada angker pada ujung mati (*dead-end*).



**Gambar 3.39 – Pergeseran (*Slippage*) pada angker pada ujung mati (*dead-end*)**

- c. Pergeseran (*Slippage*) total pada baji pada penyambungan (*splice*).



**Gambar 3.40 – Pergeseran (*Slippage*) total pada baji pada penyambungan (*splice*)**

- d. Perpanjangan pada ujung penarikan.

Gerakan setempat pada pelat *dead end sandwich* dan titik rujukan yang dipakai untuk mengukur perpanjangan pada ujung penarikan. Perpanjangan sebenarnya yang diukur dan kehilangan anker pada *headstock* akan dibandingkan dengan nilai-nilai perhitungan atau perkiraan, dan tidak boleh berbeda dengan nilai tersebut lebih daripada yang diizinkan dalam Syarat-syarat Teknik. Suatu cara pemeriksaan untuk menentukan perpanjangan yang sebenarnya adalah dengan menandai panjang tendon 4 m dan mengukur panjang ini sebelum dan sesudah penarikan. Kemungkinan penyebab perbedaan antara perpanjangan sebenarnya yang diukur, dengan perpanjangan yang dihitung adalah:

1. Tekanan *sag pull up* yang salah mungkin telah digunakan.
2. Tekanan dongkrak akhir mungkin salah.
3. Kalibrasi dari sistem dongkrak mungkin salah.
4. Pada tendon mungkin ada tulangan atau membentuk ujung yang kotor.
5. Tergesernya (*slip*) dan masuk ke dalamnya penjangkaran (*draw in*) berbeda dari yang diperkirakan.
6. Gesekan akibat penahan (*hold down*) dan pengangkat (*hold up*) mungkin berbeda dengan perkiraan.

#### 3.3.4.4 Kegagalan Tendon

Kegagalan tendon dapat terjadi karena penjepit atau baji aus, kegagalan tendon setempat karena bahan yang kurang baik, korosi, kerusakan fisik seperti pemuntiran (*kinking*), tegangan berlebih, atau pemanasan tendon. Sebagai langkah pengamanan, tendon yang terbuka harus ditutup terpal atau ditahan dengan penahan (*toggle*) untuk mencegah pencambukan tendon bila terjadi kegagalan. Jika terjadi kegagalan harus diselidiki penyebabnya sebelum pekerjaan dilanjutkan.

Hal yang perlu diperhatikan jika terjadi kegagalan tendon adalah sebagai berikut:

- a. Tendon kemungkinan lepas melalui baji dan bukannya putus. Jika hal ini terjadi, tendon akan lepas keluar pada ujung lain dasar (*bed*) pra-tekan menurut garis lurus, sampai dihentikan oleh penghalang atau *deflector*. Dengan alasan ini, penting untuk membiarkan daerah di belakang anker bebas dari benda apapun, dan tidak mengizinkan siapapun berdiri di belakang anker pada waktu tendon ditarik dan terbuka.



- b. Baji harus diperiksa untuk memastikan kebenaran ukurannya untuk lilitan kawat (*strand*) yang digunakan, tidak retak, giginya tidak tumpul atau aus, dan harus bersih serta bebas dari lemak dan debu. Jika penggeseran (*slipping*) berlebihan terjadi, mesin, toleransi dan kekerasan baji dan kepala angker harus diperiksa.
- c. Baji yang biasa dipakai pada pasca-tarik tidak boleh dipakai pada pra-tarik karena giginya terlalu halus.

#### 3.3.4.5 Tindakan Penanganan

Yang penting untuk diperhatikan adalah bahwa tidak seorangpun boleh, berdiri di belakang dongkrak penarik atau angker pada waktu operasi penegangan. Semua orang yang tidak terlibat secara aktif dalam operasi penegangan dan pengawasan pelaksanaannya harus menjauhkan diri dari pekerjaan itu. Operator sebaiknya berpengalaman dalam sistem penegangan yang dipakai. Dalam tindakan pengamanan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Kondisi semua peralatan harus diperiksa dengan baik sebelum dimulai, terutama alat-alat penjepit yang harus dipakai lebih dari sekali.
- b. Pastikan bahwa peralatan dalam kondisi baik. Kebersihan sangat penting. Komponen yang menunjukkan keadaan sering dipakai atau lelah harus diganti, dan kondisi selang tidak boleh dilupakan.
- c. Gulungan kawat tarik harus ditangani secara hati-hati karena dapat tiba-tiba lepas kembali jika ujungnya tidak ditahan. Jika unit yang akan diberikan tegangan (*stress*) atau *grouting* berada pada ketinggian, lalu-lintas di bawah harus dialihkan atau dilindungi terhadap pengaruh kawat atau kabel putus dan terhadap *grouting* yang bocor.
- d. Dongkrak penarik harus dijaga tidak meloncat ke belakang (*recoil*), sebaiknya dengan rantai, di mana ada kemungkinan gagalnya bahan atau peralatan penegangan secara mendadak. Penghalang yang berat harus dipasang di belakang dongkrak, dan ruang antara dongkrak serta penghalang harus ditutup. Tanda-tanda harus dipasang, memperingatkan pekerja dan masyarakat umum agar menjahui tempat itu. Gulungan karung atau plastik berat, dan kayu dapat dipasang di atas kawat pra-tekan yang tidak ditempatkan dalam acuan atau tulangan.
- e. Sistem pendongkrakan tidak boleh ditinggalkan di bawah tekanan. Jika penegangan tidak dapat diselesaikan dalam waktu singkat, turunkan dongkrak dan mulai lagi bila persoalan sudah dipecahkan, dengan membuat penyesuaian yang perlu pada beban dan perpanjangan.
- f. Pengelasan atau pemotongan dengan api tidak boleh dilakukan di dekat bahan atau peralatan penegangan, dan sebaiknya tidak memukul dengan palu atau menggoncang peralatan jika pembebanan sudah dimulai.
- g. Periksa posisi dongkrak dan alinyemen dan penahan (*fixing*) pada kedua ujung unit setelah beban awal diberikan. Operator yang berpengalaman harus mengawasi ujung yang tidak mendongkrak pada waktu pembebanan. Pada waktu *grouting*, operator harus menjaga kebersihan terhadap kebocoran saluran karena pemampatan (*blockage*) sementara dapat diikuti oleh suatu *explosive clearance*.

### 3.3.4.6 Grouting

*Grouting* memberi perlindungan jangka panjang terhadap karat pada tendon pra-tekan, membantu menyebarkan beban superimpose pada keseluruhan unit, dan melindungi unit itu terhadap kemungkinan kegagalan yang disebabkan oleh dilepaskannya beban oleh satu atau lebih kawat dalam kabel yang ditegangkan. Oleh karena itu *grouting* disarankan segera setelah penegangan suatu unit selesai, dan tidak lebih dari dua hari setelah penyelesaian. Dalam keadaan khusus *grouting* dapat ditunda, akan tetapi harus dipikirkan perlindungan tendon terhadap korosi pada waktu ini.

#### a. Bahan dan Pengadukan

*Grouting* adalah campuran semen dan air dan bahan tambahan yang disetujui. Desain campuran harus mengandung air hanya secukupnya untuk memungkinkan campuran mengalir bebas dan menembus rongga. *Grouting* biasa dari semen dan air merembes dan menyusut, dan bahan tambahan pemuai atau bahan tambahan jenis gel atau plasticiser dapat disetujui untuk memperbaiki kelemahan ini. Pengaduk standar (*tumble action*) kurang sesuai untuk mengaduk *grouting* dan pengadukan putar (*rotary*) berkecepatan tinggi lebih sesuai, di mana air selalu pertama-tama yang dimasukkan. *Grouting* dikeluarkan dari pengaduk melalui corong dan penyaring ke pompa yang sesuai yang bekerja secara kontinyu dan mempunyai fasilitas resirkulasi yang akan tetap menjaga campuran berjalan terus bila *grouting* tertahan sementara. Pelaksanaan yang baik mensyaratkan *grouting* cukup diaduk hanya untuk satu saluran. Kelebihan sisa yang terjadi tidak boleh dipakai kembali, dan jika terjadi penundaan, *grouting* yang umurnya lebih dari 30 menit tidak boleh dipakai.

#### b. Prosedur *Grouting*

Saluran (*duct*) dibilas pertama-tama dengan menggunakan aliran air yang banyak, kemudian ditiup dengan udara bertekanan yang bebas minyak. Air yang tertinggal dalam saluran (*duct*) akan dipaksa keluar melalui lubang (*vent*) oleh *grouting* yang masuk. Persediaan *grouting* dihubungkan dengan lubang paling bawah. Lubang-lubang sisa lainnya secara berturut-turut ditutup pada waktu *grouting* yang bebas dari udara dan air yang mengalir keluar. Setelah saluran (*duct*) terisi penuh, pompa masih melanjutkan tekanan, yaitu sekitar 700 kPa, pada sistem tertutup selama satu menit. Jika dianggap perlu, konsistensi *grouting* dapat diperiksa dengan hidrometer. Ketentuan umum yang harus dipenuhi dalam melakukan pekerjaan *grouting* adalah sebagai berikut:

1. Adalah penting bahwa sistem itu, terutama pada sambungannya, bebas dari kebocoran dan bahwa peralatan bersih serta terpelihara.
2. Jika terdapat kebocoran yang tidak dapat dihentikan pada waktu *grouting*, *grouting* di dalam saluran (*duct*) harus dibilas keluar dengan air dan kegiatan dimulai kembali setelah kebocoran diperbaiki.
3. Jika ada pemampatan (*blockage*) kemungkinan seluruh *duct* dapat diisi dengan memindahkan kegiatan pengadukan dan pemompaan pada sisi lain dari unit, jika tidak pemampatan harus dibuka dengan menggunakan air dan udara bertekanan. Jika terdapat resiko kebocoran menyilang (*cross bleeding*) dari *grouting* ke dalam saluran (*duct*) yang berdekatan, yang juga akan dilakukan *grouting*, kadang-kadang lebih baik mengisi kedua saluran (*duct*) secara bersamaan.
4. Pekerja yang bekerja dekat unit itu harus sadar akan kemungkinan terjadinya semprotan tiba-tiba dari campuran udara, air, dan *grouting*.

5. Pada umumnya pekerja harus menjauhi kabel sampai *grouting* mengeras. Unit tidak boleh dipindahkan selama 7 hari sampai *grouting* menjadi kuat. Dimana unit di lakukan *grouting* pada lokasi akhirnya pada jembatan, unit itu tidak boleh dibebani lalu lintas atau beban berat untuk 7 hari setelah *grouting*.
6. Peralatan, prosedur dan sifat-sifat campuran *grouting* harus diuji sebelum dan selama pelaksanaan, dan contoh dapat diambil untuk pengujian kekuatan. Kekuatan *grouting* sebesar 30 MPa (300 kg/cm<sup>2</sup>) adalah kekuatan 28 hari yang lazim. Apabila *grouting* telah selesai, semua pipa ventilasi yang menonjol dipotong rata dan diselesaikan.

### 3.3.5 Metode Pra-Tarik

#### 3.3.5.1 Umum

Sebelum dimulainya pelaksanaan penarikan, perlu bagi Penyedia Jasa untuk menyerahkan jadwal dari data penegangan untuk disetujui oleh Pengawas Pekerjaan Jadwal harus meliputi:

- a. Sketsa mendetail mengenai pola tendon memanjang untuk panjang dasar (*bed*) dengan panjang per tendon diberikan dengan jelas.
- b. Gaya penarikan per tendon yang diberikan oleh dongkrak serta memperhitungkan untuk gesekan sepanjang dasar (*bed*), terutama pada kasus *strand* pola lendutan.
- c. Perkiraan perpanjangan tiap tendon, termasuk perhitungan untuk gelincir (*slippage*) pada alat pemegang pada salah satu atau kedua ujung *bed*.
- d. Dasar penegangan (*stressing bed*) harus diperiksa untuk menjamin bahwa alasnya datar dan rata.
- e. Tendon harus telah diambil contoh dan diuji sesuai dengan syarat-syarat teknik.
- f. Harus diperhatikan bahwa gaya penarikan masih dalam batas mutlak 85 persen dari kekuatan tarik ultimate dari tendon.

Penyambungan tendon dalam batas panjang bagian beton tidak diperbolehkan. Penyambungan dengan alat penyambung dapat dilakukan di luar bagian beton. Jika penyambung digunakan di luar bagian itu, harus diamati pada waktu penegangan adanya rotasi atau spin (yang mengakibatkan relaksasi dari tendon dan hilangnya perpanjangan). Jika rotasi atau spin terjadi, segera harus diambil langkah untuk memodifikasi penyambung atau ijin untuk penyambungan harus dibatalkan.

#### 3.3.5.2 Landasan dan Gaya Pra-tekan

Landasan untuk mendukung gaya pra-tekan selama operasi pra-tekan harus dirancang dan dibuat untuk menahan gaya-gaya yang timbul selama operasi pra-tekan. Landasan harus dibuat sedemikian rupa sehingga bila terjadi slip pada jangkar tidak menyebabkan kerusakan pada landasan. Landasan harus cukup kuat sehingga tidak terjadi lendutan atau kerusakan akibat beban terpusat atau beban mati dari unit-unit yang ditunjang.

#### 3.3.5.3 Penempatan Tendon

Kabel harus ditempatkan sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Gambar, dan harus dipasang sedemikian hingga tidak bergeser selama pengecoran beton. Pada penempatan kabel, perhatian khusus harus diberikan agar kabel tidak menyentuh acuan yang telah

diminyaki. Apabila terlihat tanda-tanda minyak pada kabel, maka kabel harus segera dibersihkan dengan menggunakan kain yang dibasahi minyak tanah atau bahan yang cocok lainnya. Apabila memungkinkan, penegangan kabel hendaknya dilaksanakan sebelum acuan diminyaki. Jangkar harus diletakkan pada posisi yang dikehendaki dan tidak bergeser selama pengecoran beton.

#### 3.3.5.4 Besaran Gaya Pra-tekan

a. Persetujuan

Penyedia Jasa harus menyerahkan kepada Pengawas Pekerjaan usulan terperinci terkait cara pemindahan gaya pra-tekan untuk mendapatkan persetujuan sebelum proses pemindahan gaya dimulai.

b. Ketentuan Kekuatan Beton

Pelepasan tendon tidak boleh dilakukan hingga beton mencapai kuat tekan yang lebih besar dari 85% kuat tekan beton berumur 28 hari yang disyaratkan dan didukung dengan pengujian benda uji silinder yang dibuat.

Apabila setelah 28 hari, kuat tekan beton gagal mencapai kuat tekan minimum yang disyaratkan, maka tendon segera dilepaskan dan unit tersebut dapat ditolak.

c. Prosedur Gaya Pra-tekan

Semua tendon harus diperiksa sebelum dilepaskan untuk memastikan bahwa tidak ada terdapat tendon yang kendur. Apabila terdapat tendon yang kendur, maka Penyedia Jasa harus memberitahukan kepada Pengawas Pekerjaan sehingga pegawai pekerjaan dapat memeriksa dan menentukan apakah unit tersebut dapat digunakan atau harus diganti.

Operasi penarikan kabel harus dikerjakan oleh tenaga yang terlatih dan berpengalaman di bidangnya. Gaya pra-tekan harus diberikan dan dilepas secara bertahap dan merata. Untuk menghilangkan kekenduran dan menaikkan kabel dari lantai landasan, maka gaya 100 kg harus diberikan pada kabel. Gaya awal harus diberikan untuk menghitung pemuluran yang diperlukan.

Kabel harus ditandai untuk pengukuran pemuluran setelah tegangan awal diberikan. Kabel harus ditandai pada kedua ujungnya, ujung yang ditarik dan ujung yang mati serta pada kopel (bila digunakan), sedemikian hingga slip dan masuknya kabel (*draw-in*) dapat diukur.

Apabila terjadi slip pada salah satu kelompok kabel yang ditarik secara bersama-sama, maka tegangan pada seluruh kabel harus dikendorkan, kabel-kabel diatur lagi dan kelompok kabel tersebut ditarik kembali. Sebagai alternatif, jika kabel yang slip tidak lebih dari dua, penarikan kelompok kabel dapat diteruskan sampai selesai dan kabel yang kendur ditarik kemudian.

Gaya pra-tekan harus dipindahkan dari dongkrak penarik ke abutment landasan pra-tekan segera setelah gaya yang diperlukan atau pemuluran dalam kabel telah tercapai, dan tekanan dongkrak harus dilepas sebelum setiap operasi berikutnya dimulai. Apabila untaian (*strand*) yang dilengkungkan disyaratkan.

Terdapat tiga cara umum untuk menarik tendon pola yang melendut, dan harus dibuat penyesuaian khusus untuk perpanjangan dan gays dongkrak pada jadwal penegangan yang telah dipersiapkan oleh Penyedia Jasa. Cara-cara tersebut adalah:

a. Penarikan dengan masing-masing tendon dipegang pada posisi yang diperlukan dengan rol atau pin gesekan rendah. Dalam hal ini perpanjangan untuk masing

tendon dihitung atas dasar panjangnya yang tepat dengan memperhitungkan adanya gesekan pada rol atau pin.

- b. Tempatkan tendon yang melendut pada posisi rendah, diberikan tarikan pada bidang horizontal kemudian angkat pada pin atas yang tetap. Perbedaan antara tegangan tarik awal dan akhir adalah tegangan tarik yang disebabkan oleh gerakan tambahan dari *strand*.
- c. Tempatkan tendon yang melendut pada posisi tinggi, diberi tarikan pada bidang horizontal kemudian lendutan pada pin bawah yang tetap. Perbedaan antara tegangan tarik awal dan akhir adalah tegangan tarik yang disebabkan oleh gerakan tambahan dari *strand*.

### 3.3.5.5 Pemindahan Pra-tekan

- a. *Strand* harus dipanaskan sedemikian rupa sehingga kegagalan dari kawat pertama tiap *strand* akan terjadi setelah dipanasi selama minimum 5 detik atau lebih lama. Urutan yang dipakai untuk pemanasan *strand* harus sesuai dengan jadwal yang disetujui sehingga tegangan hampir simetris disekitar sumbu dari bagian itu.
- b. Apabila penahan (*hold down*) telah dipasang, Penyedia Jasa harus memberikan rincian cara yang diusulkannya untuk melepas gaya-gaya penahan. Hal ini penting bila berat dari komponen beton kurang daripada dua kali besar total gaya-gaya penahan (*hold down*). Dalam hal ini pemberat atau penahan vertikal harus ditambahkan langsung pada titik-titik penahan.
- c. Acuan untuk saluran (*duct*) internal atau rongga harus diangker terhadap gerakan atau pengapungan (*flotation*) pada waktu pengecoran atau penggetaran beton. Acuan harus terbuat dari bahan yang tidak akan berubah bentuk pada waktu penanganan atau pengecoran beton.
- d. Harus dijamin bahwa minyak acuan tidak diperbolehkan mengenai tendon.
- e. Sejumlah spesimen pengujian yang cukup harus dibentuk sehingga dapat dilakukan pengujian awal spesimen untuk pelepasan dan pembongkaran. Disarankan bahwa dibuat cetakan sekurang-kurangnya 3 silinder untuk pelepasan per baris komponen yang dicor.
- f. Bagian bawah komponen pre-tension harus diperiksa oleh Pengawas Pekerjaan segera setelah komponen diangkat dari dasar (*bed*).

### 3.3.5.6 Tahap Pelaksanaan Pra-Tarik

Pelaksanaan pemberian pra-tekan dengan cara pratarik (*pre-tension*) didefinisikan dengan memberikan pra-tekan pada beton dimana tendon ditarik untuk ditegangkan sebelum dilakukan pengecoran adukan beton ke dalam bekisting yang telah disiapkan. Pelaksanaan cara pratarik ini, umumnya dilakukan pada suatu tempat khusus di lapangan pencetakan (*casting yard*). Adapun langkah-langkah pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- a. Pertama-tama tendon dipasang memanjang di antara dua jangkar di tempat pengecoran mengikuti pola tertentu sesuai dengan perhitungan. Tendon tersebut kemudian ditarik hingga mencapai nilai tegangan tarik ( $f_{si}$ ) tidak lebih besar dari 85% kuat tarik ultimitnya ( $f_{pu}$ ) dan tidak lebih dari 94% kuat lelehnya ( $f_{py}$ ). Kemudian, tendon dalam keadaan tertarik tersebut di angkur kuat-kuat pada kedua ujungnya sedemikian rupa sehingga gaya tarik tetap tertahan pada tendon tersebut.

- b. Apabila bekisting belum dipasang di tempatnya, segera dipasang mengitari beton sesuai dengan bentuk komponen yang direncanakan. Kemudian, dilakukan pengecoran adukan beton ke dalam bekisting berisi tendon dalam keadaan tertarik dan dilanjutkan dengan pekerjaan perawatan pengerasan beton.

Dalam pelaksanaannya harus disertai upaya pengendalian keamanan dan kualitas pekerjaan mengingat resiko bahaya kecelakaan yang dihadapi, termasuk pelaksanaan perawatan pengerasan beton yang harus dijaga sebaik mungkin, sedemikian rupa sehingga didapat hasil akhir berupa beton mutu tinggi yang melekat dengan baik pada tendon yang sudah ditegangkan (ditarik).

- c. Apabila beton telah mencapai kekerasan dan kekuatan  $f_c$  tertentu, yang memerlukan waktu  $\pm 24$  jam, tendon dipotong di tempat penjangkarannya. Karena tendon terikat kuat dengan beton, maka seketika setelah dipotong atau dilepas pada angkurnya akan terjadi pelimpahan gaya pra-tekan tinggi ( $T_0$ ) kepada beton

Gaya pra-tekan mengakibatkan beton cenderung memendek apabila letak tendon sentris terhadap penampang, atau melengkung akibat desakan apabila letak tendon tidak sentris. Tegangan-tegangan yang timbul sesaat setelah tendon dipotong dari angkurnya disebut sebagai tegangan pada saat transfer (pelimpahan tegangan). Dengan diputusnya tendon dan berlangsung pelimpahan tegangan, beban mati (berat sendiri) diperhitungkan bekerja serentak bersamaan dengan gaya pra-tekan. Keadaan tersebut merupakan keadaan tegangan paling kritis yang timbul sesaat setelah berlangsung pelimpahan, tetapi sebelum terjadi kehilangan gaya pra-tekan. Untuk keadaan bersifat sementara ini, SNI 03-2874-2002 memberikan batasan tegangan tarik di bagian atas balok tidak melampaui  $\frac{1}{4} \sqrt{f_c}$  (sekitar 40% kuat tarik) dan tegangan tekan di bagian tepi bawah tidak melebihi  $0.6 f_c$ . Apabila tegangan tarik dihitung melampaui nilai tersebut, harus dipasang tulangan tambahan (non pra-tekan atau pra-tekan) di daerah tarik untuk memikul gaya tarik total dalam beton yang dihitung berdasarkan asumsi penampang utuh.

- d. Setelah cukup kuat dan sesuai persyaratan, komponen pra-tekan dapat dilepas dan diangkat dari cetakannya untuk dipindahkan ke lapangan penyimpanan sehingga tempat pencetakan dapat dipakai untuk proses pra-tekan berikutnya. Setelah proses hilangnya gaya pra-tekan berlangsung, pada tahap pelayanan beban kerja tersusun suatu kombinasi beban mati, beban hidup dan gaya pra-tekan. SNI 03-2874-2002 memberikan batasan tegangan tarik pada bagian tepi bawah balok tidak boleh melebihi  $\frac{1}{2} \sqrt{f_c}$ , sedangkan tegangan tekan pada bagian tepi atas tidak melebihi  $0.45 f_c$ . Nilai tegangan tarik ijin tersebut diambil hanya sedikit di bawah nilai modulus runtuh beton normal, yaitu  $f_r = 0.7 \sqrt{f_c}$ , karena kemungkinan bahaya retak atau tekuk secara tiba-tiba di daerah tersebut hanya kecil karena umumnya posisi tendon berada di dekat serat bawah.

### 3.3.6 Metode Pasca Tarik

#### 3.3.6.1 Persetujuan

Penyedia Jasa memiliki hak untuk menentukan prosedur pra-tekan yang dikehendaki sesuai dengan kebutuhan dan kondisi. Prosedur dan rencana yang ditetapkan oleh Penyedia Jasa harus diserahkan kepada pengawas lapangan untuk diperiksa dan diberikan persetujuan sebelum setiap pekerjaan unit pasca-tarik dilakukan.

#### 3.3.6.2 Penempatan Angkur

Setiap ankur harus ditempatkan tegak lurus terhadap garis kerja gaya pra-tegang, dan dipasang sedemikian hingga tidak akan bergeser selama pengecoran beton.

Apabila ditentukan dalam Gambar bahwa plat baja digunakan sebagai ankur, maka bidang permukaan beton yang kontak langsung dengan plat baja tersebut harus rata, daktil (*ductile*) dan diletakkan tegak lurus terhadap arah gaya pra-tegang. Ankur pelat baja dapat ditanam pada adukan semen sebagaimana yang disetujui atau diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.

Sesudah pekerjaan pra-tegang dan penyuntikan selesai, ankur harus ditutup dengan beton dengan tebal paling sedikit 3 cm.

#### 3.3.6.3 Penempatan Tendon

Lubang jangkar harus ditutup untuk menjamin bahwa tidak terdapat adukan semen atau bahan lainnya masuk ke dalam lubang selama pengecoran. Segera sebelum penarikan kabel, Penyedia Jasa harus menunjukkan bahwa semua kabel bebas bergerak antara titik-titik penjangkaran dan elemen-elemen tersebut bebas untuk menampung pergerakan horisontal dan vertikal sehubungan dengan gaya pra-tekan yang diberikan.

- a. Pada jenis konstruksi in-situ, atau pada pengecoran bagian lengkap, tendon harus ditempatkan dalam saluran sebelum pengecoran beton. Tendon dapat membantu menahan saluran secara kaku pada posisinya pada waktu pengecoran beton.
- b. Langsung setelah pengecoran beton, tendon harus digerakkan ke depan dan ke belakang beberapa kali untuk menjamin bebas dari masuknya adukan.
- c. Jika sistem angker ujung mati dari VSL digunakan, harus berhati-hati untuk melindungi *strand* yang tampak (pada ujung angker) dari karat sebelum pengecoran. Sebagai tambahan perlu diperhatikan bahwa saluran harus cukup karena *strand* tidak dapat dipindahkan ke belakang dan ke depan pada saluran setelah pengecoran seperti yang dapat terjadi pada balok pasca-tarik yang nominal. Jadi tidak ada cara untuk memeriksa telah terjadinya kebocoran yang dapat menimbulkan masalah pada waktu *grouting* dilakukan.

Beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan penempatan tendon adalah:

- a. Semua gulungan atau bundel tendon akan diambil sampel, diuji dan disetujui sesuai dengan syarat-syarat teknik sebelum dimulainya pekerjaan, tanpa memandang adanya sertifikat pabrik.
- b. Tendon harus selalu disimpan tertutup diatas tanah, serta disimpan jauh dari tempat di mana peralatan las atau pemotongan mungkin digunakan. Hal terakhir ini sangat penting karena terdapat kasus-kasus kegagalan tendon yang disebabkan percikan logam panas.

- c. Harus diperhatikan setiap saat pencegahan permukaan tendon terhadap goresan dan benda-benda seperti pengikat keran, penjepit keran, bekas traktor atau pahat baja. Harus berhati-hati pula dalam pembungkusan dan pengangkatan tendon untuk mencegah lilitan atau bengkokan.

#### **3.3.6.4 Syarat Kekuatan Beton**

Gaya pra-tegang boleh diberikan pada baja setelah kekuatan setelah mencapai kekuatan beton minimum 85% terhadap kekuatan desain atau seperti yang disyaratkan dalam Gambar, setelah pengecoran jika perawatan dengan pembasahan digunakan, ataupun jika perawatandengan uap digunakan.

Apabila unit-unit terdiri dari elemen-elemen yang disambung, kekuatan yang dipindah-kan ke bahan sambungan paling sedikit harus sama dengan kekuatan yang dipindahkan pada unit beton.

#### **3.3.6.5 Besaran Gaya Pra-tekan**

Pengukuran gaya pra-tekan yang dilakukan secara langsung dengan mengukur tekanan dongkrak atau secara tidak langsung dengan pengukuran pemuluran. Sebelum proses pengukuran dilaksanakan, Pengawas Pekerjaan akan menentukan prosedur mana yang akan digunakan setelah pengamatan kondisi dan ketelitian yang tercapai oleh kedua prosedur tersebut.

Saat pelaksanaan Penyedia Jasa harus menambahkan gaya-gaya pra-tekan yang diperlukan untuk mengatasi kehilangan gaya pra-tekan yang terjadi akibat pengukuran dan gesekan. Besar gaya total dan perpanjangan yang dihitung harus diperiksa dan disetujui oleh pengawas lapangan sebelum penegangan (*stressing*) dilakukan. Segera setelah pengangkutan, maka tegangan dalam tendon pra-tekan tidak boleh melebihi 70% dari beban yang ditetapkan. Selama proses penegangan (*stressing*), maka nilai tersebut tidak boleh melebihi 80%.

Saat proses penegangan tendon harus ditegakkan secara bertahap dengan kecepatan yang tetap. Gaya dalam tendon harus diperoleh dari pembacaan pada dua buah arloji (*dial*) atau alat pengukur tekanan yang menyatu dengan peralatan tersebut. Perpanjangan tendon dalam gaya total yang disetujui tidak boleh melampaui 5% dari perhitungan perpanjangan yang disetujui. Apabila panjang yang diperlukan tidak dapat dicapai makagaya dongkrak dapat ditingkatkan menjadi 75% dari beban yang ditetapkan untuk tendon. Jika perbedaan pemuluran antara yang diukur dengan dihitung lebih dari 5%, maka tidak perlu dilakukan penarikan lebih lanjut sampai perhitungan dan peralatan tersebut diperiksa oleh Pengawas Pekerjaan.

Penegangan (*stressing*) harus dari salah satu ujung, kecuali disebutkan lain dalam Gambar atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

Bilamana penegangan (*stressing*) pada tendon dilakukan dengan pendongkrakan pada kedua ujung-nya, maka tarikan ke dalam (*pull-in*) pada ujung yang jauh dari dongkrak harus diukur dengan akurat dengan memperhitungkan kehilangan gaya untuk perpanjangan yang diukur pada ujung dongkrak.

Bilamana pekerjaan pra-tegang telah dilakukan sampai diterima oleh Pengawas Pekerjaan, maka tendon harus dijangkarkan. Tekanan dongkrak kemudian harus dilepas dengan sedemikian rupa sehingga dapat menghindari goncangan terhadap ankur atau tendon tersebut.

Bilamana tarikan ke dalam (*pull-in*) tendon pada pengangkutan akhir lebih besar dari yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, maka beban harus dilepas secara bertahap dengan



kecepatan tetap dan penarikan dapat diulangi. Pengulangan ini hanya dapat dilakukan satu kali saja.

### 3.3.6.6 Prosedur Penegangan Pasca-Tarik

#### a. Umum

Pelepasan dongkrak harus bertahap dan menerus. Penarikan kabel harus sesuai dengan urutan yang telah ditentukan dalam Gambar. Pemberian gaya pra-tekan sebagian (*partially prestressed*) hanya boleh diberikan apabila ditunjukkan dalam Gambar. Pemberian gaya pra-tekan yang melampaui gaya maksimum yang telah dirancang untuk mengurangi gesekan dapat diijinkan, untuk mengatasi penurunan gaya yang diperlukan. Dalam keadaan apapun, perhatian khusus harus diberikan agar kabel tidak ditarik melebihi 85 % dari kekuatan maksimumnya, dan dongkrak tidak dipaksa sampai melebihi batas kapasitas maksimumnya.

Sebelum penegangan, kabel harus dibersihkan dengan cara meniupkan udara bertekanan ke dalam selongsong. Jangkar juga harus dalam keadaan bersih. Bagian kabel yang menonjol harus dibersihkan dari bahan-bahan yang tidak dikehendaki, karat/korosi, sisa-sisa adukan semen, lemak, minyak atau kotoran debu lainnya yang dapat mempengaruhi perlekatannya dengan pekerjaan penjangkaran. Kabel dicoba untuk ditarik keluar dan masuk ke dalam selongsong agar dapat kelengketan akibat kebocoran selongsong dapat segera diketahui dan diambil langkah-langkah seperlunya.

Gaya tarik pendahuluan, untuk menegangkan kabel dari posisi lepasnya, harus diatur agar besarnya cukup akan tetapi tidak mengganggu besarnya gaya yang diperlukan yang akan digunakan untuk setiap prosedur. Setelah kabel ditegangkan, kedua ujungnya diberi tanda untuk memulai pengukuran pemuluran. Untuk menentukan kesalahan pembacaan pemuluran (*zero error in measuring elongation*) selama proses penegangan, data bacaan dynamometer dan pengukuran pemuluran harus dicatat dan dibuat grafiknya untuk setiap tahap penegangan.

Apabila slip terjadi pada satu kabel atau lebih dari sekelompok kabel, dapat dilakukan penaikkan pemuluran kabel yang belum ditegangkan asalkan gaya yang diberikan tidak akan melebihi 85% kekuatan maksimumnya. Apabila kabel slip atau putus, yang mengakibatkan batas toleransi yang diijinkan dilampaui, kabel tersebut harus dilepas, atau diganti jika perlu, sebelum ditarik ulang.

#### b. Penarikan Kabel Dengan 2 Dongkrak

Umumnya operasi pra-tekan harus dilaksanakan dengan dongkrak pada setiap ujung secara bersama-sama. Setiap usaha yang dilakukan untuk mencatat semua gaya pada setiap dongkrak selama operasi penarikan kabel harus diteruskan sampai gaya yang diperlukan pada dongkrak tercapai atau sampai jumlah pemuluran sama dengan jumlah pemuluran yang diperlukan.

Penegangan pada salah satu ujung harus dilakukan untuk menentukan kehilangan gesekan (*friction loss*). Kedua dongkrak dihubungkan pada kedua ujung dari setiap kabel. Salah satu dongkrak diberikan perpanjangan paling tidak 2,5 cm sebelum dongkrak lainnya dihubungkan. Kabel yang masih kendor harus dikencangkan, dan kabel yang pertama-tama ditegangkan adalah pada dongkrak yang tidak diberi perpanjangan (*leading jack*). Dongkrak yang tidak diberi gaya (*trailing jack*) harus dipasang sedemikian hingga gaya yang dipindahkan pada ujung ini dapat dicatat.

Penegangan ujung ini harus dilanjutkan sampai pemuluran mendekati 75% dari total pemuluran yang diperkirakan pada ujung *trailing jack*. Penegangan kemudian dilanjutkan dengan memberi gaya hanya pada *trailing jack*, sampai pada kedua dongkrak tersebut tercatat gaya yang sama. Kedua dongkrak selanjutnya dikerjakan dengan mempertahankan gaya yang sama pada kedua dongkrak, sampai mencapai besar gaya yang dikehendaki.

c. Penegangan Dengan 1 Dongkrak

Apabila ditunjukkan dalam Gambar bahwa kabel harus ditarik pada satu ujung (biasanya bentang pendek), maka hanya satu dongkrak yang digunakan. Setelah kabel ditegangkan, kedua ujung ditandai untuk mengukur pemuluran masuknya kabel (*draw in*).

### 3.3.6.7 Lubang Penyuntikan (*Grouting Hole*)

Lubang penyuntikan harus disediakan pada jangkar, pada titik atas dan bawah profil kabel dan pada titik-titik lainnya yang cocok. Jumlah dan lokasi titik-titik tidak boleh lebih dari 30 m pada bagian dari panjang selongsong. Lubang penyuntikan dan lubang pembuangan udara paling tidak harus berdiameter 10 mm dan setiap lubang harus ditutup dengan katup atau perlengkapan sejenis yang mampu menahan tekanan 10 kg/cm<sup>2</sup> tanpa kehilangan air, suntikan atau udara.

### 3.3.6.8 Tahap Pelaksanaan Pasca-Tarik

Pelaksanaan pemberian pra-tekan dengan cara pasca tarik didefinisikan sebagai cara memberikan pra-tekan pada beton, dimana tendon baru ditarik setelah betonnya dicetak terlebih dahulu dan mempunyai cukup kekerasan untuk menahan tegangan sesuai dengan yang diinginkan. Adapun langkah-langkah pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- a. Bekisting beton dipasang di tempat yang sesuai dengan rencana letak komponen struktur dengan sekaligus dipasangi pipa selongsong lentur yang dibuat dari plastik atau metal, yang akan menyelubungi tendon. Pipa selongsong tendon diletakkan di dalam bekisting dengan posisinya diatur dan ditahan untuk membentuk pola tertentu sesuai dengan momen perlawanan yang direncanakan.
- b. Kemudian adukan beton dicor ke dalam bekisting dengan menjaga agar pipa selongsong tendon tetap kokoh pada posisinya dan tidak kemasukan adukan, kemudian dilakukan perawatan pengerasan beton secukupnya sampai mencapai kekuatan tertentu.
- c. Selanjutnya, tendon dimasukkan ke dalam pipa selongsong yang sudah disiapkan ke dalam beton. Pada cara lain, ada juga yang menempatkan pipa selongsong lengkap dengan tendon di dalam bekisting sebelum dilakukan pengecoran adukan beton.
- d. Tendon ditarik dengan menggunakan jacking di satu ujung dan angkur mati atau plat penahan pada ujung lainnya. Kadang-kadang angkur mati atau plat penahan sudah disiapkan dipasang tertanam pada ujung komponen.
- e. Fungsi angkur digabungkan dengan cara-cara yang mencengkram tendon agar tidak terjadi penggelinciran (*slip*) dalam rangka upaya agar beban atau tegangan tarikan tetap bertahan pada tendon. Pada saat penarikan tendon, sudah terjadi kehilangan gaya pra-tekan berupa perpendekan elastis, kehilangan tegangan akibat gesekan dan sebagian momen beban mati sudah bekerja sebagai dampak dari posisi lengkung tendon. Dengan demikian, gaya jacking harus sudah memperhitungkan hal-hal yang menyangkut kehilangan tegangan tersebut. Pembatasan tegangan-

tegangan ijin pada tahap-tahap pelimpahan dan pelayanan diambil sama dengan yang diberikan untuk cara pra tarik.

### 3.3.7 Penyelesaian Akhir Setelah Pemberian Gaya Pra-tekan

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyelesaian akhir setelah pemberian gaya pra-tekan adalah sebagai berikut:

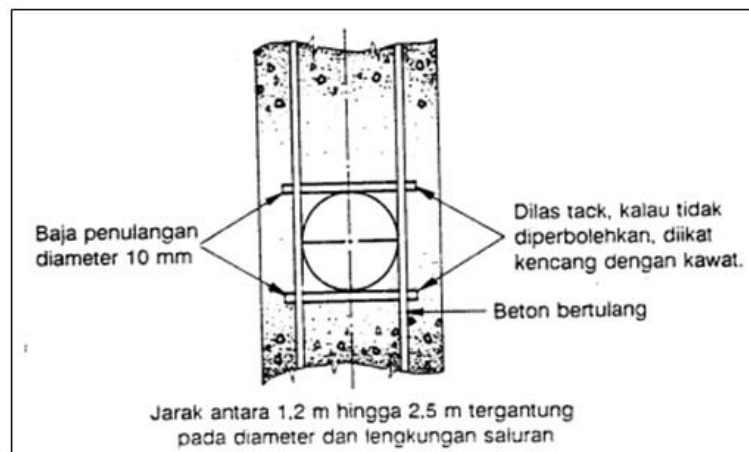
- a. Kabel harus disuntik dalam waktu 24 jam sesudah penarikan kabel selesai dilakukan. Lubang penyuntikan harus diuji dengan diisi air bertekanan  $8 \text{ kg/cm}^2$  selama satu jam sebelum penyuntikan. Selanjutnya selongsong harus dibersihkan dengan air dan udara bertekanan.
- b. Peralatan pencampur harus dapat menghasilkan adukan semen dengan kekentalan yang homogen dan harus mampu memasok secara menerus pada peralatan penyuntikan. Peralatan penyuntikan tersebut harus mampu beroperasi secara menerus dengan sedikit variasi tekanan dan harus mempunyai sistim untuk mengalirkan kembali adukan bila-mana penyuntikan sedang tidak dijalankan.
- c. Udara bertekanan tidak boleh digunakan. Peralatan tersebut harus mempunyai tekanan tetap yang tidak melebihi  $8 \text{ kg/cm}^2$ . Semua pipa yang disambungkan ke pompa penyuntikan harus mempunyai suatu lengkung minimum, katup dan sambungan penyesuai antar diameter.
- d. Semua pengatur arus ke pompa harus disetel dengan saringan 1,0 mm. Semua peralatan, terutama pipa, harus dicuci sampai bersih dengan air bersih setelah setiap rangkaian operasi dan pada akhir operasi setiap hari.
- e. Interval waktu antar pencucian tidak boleh melebihidari 3 jam. Peralatan tersebut harus mampu mempertahankan tekanan pada selongsong yang telah disuntik sampai penuh dan harus dilengkapi dengan katup yang dapat terkunci tanpa kehilangan tekanan dalam selongsong. Pertama-tama air dimasukkan ke dalam alat pencampur, kemudian semen. Apabila telah dicampur sampai merata, jika digunakan, maka aditif akan ditambahkan. Pengadukan harus dilanjutkan sampai diperoleh suatu kekentalan yang merata. Rasio air-semen pada campuran tidak akan melebihi 0,45 menurut takaran berat. Pencampuran tidak boleh dilakukan secara manual.
- f. Penyuntikan harus dikerjakan dengan cukup lambat untuk menghindari timbulnya segregasi adukan. Cara penyuntikan adukan harus sedemikian hingga dapat menjamin bahwa seluruh selongsong terisi penuh dan penuh di sekeliling kabel.
- g. *Grouting* harus dapat mengalir dari ujung bebas selongsong sampai kekentalannya ekivalen dengan *grouting* yang disuntikkan. Lubang masuk harus ditutup dengan rapat. Setiap lubang *grouting* harus ditutup dengan cara yang serupa secara berturut-turut dalam arah aliran. Setelah suatu jangka waktu yang semestinya, maka penyuntikan selanjutnya harus dilaksanakan untuk mengisi setiap rongga yang mungkin ada.
- h. Setelah semua lubang ditutup, tekanan penyuntikan harus dipertahankan pada  $8 \text{ kg/cm}^2$  paling tidak selama satu menit. Selongsong penyuntikan tidak boleh terpengaruh olehgoncangan atau getaran dalam waktu 1 hari setelah penyuntikan. Tidak kurang dari 2 hari setelah penyuntikan, permukaan adukan dalam penyuntikan dan lubang pembuangan udara harus diperiksa dan diperbaiki sebagaimana diperlukan.

- i. Kabel tidak boleh dipotong dalam waktu 7 hari setelah penyuntikan. Ujung kabel harus dipotong sedemikian rupa sehingga minimum terdapat selimut beton setebal 3 cm pada ujung balok (*end block*).

### 3.3.7.1 Operasi Pengecoran

Banyak kesulitan pada operasi post-tensioning ditimbulkan oleh kesalahan pada waktu operasi pengecoran sebelum penarikan tendon.

- a. Saluran (*duct*) dijaga agar tetap dalam batas toleransi  $\pm 6$ mm pada waktu operasi pengecoran. Karena saluran mempunyai kecenderungan "mengapung" pada waktu pengecoran beton dan penggetaran yang berhubungan, penting bahwa saluran ditahan terhadap gerakan keatas selain dan kebawah atau gerakan "melendut".



**Gambar 3.41 – Saluran (*duct*)**

- b. Bocornya adukan ke dalam saluran pada sambungan adalah suatu masalah yang umum dijumpai dalam pekerjaan post-tension. Hal ini sangat lazim terdapat pada bangunan segmental dimana sambungan saluran bertepatan dengan sambungan segmen.
- c. Penyambungan saluran tidak cukup dilakukan dengan pembungkusan oleh plester. Ujung saluran biasanya tidak dipotong bersih dan tepat, dan plester cenderung terbelah dibawah tekanan penggetaran beton pada waktu pengecoran. Bentuk sambungan yang terbaik adalah pemakaian sebuah potongan pendek dan saluran sebagai socket penghubung.
- d. Panjangkan harus dipasang tepat siku-siku dalam semua arah terhadap sumbu-sumbu tendon. Beton dibelakang penjangkaran harus dipadatkan seluruhnya.

### 3.3.7.2 Grouting

Saluran harus di *grouting* dengan tekanan dengan campuran *grouting* sesuai yang disetujui dalam batas 48 jam dari selesainya operasi peregangan, kecuali bila ditentukan lain atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

Langsung sebelum *grouting*, saluran harus dibilas secara menyeluruh dengan air bersih dan semua air sisa harus dihilangkan menggunakan udara bertekanan. *Grouting* harus diberikan dengan pemompaan terhadap lubang *vent* terbuka. *Grouting* diberikan secara kontinu dibawah tekanan sedang pada satu ujung saluran sampai semua udara yang sedang-pada satu ujung saluran sampai semua udara yang tertahan dipaksa keluar lubang *vent* pada

ujung berlawanan dari saluran. Hal ini diteruskan sampai suatu aliran *grouting* yang tetap, keluar, lubang *vent* terbuka kemudian ditutup sementara tekanan dipelihara. Tekanan *grouting* dinaikkan bertahap sampai minimum 700 kPa dan dipegang tetap pada tekanan ini kira-kira 1 menit. Lubang tempat masuk *grouting* kemudian ditutup. Pada balok panjang sering diberikan lubang *vent* pusat dengan pipa plastik yang melewati badan balok untuk memudahkan pengisian dengan *grouting*.

### 3.3.8 Penanganan, Pengangkutan Dan Penyimpanan Unit-Unit Beton Pracetak

Gelagar *post-tension* dapat didesain dengan cukup penulangan untuk memungkinkannya diangkat dari dasar pengecoran (*castingbed*) setelah dicor dan sebelum *post-tensioning*. Desain lain memungkinkan penegangan sebagian (*partial stressing*), sehingga unit dapat dipindahkan dari dasar pengecoran untuk diselesaikan penegangannya dan kemudian dilakukan *grouting*. Desain yang lain mensyaratkan bahwa unit harus ditegangkan penuh (*fully stressed*) sebelum dapat dipindahkan. Oleh karena itu penting bahwa pengawas pabrik pracetak harus mengerti dengan jelas cara yang diizinkan untuk menangani unit pra-tekan, bahwa bagian atas ditandai, dan bahwa unit harus dipindahkan, dinaikkan, diangkut dan diturunkan hanya dengan pengawasan penuh. Komponen pracetak harus diberi tanda untuk tempat mengangkat.

Ketentuan dalam pelaksanaan penanganan, pengangkutan dan penyimpanan unit-unit beton pracetak adalah sebagai berikut:

- a. Tempat tanda tersebut ditentukan dalam Gambar Rencana. Komponen pra-tekan diangkat dan didukung hanya pada tempat yang telah ditentukan tersebut.
- b. Jika gelagar diangkut tanpa suatu *spreader*, suatu peraturan praktis adalah bahwa sling harus bersudut 60° terhadap garis horizontal, meskipun hal ini dapat berbeda dalam Gambar Rencana.
- c. Gelagar yang sangat panjang dan fleksibel mungkin perlu penyangga samping untuk mencegah menekuk kesamping yang disebabkan beban angkat axial dari *sling*.
- d. Tempat penumpukan harus berada di tempat dasar, kuat, rapi, dan kering (*drained*). Kayu yang berat dan lebar penuh, sebaiknya kayu keras (*hardwood*), mendukung gelagar dekat tiap posisi tumpuan, dan tanah antara tumpuan harus bebas untuk menjamin bahwa bila tumpuan utama membolehkan gelagar untuk turun setelah hujan besar dia tidak akan menerima dukungan dari apapun dalam daerah ini.
- e. Gelagar harus tetap tegak dan tidak boleh berputar atau jatuh pada sisinya. Sebaiknya tiap gelagar diberi penyangga samping yang bebas dalam hal penumpu berpindah.
- f. Tiap unit harus terletak cukup jauh satu sama lainnya sehingga dapat diperiksa secara teratur pada waktu penyimpanan.
- g. Penumpukan dari pada komponen besar tidak disarankan, tetapi unit yang seperti papas lantai, atau tiang pancang dapat ditumpuk, dalam hal ini penumpu harus tegak satu sama lain untuk menghindari timbulnya beban lenturan.
- h. Beberapa jenis unit lantai dicetak terbalik untuk kemudahan. Komponen tersebut perlu ditumpu ditengah bentang pada posisi terbalik, tetapi ditumpu dekat ujungnya setelah dibalik pada posisi normal.

- i. Perencana harus menyetujui terlebih dahulu desain dari pada peralatan untuk membalikan, sebelum dipakai. Perputaran harus dilakukan secara berangsur dan halus

#### **3.3.8.1 Pemberian Tanda Unit-unit Beton Pra-cetak**

Setelah dilakukan pembongkaran acuan samping dan melaksanakan perbaikan kecil, maka unit-unit harus diberi tanda untuk memudahkan indentifikasi di kemudian hari. Cat tahan cuaca harus digunakan dalam menandai unit-unit tersebut. Data yang ditandakan pada semua unit harus mencakup nomor rujukan dan tanggal pengecoran. Malahan pelatpracetak harus mempunyai data yang digoreskan pada permukaan atas segera setelah pengecoran. Juga tiang pancang harus mempunyai tanda ukuran panjang yang jelas dan permanen di sepanjang panjang tiang, dengan interval satu meter yang diukur dari ujung tiang panjang.

#### **3.3.8.2 Mobilisasi Unit-unit Beton Pra-cetak**

Perhatian khusus harus diberikan dalam penanganan dan pemindahan unit-unit beton pracetak. Gelagar dan pelat pracetak harus diangkat dengan alat pengangkat atau melalui lubang-lubang dibuat pada unit-unit tersebut, dan harus diangkut dalam posisi tegak, titik angkat, penyangga dan penggantung yang cocok harus digunakan setiap saat dan tidak boleh ada unit beton pracetak yang akan digerakkan sampai sepenuhnya lepas dari permukaan tanah. Unit-unit beton pracetak yang rusak akibat penyimpanan dan penanganan yang tidak sebagaimana mestinya harus diganti oleh Penyedia Jasa dengan biaya sendiri.

#### **3.3.8.3 Penyimpanan Beton Pra-cetak**

Unit-unit harus ditempatkan bebas dari kontak langsung dengan permukaan tanah dan ditempatkan pada penyangga kayu di atas tanah keras yang tidak akan turun baik musin hujan maupun kemarau, akibat beban dari unit-unit tersebut. Apabila unit-unit tersebut disusun dalam lapisan-lapisan, maka tidak melebihi dari 3 lapisan dengan penyangga kayu dipasang di antara tiap lapisan. Penyangga untuk setiap lapisan harus dipasang di atas lapisan yang terdahulu. Untuk gelagar dan tiang pancang, penyangga harus dipasang pada jarak tidak lebih dari 20% dari ukuran panjang unit, yang diukur dari setiap ujung.

#### **3.3.8.4 Baja Pra-tekan (*Pre-Streesing Steel*)**

Baja pra-tekan harus dilindungi dari kerusakan fisik dan karat atau akibat lain dari korosi setiap saat dari pembuatan sampai proses pelaksanaan akhir. Baja pra-tekan harus terlindungi didalam peti kemas atau pengiriman untuk melindungi baja tersebut dari kerusakan fisik selama proses mobilisasi. Pencegahan korosi harus dilakukan dengan cara memasukkan bahan pencegah korosi kedalam kemasan atau bentuk pengiriman lainnya, atau bila diizinkan oleh Pengawas Pekerjaan, dapat digunakan langsung pada baja pra-tekan.

Bahan pencegah korosi yang akan digunakan harus diperiksa dan tidak boleh mempunyai pengaruh yang bersifat merusak pada baja pra-tekan, beton, dan kekuatan ikatan antara keduanya (*bound strength*).

#### 4. ontents

3. PEKERJAAN STRUKTUR BETON.....	3-1
3.1 Umum.....	3-1
3.2 Beton Bertulang .....	3-1
3.2.1 Umum .....	3-1
3.2.2 Acuan.....	3-1
3.2.3 Perancah.....	3-13
3.2.4 Penulangan .....	3-34
3.3 Beton Pra-Tekan.....	3-49
3.3.1 Umum .....	3-49
3.3.2 Material Beton Pra-Tekan .....	3-49
3.3.3 Pelaksanaan Unit-Unit Beton Pra-tekan .....	3-51
3.3.4 Beton Pra-tekan.....	3-54
3.3.5 Metode Pra-Tarik.....	3-60
3.3.6 Metode Pasca Tarik .....	3-64
3.3.7 Penyelesaian Akhir Setelah Pemberian Gaya Pra-tekan.....	3-68
3.3.8 Penanganan, Pengangkutan Dan Penyimpanan Unit-Unit Beton Pracetak..	3-70
<b>Gambar 3.1- Sistem acuan kantilever .....</b>	<b>3-5</b>
<b>Gambar 3.2- Sistem acuan kantilever .....</b>	<b>3-6</b>
<b>Gambar 3.3- Bagan alir pelaksanaan pekerjaan perancah .....</b>	<b>3-12</b>
<b>Gambar 3.4 - Tiang vertikal (<i>scaffolding upright/main frame</i>).....</b>	<b>3-17</b>
<b>Gambar 3.5 - Palang penguat/pengekang (<i>bracing</i>) .....</b>	<b>3-17</b>
<b>Gambar 3.6 - Batang memajang (<i>ledge</i>).....</b>	<b>3-17</b>
<b>Gambar 3.7 - Lantai kerja (<i>plat form</i>).....</b>	<b>3-18</b>
<b>Gambar 3.8– Angkur (<i>anchorage/wall coupling fixture</i>).....</b>	<b>3-18</b>
<b>Gambar 3.9– Pengaman kaki (<i>toe board</i>).....</b>	<b>3-19</b>
<b>Gambar 3.10 – Perancah tupang siku (<i>cantilevered scaffolding</i>).....</b>	<b>3-19</b>
<b>Gambar 3.11 – Perancah gantung (<i>hanging scaffolding</i>) .....</b>	<b>3-20</b>
<b>Gambar 3.12 – Batang memanjang (<i>ledger</i>).....</b>	<b>3-22</b>
<b>Gambar 3.13 – Batang melintang (<i>putlog</i>) .....</b>	<b>3-23</b>
<b>Gambar 3.14– Palang penguat diagonal (<i>diagonal brace</i>).....</b>	<b>3-23</b>
<b>Gambar 3.15 – Angukur (<i>anchorage</i>).....</b>	<b>3-24</b>

Gambar 3.16 – Perancah penopang jembatan ( <i>bridge shoring</i> ).....	3-24
Gambar 3.17 – Bagian elemen dari perancah penopang jembatan ( <i>bridge shoring</i> )	3-25
Gambar 3.18 – Fondasi perancah pada dua kondisi tanah yang berbeda .....	3-27
Gambar 3.19 – Fondasi perancah pada kondisi permukaan tanah yang berbeda.....	3-27
Gambar 3.20 – Perancah <i>travelling</i> .....	3-28
Gambar 3.21 – Pemasangan <i>soleboard</i> dan <i>baseplate</i> .....	3-29
Gambar 3.22 – Pemasangan rangka perancah .....	3-30
Gambar 3.23 – Pemasangan papan atau <i>jack base</i> .....	3-30
Gambar 3.24 – Pemasangan <i>shoring head</i> .....	3-30
Gambar 3.25 – Label perancah ( <i>scafftag</i> ) .....	3-32
Gambar 3.26 – Bagan alir pelaksanaan pekerjaan perancah.....	3-33
Gambar 3.27 – Baja tulangan beton polos (BJTP).....	3-34
Gambar 3.28 – Baja tulangan beton sirip (BJTS).....	3-34
Gambar 3.29 – Jaringan kawat baja las ( <i>wiremesh</i> ) .....	3-35
Gambar 3.30 – Pembengkokan besi beton manual .....	3-35
Gambar 3.31 – Pembengkokan besi menggunakan kunci besi.....	3-36
Gambar 3.32 – Kait pengikat dan sengkang .....	3-39
Gambar 3.33 – Diameter bengkokan minimum .....	3-40
Gambar 3.34 – Beton tahu .....	3-43
Gambar 3.35 – Dudukan tulangan.....	3-43
Gambar 3.36 – Dudukan tulangan.....	3-46
Gambar 3.37 – Bagan alir pelaksanaan pekerjaan penulangan.....	3-49
Gambar 3.38 – Penguncian ( <i>lock off</i> ).....	3-56
Gambar 3.39 – Pergeseran ( <i>Slippage</i> ) pada angker pada ujung mati ( <i>dead-end</i> ).....	3-56
Gambar 3.40 – Pergeseran ( <i>Slippage</i> ) total pada baji pada penyambungan ( <i>splice</i> )	3-57
Gambar 3.41 – Saluran ( <i>duct</i> ).....	3-69
Tabel 3.1 - Daya Dukung Tanah Sebagai Landasan Perancah .....	3-15
Tabel 3.2 – Kait Standar Sengkang dan Kait Pengikat .....	3-38
Tabel 3.3– Diameter bengkokan minimum.....	3-39



## 4 FONDASI JEMBATAN

### 4.2 Umum

Fondasi pada suatu jembatan merupakan struktur yang menyalurkan beban dari struktur atas dan bangunan bawah menuju ke lapisan tanah. Fondasi pada jembatan harus stabil terhadap kombinasi beban lateral maupun beban vertikal dengan batasan penurunan dan perpindahan (*displacement*) yang telah diijinkan. Penurunan ijin yang terjadi pada fondasi harus lebih kecil dari penurunan ijin yang disyaratkan. Beban vertikal pada umumnya berhubungan dengan beban hidup maupun beban mati pada struktur jembatan. Sehingga daya dukung dari fondasi perlu diperhatikan saat mendesain suatu jembatan. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan suatu fondasi jembatan antara lain:

- a Fungsi dari strukturnya;
- b Kondisi tanah eksisting dan muka air;
- c Rencana kerja;
- d Biaya pelaksanaan;
- e Ketersediaan material dan peralatan.

Dalam konstruksi suatu jembatan, fondasi memiliki beberapa fungsi antara lain:

- a Untuk memikul beban struktur atas dan bangunan bawah (kepala jembatan dan pilar) dari jembatan;
- b Untuk menahan gaya yang bekerja pada fondasi seperti gaya tekan, gaya tarik dan gaya lateral;

Jenis fondasi yang dapat digunakan pada konstruksi jembatan adalah fondasi dangkal, fondasi sumuran, dan fondasi dalam. Berikut ini penjelasan mengenai jenis fondasi dangkal, fondasi sumuran, dan fondasi dalam.

#### a Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal hanya bisa digunakan pada tanah yang stabil, memiliki daya dukung tinggi, dan bersifat keras. Selain itu, spesifikasi bangunan yang akan didirikan di atasnya pun tidak boleh terlalu besar karena berkaitan dengan daya dukung yang dapat dipikul oleh fondasinya.

Keuntungan yang sangat penting dari penggunaan fondasi dangkal adalah tidak diperlukannya peralatan khusus dalam pelaksanaannya. Fondasi dangkal tidak sesuai untuk tanah yang sangat kompresibel, seperti gambut, atau tanah ekspansif. Permasalahan yang terjadi ketika fondasi dangkal digunakan pada tanah kompresible adalah penurunan yang besar karena fondasi tersebut tidak mencapai kedalaman tanah keras sehingga hanya bertumpu pada lapisan tanahnya saja. Pembahasan lebih lanjut mengenai fondasi dangkal akan dibahas pada sub bab 4.4 mengenai pelaksanaan fondasi dangkal.

#### b Fondasi Sumuran

Fungsi dari fondasi sumuran pada dasarnya sama dengan fondasi tiang, yaitu untuk mendistribusikan beban permanen dan beban sementara yang bekerja pada bagian atas sumuran melalui tanah lunak menuju lapisan yang lebih padat ataupun menuju lapisan batuan. Pelaksanaan fondasi sumuran harus dibuat sedemikian rupa untuk mencegah penurunan yang berlebihan, perpindahan horizontal (*horizontal displacement*) atau rotasi pada struktur yang ditopang oleh sumuran. Selain itu, sumuran harus didirikan pada kedalaman yang cukup untuk mencegah ketidakstabilan akibat gerusan (*scouring*) pada daerah aliran sungai.

Fondasi sumuran untuk jembatan biasanya terbuat dari struktur beton bertulang dengan bentuk lingkaran atau persegi dengan sistem penggalian bertahap (*gravity*) ataupun sistem galian terbuka (*open cut*). Fondasi sumuran selalu monolitik (satu kesatuan) dengan komponen substruktur jembatan. Pembahasan lebih lanjut mengenai fondasi sumuran akan dibahas pada sub bab 4.5 mengenai pelaksanaan fondasi sumuran.

#### c Fondasi Dalam

Jenis fondasi dalam yang paling umum untuk konstruksi jembatan modern adalah fondasi tiang. Fondasi tiang yang digunakan untuk konstruksi jembatan dapat terbuat dari material beton, baja, kayu ataupun komposit. Pada pelaksanaan fondasi dalam ini, fondasi dibagi menjadi dua yaitu fondasi tiang pancang dan fondasi tiang bor. Fondasi tiang bor merupakan jenis fondasi tiang yang pelaksanaannya dilakukan dengan cara membuat lubang dengan alat bor lalu kemudian dilakukan pengecoran di lokasi (*cast in situ*). Untuk fondasi tiang pancang pada umumnya dilaksanakan dengan cara dipancang dengan menggunakan *hammer* ataupun alat pemancang lainnya. Pembahasan lebih lanjut mengenai fondasi dalam akan dibahas pada sub bab 4.6 mengenai pelaksanaan fondasi tiang pancang dan sub bab 4.7 mengenai pelaksanaan fondasi tiang bor.

### 4.3 Pelaksanaan Fondasi Dangkal

#### 4.3.5 Umum

Fondasi dangkal hanya bisa digunakan pada tanah yang stabil, memiliki daya dukung tinggi, dan bersifat keras. Selain itu, spesifikasi bangunan yang akan didirikan di atasnya pun tidak boleh terlalu tinggi maupun terlalu besar.

Di sisi lain, fondasi dangkal tidak direkomendasikan untuk diaplikasikan pada tanah gambut atau tanah bekas rawa. Hal ini dikarenakan saat dibuat di tanah yang tidak stabil, maka fondasi ini tidak akan cukup mampu menopang bangunan sehingga berisiko besar gagal. Jika terpaksa membuat fondasi dangkal di tanah yang labil (seperti gambut), maka tanah tersebut perlu diperbaiki terlebih dahulu. Penggunaan fondasi dangkal perlu dihindarkan dari daerah yang berpotensi mengalami *scouring*.

#### 4.3.6 Material

Berikut ini material yang digunakan pada fondasi pasangan batu dan fondasi beton.

- a Fondasi Pasangan Batu
  - 1 Mortar (semen, pasir dan air);
  - 2 Batu belah;
  - 3 Pasir urug atau *lean concrete*.
- b Fondasi Beton
  - 1 Beton (pasir, agregat, semen dan air);
  - 2 Baja tulangan;
  - 3 Curing compound;
  - 4 Pasir urug atau *lean concrete*.

#### 4.3.7 Peralatan

Berikut ini peralatan yang digunakan pada fondasi pasangan batu dan fondasi beton.

- a Fondasi Pasangan Batu
  - 1 Alat penggali manual (cangkul, sekop, linggis dan belincong)
  - 2 Alat berat untuk menggali (*Excavator*)
  - 3 Waterpass dan Theodolit
  - 4 Stamper.
- b Fondasi Beton
  - 1 Alat penggali (*excavator* atau alat penggali manual)
  - 2 Peralatan untuk pabrikasi baja (*bar cutter* dan *bar bander*).
  - 3 Peralatan untuk perakitan bekisting (alat potong, meteran dan palu)
  - 4 Peralatan untuk pengecoran (*mixer molen/ready mix*, pipa tremi dan *vibrator*)
  - 5 Waterpass dan Theodolit
  - 6 Stamper.

#### 4.3.8 Metode Pelaksanaan Fondasi Pasangan Batu

Fondasi pasangan batu merupakan jenis fondasi dangkal yang material penyusunnya berupa batu belah dengan ukuran yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 yaitu sebesar 15-30 cm. Berikut ini tahapan dalam metode pelaksanaan fondasi pasangan batu ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1 - Diagram alir metode pelaksanaan fondasi pasangan batu**

Berikut ini penjelasan mengenai metode pelaksanaan fondasi pasangan batu berdasarkan diagram alir diatas:

a Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan dimulai dari pelaksanaan pengukuran, penentuan titik fondasi, pemasangan *bouwplank*, perencanaan urutan galian, urutan pemasangan fondasi pasangan batu, penyiapan tempat penimbunan tanah hasil galian sementara sebelum diangkut keluar dari lokasi, juga tempat penimbunan sementara batu belah tersebut sebelum dipasang.

b Pekerjaan Galian

Beberapa hal yang harus dilakukan dalam pekerjaan galian adalah:

- 1 Siapkan alat-alat yang diperlukan. Untuk penggalian dengan volume yang kecil, penggalian dapat menggunakan peralatan penggalian manual biasa, sedangkan untuk volume galian yang besar maka digunakan *excavator* sebagai alat penggaliannya.
- 2 Sesuaikan lebar dan kedalaman galian sesuai dengan yang disyaratkan dalam gambar rencana.

- 3 Bagian dinding galian digali lebih landai (lereng) agar memudahkan dalam pelaksanaan pekerjaan dan meminimalisir terjadinya longsor pada lubang galian.
- 4 Buang tanah sisa galian ke tempat yang telah ditentukan.
- 5 Cek posisi, lebar, kedalaman, dan kerapiannya sesuaikan dengan gambar rencana.

c Pembuatan Lantai Kerja

Lantai kerja dapat terbuat dari beton kurus (*lean concrete*) dengan mutu sesuai yang disyaratkan pada gambar rencana dan ketebalan berkisar 5 – 10 cm atau dengan menggunakan pasir urug yang dipadatkan. Berikut ini beberapa hal yang perlu diperhatikan pada pembuatan lantai kerja dengan urugan:

- 1 Pasir urug dihamparkan dengan ketebalan  $\pm$  20 cm pada dasar fondasi lalu disiram hingga kondisi jenuh.
- 2 Padatkan pasir urug tersebut dengan memakai alat stamper atau *soil compactor*.

d Pekerjaan Pasangan Fondasi

Pada pekerjaan pasangan fondasi ada 2 tahap yaitu pembuatan profil dan pemasangan batu.

1 Pembuatan profil:

- a). Pasang patok batu untuk memasang profil (2 patok untuk tiap profil). Profil dipasang pada setiap ujung lajur fondasi.
- b). Pasang jika batu datar pada kedua patok, setinggi profil.
- c). Pemasangan profil harus tegak lurus dan bidang bagian atas profil harus datar. Usahakan titik tengah profil tepat pada tengah-tengah galian yang direncanakan dan bidang atas profil sesuai peil (patok) fondasi.
- d). Ikat profil tersebut pada jika datar yang dipasang antara 2 patok dan juga dipaku agar lebih kuat.
- e). Pasang patok tumpuan, miring pada tebing galian fondasi dan ikatkan dengan profil, sehingga menjadi kuat dan kokoh.
- f). Cek ketegakan / posisi profil dan ukuran-ukurannya, perbaiki jika ada yang tidak tepat, demikian juga peilnya.

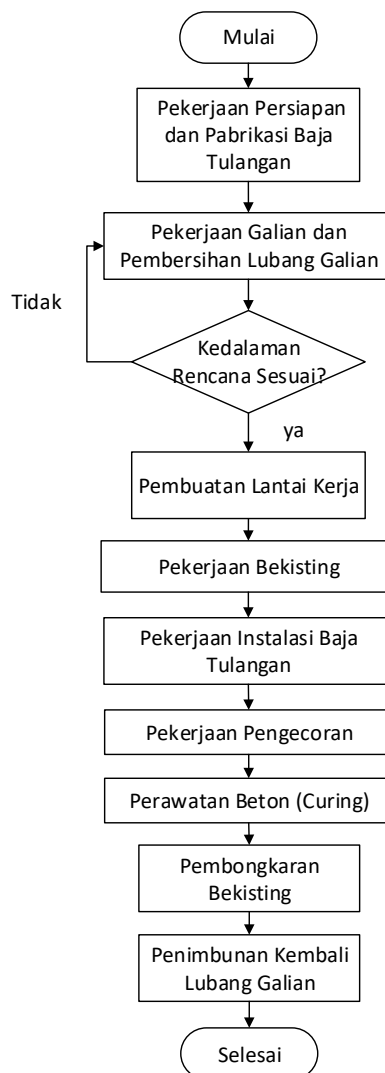
2 Pemasangan batu untuk fondasi:

- a). Pasang benang pada sisi luar profil untuk setiap beda tinggi 25 cm dari permukaan urugan pasir.
- b). Siapkan adukan mortar (sesuai spesifikasi) untuk melekatkan batu-batu tersebut.
- c). Batu yang akan digunakan disiram terlebih dahulu agar meningkatkan daya lekat dan adukan.

- d). Susun batu-batu diatas lapisan pasir urug tanpa adukan (aanstamping) dengan tinggi 25 cm dan isikan pasir dalam celah-celah batu tersebut sehingga tak ada rongga antar batu kemudian siramlah pasangan batu kosong tersebut dengan air.
- e). Naikkan benang pada elevasi 25 cm berikutnya dan pasang batu dengan adukan mortar, sesuai ketinggian benang. Susun pasangan batu hingga elevasi yang direncanakan dalam gambar.
- f). Setelah penyusunan batu selesai dilakukan maka dilanjutkan dengan penimbunan kembali lubang galian. Lubang galian ditimbun secara bertahap yaitu per 20 cm lalu setelah itu dipadatkan dengan menggunakan stamper atau *soil compactor*. Material timbunan yang digunakan dan kepadatannya harus sesuai dengan perencanaan.

#### 4.3.9 Metode Pelaksanaan Fondasi Beton

Metode pelaksanaan fondasi dangkal dari beton relatif sama dengan metode pelaksanaan fondasi pasangan batu. Perbedaannya terletak pada material fondasi yang digunakannya berupa beton bertulang. Berikut ini tahapan dalam metode pelaksanaan fondasi pasangan batu ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram alir metode pelaksanaan fondasi beton

Berikut ini penjelasan mengenai metode pelaksanaan fondasi beton berdasarkan diagram alir diatas:

- a Pekerjaan persiapan meliputi pelaksanaan pengukuran, penentuan titik fondasi, pemasangan *bouwplank* persiapan peralatan yang digunakan, material yang digunakan, tempat penyimpanan material, persiapan lokasi pekerjaan, pengukuran dan pemasangan patok pekerjaan.
- b Pekerjaan galian dilakukan setelah pekerjaan persiapan selesai. Patok yang telah dipasang pada lokasi pekerjaan merupakan acuan yang digunakan pada tahap penggalian. Penggalian dilakukan hingga kedalaman dan lebar yang direncanakan pada gambar rencana. Penggalian dilakukan dengan menggunakan peralatan manual apabila volume galian yang tidak besar, sedangkan untuk volume galian yang besar maka diperlukan alat berat untuk pengaliannya seperti menggunakan *excavator* untuk menggali.
- c Setelah proses galian selesai maka dilanjutkan dengan pabrikan tulangan. Baja tulangan berbagai diameter dipotong sesuai dengan ukuran pada gambar kerja dengan menggunakan *bar cutter* sedangkan pembengkokan tulangan menggunakan *bar bender*. Jika dilakukan penyambungan maka panjang penyambungannya harus 40D (40 kali diameter baja tulangan). Baja tulangan yang selesai dipabrikan lalu dipasang *spacer* (selimut beton) dengan ketebalan sesuai dengan yang disyaratkan dalam gambar rencana.
- d Setelah pekerjaan pabrikan baja tulangan selesai maka dilanjutkan dengan pembuatan lantai kerja. Lantai kerja dapat terbuat dari beton kurus (*lean concrete*) dengan mutu sesuai yang disyaratkan pada gambar rencana dengan ketebalan berkisar 5 – 10 cm atau dengan urugan pasir dengan ketebalan 20 cm. Pasir yang telah dihampar lalu dipadatkan dengan menggunakan *stamper*.
- e Perakitan bekisting dilakukan dengan menggunakan kayu atau papan kayu yang dibentuk menyesuaikan dengan bentuk fondasi.
- f Setelah perakitan dan pemasangan bekisting selesai maka dilanjutkan dengan instalasi baja tulangan yang telah dirakit. Penempatan baja tulangan perlu dilakukan secara hati-hati agar posisinya sesuai dengan gambar rencana.
- g pengecoran beton dilakukan setelah instalasi baja tulangan selesai. Tinggi jatuh pengecoran maksimal 1,5 m agar tidak terjadi segregasi. Selama pengecoran berlangsung maka dilakukan juga pemadatan terhadap beton dengan menggunakan alat penggetar (*vibrator*).
- h Segera setelah pengecoran, beton harus dilindungi dari pengeringan dini, temperatur yang terlalu panas, dan gangguan mekanis. Perawatan yang perlu dilakukan untuk menjaga beton tidak mengalami hidrasi berlebih adalah dengan cara menggunakan *curing compound* atau dengan membungkus dengan bahan penyerap air dan dibasahi terus menerus selama minimal 3 hari atau sesuai dengan yang diinstruksikan oleh pengawas pekerjaan.
- i Bekisting dapat dilepas setelah mendapat persetujuan dari pengawas pekerjaan.
- j Setelah bekisting dilepas dan beton sudah cukup kuat untuk memikul beban maka tahap terakhir adalah penimbunan kembali lubang galian dengan timbunan fondasi serta dilakukan pemadatan pada tanah urugan dengan menggunakan *soil compactor*. Penimbunan dilakukan secara bertahap atau per 20 cm lalu dipadatkan. Material timbunan yang digunakan dan kepadatannya harus sesuai dengan perencanaan.

## 4.4 Pelaksanaan Fondasi Sumuran

### 4.4.5 Umum

Fondasi sumuran dapat berbentuk selubung persegi ataupun lingkaran dan kedap air. Fondasi sumuran merupakan elemen struktur yang berfungsi sebagai penopang akhir dan menyalurkan beban dari struktur jembatan ke lapisan tanah pendukung (*bearing layer*). Fondasi sumuran umumnya dapat dilakukan secara pra-fabrikasi (pracetak). Metode pemasukan selubung sumuran dapat dilakukan dengan dua metode yaitu dengan metode galian terbuka dan metode *gravity* (penurunan bertahap). Penentuan pemilihan kedua metode ini sesuai dengan dokumen perencanaan. Ukuran diameter sumuran berkisar 3-4m. Umumnya fondasi sumuran ini memiliki rasio diameter terhadap kedalaman <4. Berikut ini contoh dokumentasi pelaksanaan fondasi sumuran yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3 Contoh dokumentasi pelaksanaan pekerjaan fondasi sumuran  
(DFCCIL, 2014)**

Jenis fondasi sumuran yang umum digunakan adalah fondasi sumuran lingkaran dan juga fondasi sumuran persegi. Berikut ini penjelasan mengenai jenis fondasi sumuran berbentuk lingkaran dan sumuran berbentuk persegi.

a Fondasi Sumuran Lingkaran

Fondasi sumuran lingkaran merupakan jenis fondasi sumuran yang pra-fabrikasinya berbentuk lingkaran. Sketsa dari sumuran berbentuk lingkaran ditunjukkan pada Gambar 4.4a.

b Fondasi Sumuran Persegi

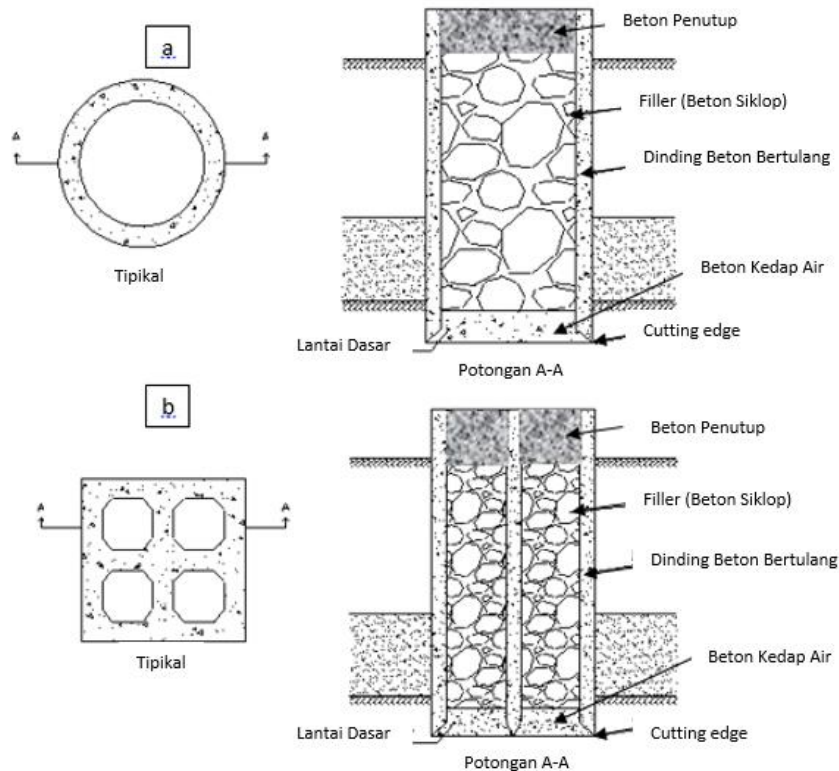
Fondasi sumuran persegi merupakan jenis fondasi yang penampangnya berbentuk persegi. Gambar 4.4b menunjukkan sketsa penampang dari sumuran persegi. Adapun keuntungan dan kerugian dari jenis fondasi Sumuran ini adalah sebagai berikut.



**Tabel 4.1 Keuntungan dan kerugian fondasi sumuran berdasarkan bentuknya**

Bentuk Sumuran	Keuntungan	Kekurangan
Lingkar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemudahan dalam pelaksanaan.</li> <li>• Mudah dibenamkan pada tanah berbutir halus.</li> <li>• Kemungkinan fondasi mengalami kemiringan sangat kecil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jika dimensi fondasi sangat besar maka biaya konstruksi menjadi mahal.</li> <li>• Perlawanan terhadap gaya lateralnya relatif kecil.</li> </ul>
Persegi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cocok untuk kedalaman yang dangkal.</li> <li>• Dapat menjadi <i>open sumuran</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tegangan lentur maksimum terjadi pada dinding fondasi.</li> </ul>

(Sumber : Well Foundation)



**Gambar 4.4 - Sketsa penampang fondasi sumuran a) Lingkar ; b) Persegi**

#### 4.4.6 Material

Fondasi sumuran memiliki beberapa komponen struktur yang terdiri dari bagian bawah (lantai dasar), dinding fondasi, *filler* (berupa beton siklop) dan bagian penutup atas. Berikut ini material yang digunakan pada fondasi sumuran.

- a Beton sesuai dengan yang disyaratkan;
- b Beton bertulang sesuai dengan yang disyaratkan;
- c Beton siklop sesuai dengan yang disyaratkan.

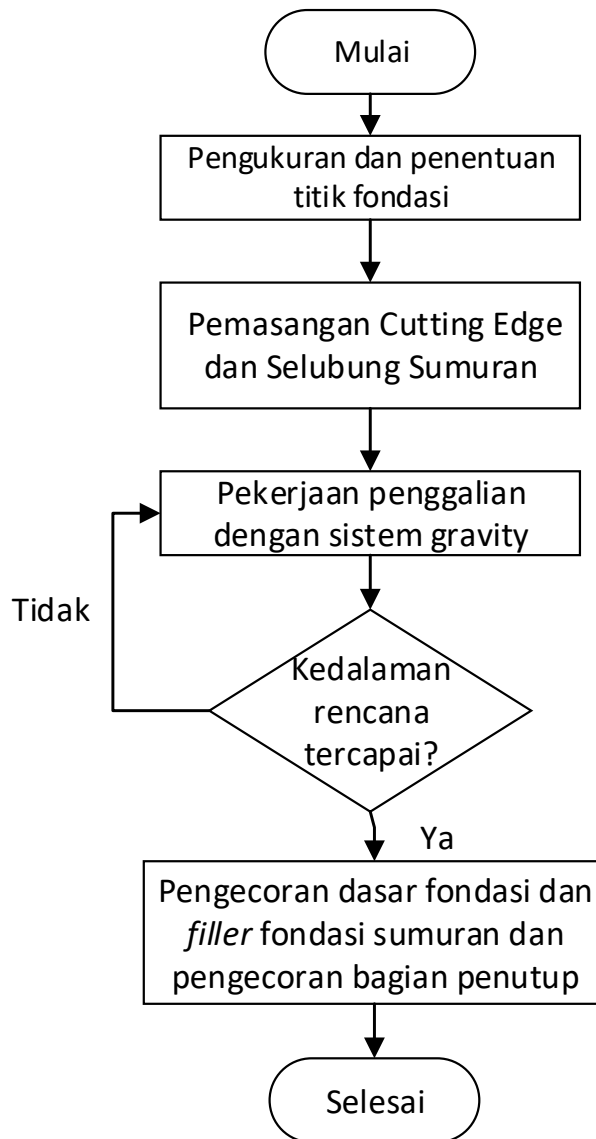
#### 4.4.7 Peralatan

Berikut ini peralatan yang umum digunakan pada pelaksanaan pekerjaan fondasi sumuran:

- a Alat pengangkut (*crane*);
- b Alat untuk menggali (*clamshell*) dan *excavator*;
- c Peralatan untuk pengecoran (*mixer molen/ready mix*, pipa tremi dan *vibrator*)
- d Peralatan untuk pabrikan baja (*bar cutter* dan *bar bender*).
- e Peralatan untuk perakitan bekisting (alat potong, meteran dan palu)
- f Waterpass dan Theodolit

#### 4.4.8 Metode Pelaksanaan Fondasi Sumuran

- a Metode pelaksanaan fondasi sumuran ini dilakukan dengan cara penurunan *gravity* (bertahap). Jenis fondasi tipe sumuran dengan metode ini merupakan fondasi yang pada bagian atas dan bawahnya dibiarkan terbuka selama pelaksanaan. Fondasi ini jika digunakan pada area yang tergenang air maka perlu dilakukan *dewatering* untuk mengeluarkan air dari dalam fondasi. Sumuran dengan metode *gravity* memanfaatkan berat strukturnya sendiri bersamaan dengan penggalian tanahnya. Jika tanah dasar sangat keras (terdapat boulder) maka metode penggalian dapat dilakukan dengan cara peledakan (*blasting*). Keuntungan dari penggunaan metode penurunan *gravity* adalah fondasi dapat mencapai kedalaman yang dalam dan biaya pelaksanaannya relatif murah. Sedangkan kerugian fondasi dengan metode penurunan *gravity* adalah dasar fondasi tidak dapat diperiksa dan dibersihkan, kualitas beton penutup dasar yang dicor dalam air tidak bagus dan penggalian pada tanah yang berbatu sangat sulit. Gambar 5 menunjukkan bagan alir pelaksanaan fondasi sumuran metode penurunan *gravity*.



Gambar 4.5 - Bagan alir pelaksanaan fondasi sumuran metode penurunan *gravity*

Langkah-langkah pengerjaan fondasi sumuran dengan metode *gravity* adalah sebagai berikut:

- 1 Pertama dilakukan pengukuran dan penentuan titik fondasi;
- 2 Selanjutnya dilakukan pemasangan *cutting edge* dan selubung sumuran;
- 3 Setelah pemasangan *cutting edge* dan selubung sumuran telah dilakukan, maka dilanjutkan dengan penggalian bagian dalam fondasi. Penggalian bagian dalam fondasi dilakukan secara bertahap. Apabila selama penggalian berlangsung terdapat muka air, maka perlu dilakukan *dewatering*. Proses *dewatering* dilakukan dengan cara memompa air yang terdapat lokasi pekerjaan;
- 4 Apabila kedalaman rencana belum tercapai, maka perlu diulangi langkah ke dua (langkah ke dua hanya mengulangi pemasangan selubung sumuran dengan cara penyambungan) dan dilanjutkan dengan langkah ke tiga hingga kedalaman rencana terpenuhi;
- 5 Setelah kedalaman rencana tercapai maka selanjutnya dilakukan pengecoran lantai dasar. Beton yang digunakan pada bagian dasar fondasi merupakan beton yang bersifat kedap air dengan mutu  $f_c' 25$  MPa dengan ketebalan minimum 150 mm. Mutu serta ketebalan beton untuk dasar fondasi tersebut dapat digunakan apabila tidak tercantum dalam gambar rencana;
- 6 Setelah beton pada lantai dasar sudah cukup kering (setelah dilakukan pemeriksaan oleh pengawas pekerjaan) maka selanjutnya dilakukan pengecoran bagian dalam (*filler*) dengan menggunakan beton siklop dengan mutu  $f_c' 15$  MPa dan tahap terakhir adalah pengecoran bagian penutup sumuran dengan mutu beton yang digunakan  $f_c' 20$  MPa. Mutu serta ketebalan beton untuk dasar fondasi tersebut dapat digunakan apabila tidak tercantum dalam gambar rencana.

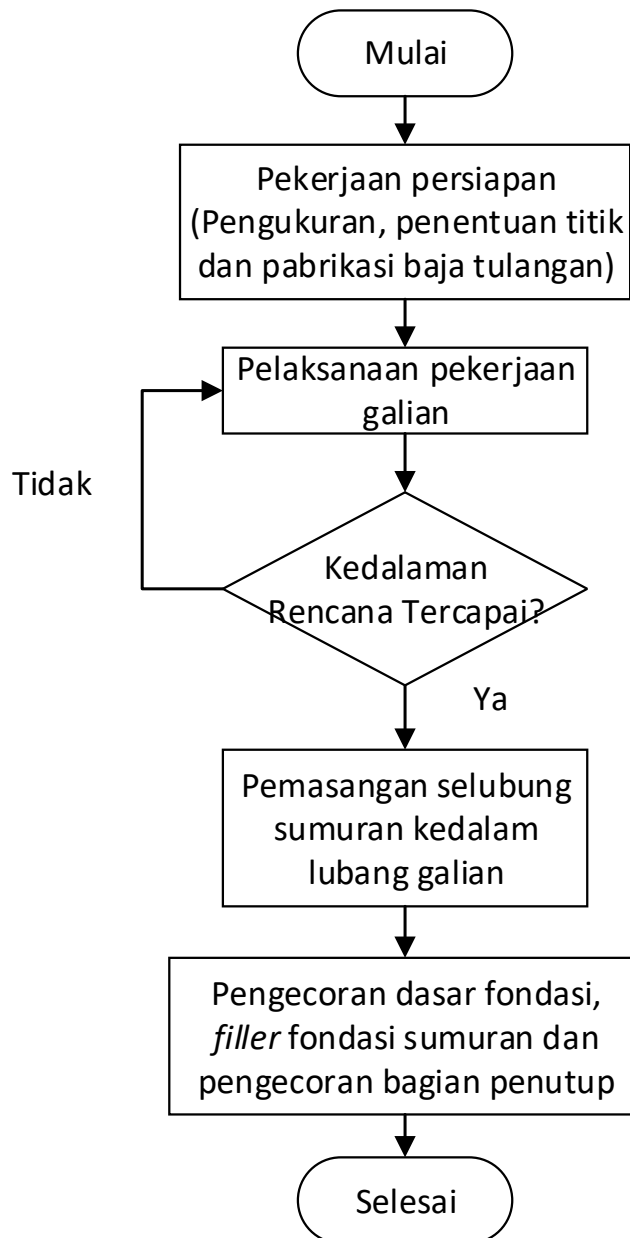
b Metode Dengan Galian Terbuka

Fondasi sumuran dengan metode galian terbuka merupakan fondasi yang pelaksanaannya dilakukan dengan cara galian secara menyeluruh pada lokasi sumuran kemudian dilanjutkan pada pekerjaan pemasangan fondasinya. Fondasi ini jika digunakan pada area yang tergenang air maka perlu dilakukan *dewatering* untuk mengeluarkan air dari dalam fondasi. Galian tanah dilakukan hingga kedalaman dan lebar yang direncanakan setelah galian selesai dilakukan pemasangan bekisting, instalasi baja tulangan, pengecoran pada dinding fondasi sumuran, tahap pengecoran bagian dasar, pengecoran bagian dalam (menggunakan beton siklop) serta pengecoran bagian penutup. Berikut ini beberapa keuntungan dari penggunaan fondasi sumuran dengan metode galian terbuka diantaranya:

- 1 Fondasi sumuran dapat mencapai kedalaman yang besar;
- 2 Biaya pelaksanaannya relatif rendah.

Kerugian Sumuran dengan Metode Galian terbuka:

- 1 Penggalian pada tanah yang berbatu sangat sulit;
- 2 Keselamatan pekerja menjadi perhatian khusus



Gambar 4.6 - Bagan alir pelaksanaan fondasi sumuran metode galian terbuka

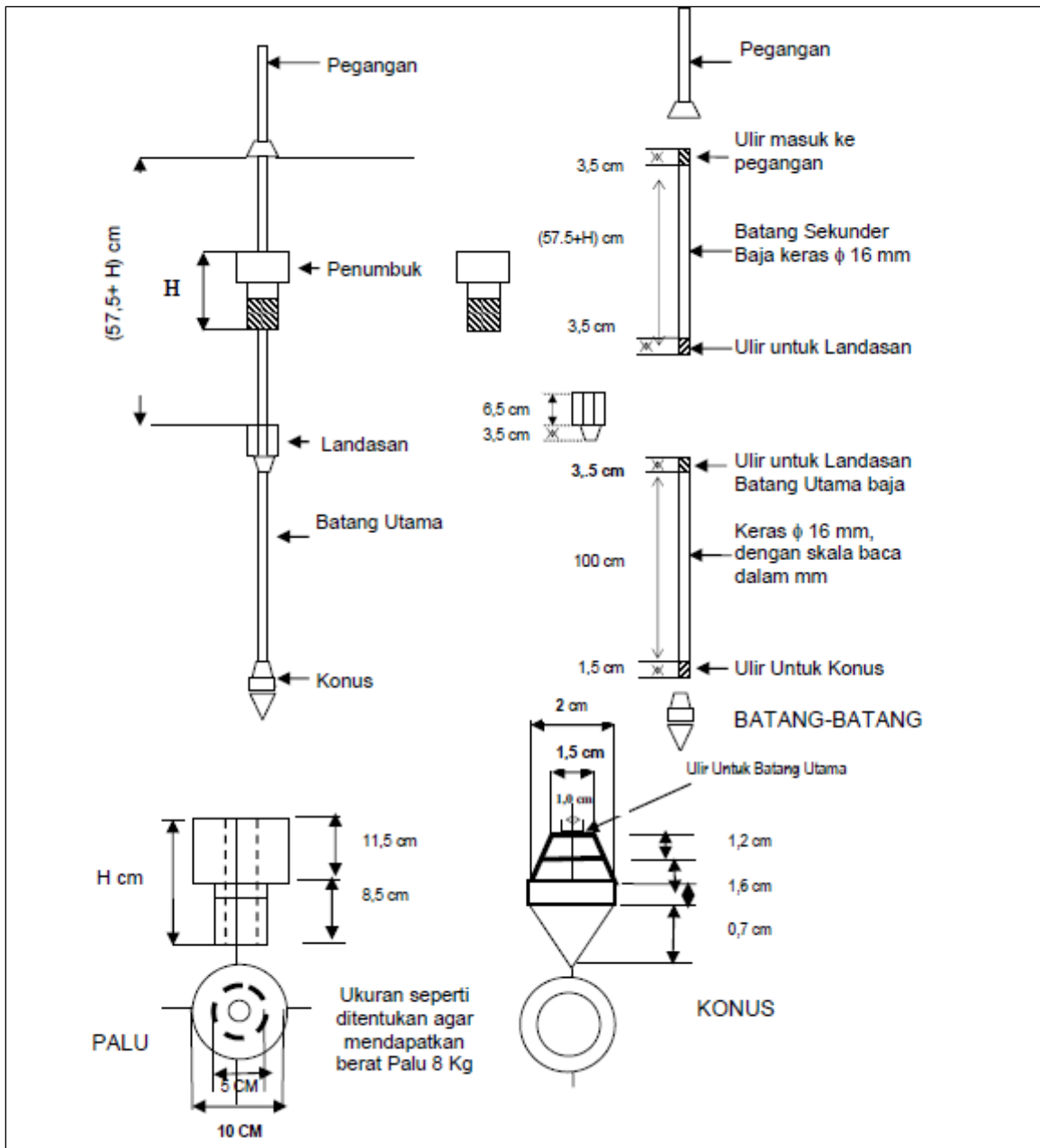
Langkah-langkah pengerjaan fondasi sumuran dengan metode galian terbuka adalah sebagai berikut.

- 1 Pekerjaan persiapan yang dilakukan meliputi pekerjaan pengukuran, penentuan titik fondasi dan pabriasi baja tulangan.
- 2 Penggalian didalam fondasi sumuran dimulai dan dilakukan hingga kedalaman dan diameter yang direncanakan sesuai. Apabila terdapat muka air tanah saat dilaksanakan penggalian, maka perlu dilakukan pekerjaan *dewatering* dengan cara pemompaan.
- 3 Perlu dipastikan apakah kedalaman rencana sudah terpenuhi atau belum, apabila belum tercapai maka perlu diulangi langkah 2 hingga kedalaman rencana tercapai.
- 4 Selanjutnya dilakukan penurunan atau pemasangan selubung fondasi sumuran hingga kedalaman rencana.
- 5 Setelah selubung fondasi selesai dipasang maka dilanjutkan pada tahap pengecoran lantai dasar. Pengecoran lantai dasar dilakukan setelah kedalaman rencana dari fondasi sudah tercapai. Beton yang digunakan pada bagian dasar fondasi merupakan beton yang bersifat kedap air dengan mutu  $f_c' 25$  MPa dengan ketebalan minimum 150 mm. Mutu serta ketebalan beton untuk dasar fondasi tersebut dapat digunakan apabila tidak tercantum dalam gambar rencana.
- 6 Setelah beton pada lantai dasar sudah cukup kering (setelah dilakukan pemeriksaan oleh pengawas pekerjaan) maka selanjutnya dilakukan pengecoran bagian dalam (*filler*) dengan menggunakan beton siklop dengan mutu  $f_c' 15$  MPa dan tahap terakhir adalah pengecoran bagian penutup sumuran dengan mutu beton yang digunakan  $f_c' 20$  MPa. Mutu serta ketebalan beton untuk dasar fondasi tersebut dapat digunakan apabila tidak tercantum dalam gambar rencana.

#### 4.4.9 Kontrol Kualitas Dasar Fondasi Sumuran

Tanah yang digali pada bagian dalam fondasi sumuran perlu diperiksa untuk memastikan dasar fondasi sumuran tidak terdapat material yang dapat membuat selubung sumuran saat diturunkan menjadi tidak seragam. DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) merupakan pengujian yang cocok untuk memastikan hal tersebut.

Pengujian *dynamic cone penetrometer* (DCP) bertujuan untuk mendapatkan nilai CBR (daya dukung) tanah dilapangan. Nilai CBR yang didapatkan dari pengujian ini digunakan sebagai indikator tingkat kekerasan dari tanah. Kontrol kualitas dasar galian dengan pengujian DCP ini sendiri harus mengacu pada Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 04/SE/M/2010 mengenai "Pemberlakuan Pedoman Cara Uji *California Bearing Ration* (CBR) dengan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)".



Gambar 4.7 - Rangkaian alat DCP (*dynamic cone penetrometer*)

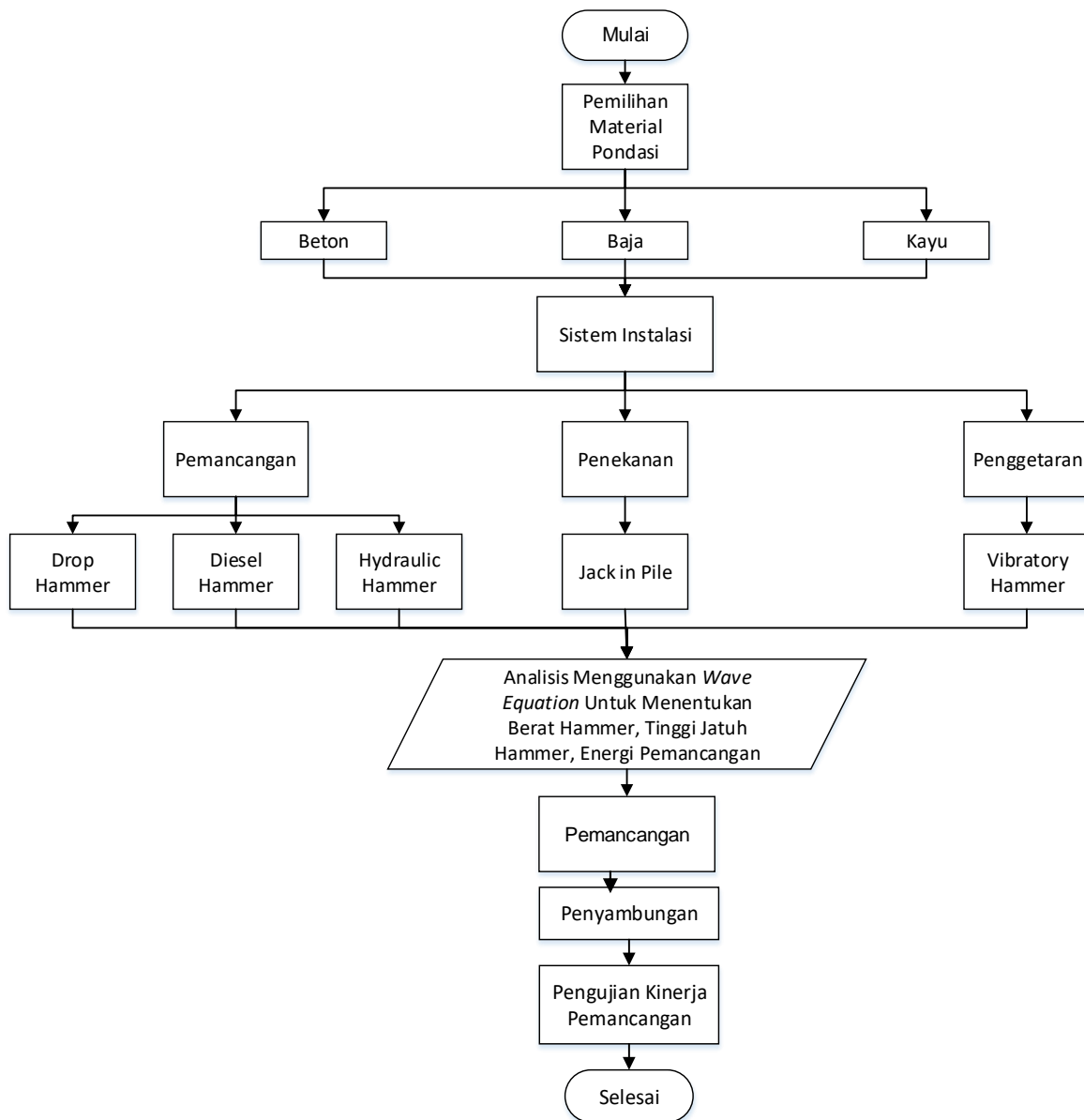
## 4.5 Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang

### 4.5.5 Umum

Fondasi tiang pancang merupakan jenis fondasi tiang yang proses pelaksanaannya dilakukan dengan pemancangan. Material fondasi tiang pancang yang biasanya digunakan adalah beton, baja, dan kayu. Pemilihan jenis fondasi pada umumnya didasarkan pada jenis lapisan tanah dan beban struktur yang bekerja.

*Hammer* merupakan peralatan dalam pelaksanaan tiang pancang yang digunakan untuk memberi penetrasi terhadap tiang. Tiang fondasi dapat dipancang dengan cara dipancang, ditekan atau digetarkan. Beberapa jenis *hammer* yang umum digunakan seperti *drop hammer*,

*diesel hammer, hydraulic hammer, jacking, dan vibratory.* Berikut ini bagan alir pelaksanaan pekerjaan fondasi tiang pancang ditunjukkan pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang pancang**

#### 4.5.6 Material

##### a Tiang Pancang Beton

Tiang beton merupakan tiang fondasi yang terbuat dari material beton yang pembuatannya dilakukan dipabrik. Tiang beton pracetak ataupun pratekan memiliki penampang berbentuk persegi, lingkaran ataupun berbentuk segi delapan (oktagon). Berikut ini akan dijelaskan mengenai fondasi tiang beton pracetak (*precast*) dan fondasi tiang beton pratekan (*prestress*).

##### 1 Tiang Pancang Beton Pracetak

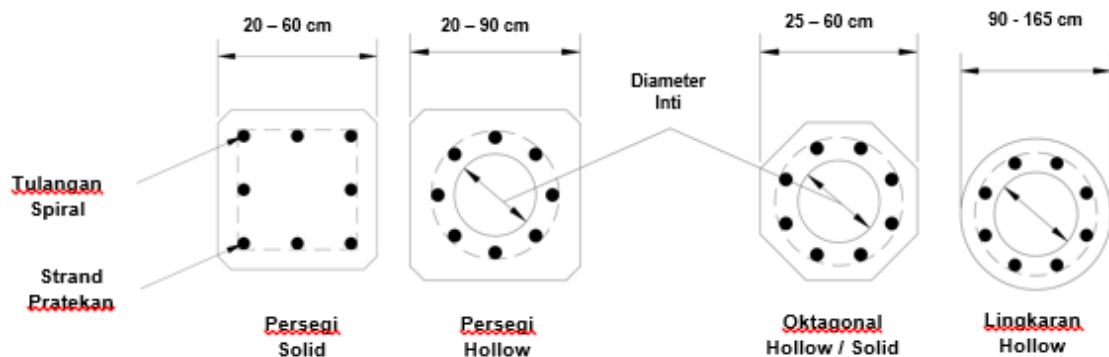
Tiang pancang beton pracetak (*precast*) harus direncanakan, dicor dan dirawat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan sehingga fondasi tersebut tahan/kuat



selama pengangkutan dan tahan terhadap tekanan akibat pemancangan. Tiang pancang dengan bentuk segi empat pada bagian ujungnya perlu ditumpulkan. Pipa pancang berongga (*hollow pile*) dapat digunakan saat kondisi tertentu dimana selimut beton yang digunakan minimal 40 mm dan saat tiang pancang terekspos oleh sesuatu yang dapat menimbulkan korosi (contoh: air laut) selimut beton perlu dibuat hingga 50 mm. Pangkal tiang (*stop end*) harus dibuat tegak lurus untuk menjamin distribusi beban yang dipikul oleh tiang menjadi merata selama proses pemancangan.

## 2 Tiang Pancang Beton Pracetak Pratekan

Tiang pancang beton pratekan (*prestressed*) sering digunakan pada proyek konstruksi termasuk pada proyek pembangunan jembatan. Tiang pancang beton pratekan (*prestress*) biasanya diberi tegangan baik tegangan tarik maupun tegangan tekan sebesar 4 MPa hingga 11 MPa. Panjang standar dari tiang pratekan pada umumnya berkisar antara 6 m hingga 12 m dengan diameter 600 mm. Penyambungan (*splicing*) dari tiang tersebut dilakukan dengan menggunakan pelat baja pada ujung bagian tiang yang akan disambung. Sketsa dari tiang pancang beton pratekan ditunjukkan pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9 - Sketsa potongan melintang tiang pancang beton pratekan (*prestressed*)**

### b Tiang Pancang Baja

Tiang pancang baja perlu dilapisi dengan menggunakan cat pelapis anti karat untuk mengatasi kemungkinan terjadinya korosi. Penggunaan pelapis anti karat harus lebih tebal dari ketebalan lapisan korosinya. Pada umumnya seluruh panjang tiang baja yang terekspose, dan setiap panjang yang tertanam dalam tanah yang terpengaruh oleh muka air harus dilindungi dari korosi. Perlindungan komponen baja terhadap korosi dapat merujuk pada SE No. 26/SE/M/2015 mengenai "Perlindungan Komponen Baja Jembatan dengan Cara Pengecatan".

#### 1 Tiang Pancang Pipa Baja

Tiang baja pipa dapat dipancang dengan bagian ujung terbuka maupun tertutup. Tiang pancang pipa baja ujung terbuka (*open end steel pipe*) seringkali digunakan ketika kondisi pemancangan yang sulit, atau ketika kedalaman penetrasi yang signifikan (terlampau dalam). Diameter tiang jenis ini tersedia dari 8 hingga 160 inci (20 hingga 400 cm). Ketika tiang ini dipancang dengan kondisi dasar terbuka, biasanya ketebalan dindingnya berkisar antara 0,5 inci (1,3 cm) atau lebih. Tiang

pancang ujung terbuka dapat diperkuat dengan pelat baja di bagian bawahnya untuk menghindari kerusakan apabila dipancang pada lapisan yang keras. Tiang pipa jenis ini harus memenuhi spesifikasi mutu yang merujuk pada ASTM A252, API-5L, atau API-2B. (FHWA NHI-16-009, 2016). Contoh pancang tiang pipa baja ujung terbuka (*open end steel pipe*) ditunjukkan pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10 - Tiang pancang pipa baja ujung terbuka (FHWA, 2016)**

Sedangkan, tiang pancang pipa baja ujung tertutup (*closed end steel pipe*) terdiri dari pipa yang dilas secara spiral dengan diameter yang berkisar antara 8 hingga 48 inci (20 hingga 120 cm). Ketebalan dari dinding pipa berkisar dari 0,5 hingga 1 inci (1,25 hingga 2,5 cm). Tiang pipa harus memenuhi spesifikasi mutu yang merujuk pada ASTM A252, API-5L, atau API-2B. Penggunaan pipa baja modifikasi yang tidak sesuai dengan ASTM harus dievaluasi oleh perencana secara umum, baik kapasitas pancangnya maupun kapasitas lasannya. Ujung (kaki) tiang jenis ini ditutupi oleh pelat baja setebal 2 – 5 cm. Bagian ujung dari tiang pipa baja ujung tertutup dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 4.11 - Tiang pancang pipa baja ujung tertutup (FHWA, 2016)**

Bentuk ujung terbuka lebih menguntungkan dari segi kedalaman penetrasi yang dapat dicapai. Jika ditemukan tanah keras atau berbatu sebelum kedalaman rencana, maka dapat dilakukan pemboran. Selain itu tanah yang berada pada bagian dalam pipa dapat dikeluarkan dengan mudah dan dapat diisi kembali dengan beton jika diperlukan. Tiang pipa baja dapat menjadi struktur komposit apabila bagian dalam pipa baja diisi oleh material pengisi seperti beton.

Cara penyambungan bagian pipa dan bagian kaki pada jenis pipa baja ujung tertutup dapat merujuk pada AWS D 1.5 mengenai "*Bridge Welding Code*".

## 2 Tiang Pancang Baja Profil H

Baja profil yang digunakan merupakan baja profil H dan harus memenuhi persyaratan ASTM A36/A36M, A572/A572M dan A992/A992M. Jika digunakan sepatu (*shoes*) pada bagian bawah maka material yang digunakan harus memenuhi persyaratan ASTM A148/A148M (Grade 90-60). Proyeksi dari *flange* tidak boleh melebihi 14 kali ketebalan minimum dari *flange* atau *web*, dan lebar *flange* tidak boleh kurang dari 80% dari kedalaman penampang. Ketebalan minimum dari *flange* dan *web* tidak kurang dari 0,9525 cm (*AASHTO LRFD Bridge Construction Specification*, 2010). Contoh fondasi tiang baja profil H ditunjukkan pada Gambar 4.12 berikut ini.



**Gambar 4.12 - Fondasi tiang baja profil H (FHWA, 2016)**

Baja profil H yang digunakan harus memenuhi persyaratan ASTM A572, baja kelas (*grade*) 50. Bagian sambungan baja juga harus memenuhi persyaratan ASTM A588 atau ASTM A690. Spesifikasi tersebut merupakan spesifikasi dengan mutu tinggi, baja dengan kadar kuningan yang lebih rendah dikembangkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi yang disebabkan oleh udara (ASTM A588) dan terhadap air laut (ASTM A690).

### c Tiang Pancang Kayu

Fondasi tiang kayu merupakan fondasi yang terbuat dari batang pohon. Dimensi dari tiang kayu biasanya tergantung dari jenis batang pohon yang digunakan, tetapi pada umumnya panjang tiang kayunya sekitar 6 m hingga 8 m dengan diameternya 15 cm. Panjang yang lebih panjang dapat diperoleh dengan cara menyambungkan beberapa tiang kayu. Tiang pancang kayu ini sangat rentan terhadap rayap, organisme laut, dan dapat melapuk akibat perubahan cuacanya yang ekstrim. Contoh dari fondasi tiang pancang kayu ditunjukkan pada Gambar 4.13 berikut ini.



**Gambar 4.13 - Tiang pancang kayu**

#### **4.5.7 Peralatan**

Peralatan fondasi tiang pancang terbagi berdasarkan sistem instalasinya dimana dapat berupa sistem instalasi pemancangan, penekanan dan penggetaran.

##### **4.5.7.1 Peralatan Sistem Instalasi Pemancangan**

Sistem instalasi pemancangan merupakan sistem yang pelaksanaannya dilakukan dengan cara memancang (menumbuk) fondasi tiang. Berikut ini merupakan peralatan dengan sistem instalasi pemancangan:

a Drop Hammer

Seperti namanya, alat ini berfungsi sebagai palu yang memukul tiang pancang agar penetrasi kedalam tanah sempurna yang akan menjadi dasar dari bangunan. Bentuk alat ini menyerupai palu yang diletakkan pada bagian atas tiang. Palu ini sangat berat dan berat inilah yang digunakan untuk memberikan tekanan pada tiang agar tiang menancap pada tanah. Pada bagian atas tiang atau disebut kepala tiang, diberikan topi atau *cap* yang berfungsi sebagai *shock absorber*. *Cap* ini sangat diperlukan agar saat palu memukul tiang, tiang pancang tidak akan mengalami kerusakan. Biasanya, *cap* penyerap tekanan ini dibuat dari bahan kayu.

*Drop hammer* seharusnya tidak digunakan untuk tiang beton atau tiang yang membutuhkan daya dukung ultimit lebih dari 60 ton. Ketika penggunaan *drop hammer* diperbolehkan, maka *ram* harus memiliki berat tidak kurang dari 1 ton dan tinggi jatuhnya tidak melebihi 12 ft (3,7 m). Gambar 4.14 menunjukkan penggunaan *drop hammer* pada pelaksanaan pekerjaan tiang pancang.

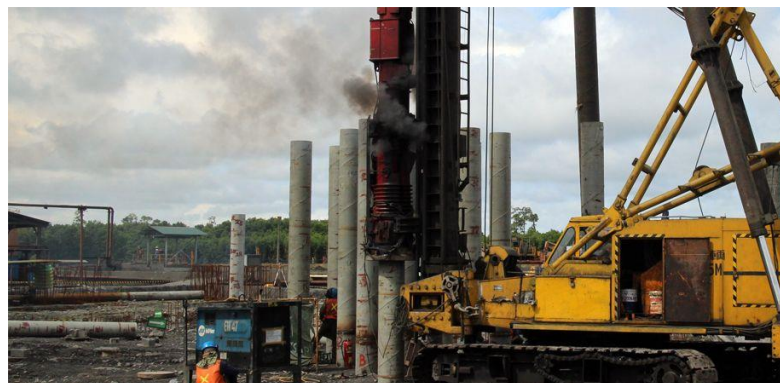




**Gambar 4.14 - Drop hammer**

b Diesel Hammer

Alat ini merupakan alat dengan kinerja paling sederhana diantara alat-alat lain yang digunakan untuk memancang tiang pancang. Bentuknya berupa silinder dengan *piston* atau *ram* yang berfungsi untuk menekan tiang pancang. Selain itu, terdapat dua mesin diesel yang menggerakkan piston ini. Bagian-bagian lain dari alat ini adalah tangki untuk bahan bakar, tangki untuk pelumas, pompa bahan bakar, injector dan mesin pelumas agar *piston* dapat bekerja dengan lancar. Saat bekerja, mesin diesel akan memberikan tekanan pada udara dalam silinder. Tekanan udara yang bertambah ini akan menggerakkan *piston* yang akan memukul tiang pancang. Untuk *diesel hammer* berat palu tidak boleh kurang dari setengah jumlah berat tiang total beserta topi pancangnya ditambah 500 kg dan minimum 2.2 ton. Tinggi jatuh palu tidak boleh melampaui 2.5 meter dan apabila tinggi jatuhnya melebihi 2,5 m maka perlu didiskusikan terlebih dahulu dengan pengawas di lapangan. Ilustrasi pemancangan menggunakan *diesel hammer* ditunjukkan pada Gambar 4.15 berikut ini.



**Gambar 4.15 - Ilustrasi Pekerjaan Pemancangan Dengan Cara Diesel Hammer**

Selain itu, *diesel hammer* pun memiliki 2 jenis yaitu *single acting diesel hammer* dan *double acting diesel hammer*. Keduanya memiliki kesamaan yaitu menggunakan pembakaran bahan bakar untuk memberikan energi tambahan selama bergerak ke bawah untuk bergerak ke atas dalam memancang tiang. Yang membedakannya adalah *double acting diesel hammer* menyimpan dan melepaskan energi dari udara yang terperangkap selama beroperasi. Keuntungan dan kerugian penggunaan *single*

dan *double acting hammer* dapat dilihat pada Tabel 4.4, sedangkan untuk spesifikasi alat *diesel hammer* dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

**Tabel 4.2 - Spesifikasi alat *diesel hammer***

Negara Pembuat	Tipe	Massa dari Ram (kg)	Energi Pukulan (N-m)	Tingkat Pemukulan Maksimum (Pukulan per menit)
Jerman	D12	1250	31000	40-60
	D22	2700	55000	40-60
	D30	3000	33000-75000	39-60
	D36	3600	42000-102000	37-53
Jepang	K13	1300	37000	40-60
	K25	2500	75000	39-60
	K35	3500	105000	39-60
	K45	4500	135000	39-60
Jepang	M14	1350	36000	42-60
	M23	2295	160000	42-60
	M33	3290	88500	40-60
	M43	4290	116000	40-60

(Sumber: Tomlinson, 2004)

c Hydraulic Hammer

Pemancangan dengan menggunakan *hydraulic hammer* menimbulkan lebih sedikit polusi suara, berbeda dengan penggunaan *hammer* mekanik biasa dan tidak menghasilkan polusi udara juga. *Hydraulic hammer* modern, seperti *double acting hydraulic hammer*, lebih efisien dan memiliki rasio transfer energi yang tinggi. *Ram* dari palu terhubung ke piston, yang akan mendorong palu naik ke atas dan ke bawah dengan tenaga hidrolik. Beberapa model kompleks memiliki sistem akumulator bermuatan nitrogen, yang menyimpan energi signifikan yang memungkinkan *stroke* diperpendek dan meningkatkan *blow rate*. Dengan demikian, energi kinetik dari palu tidak hanya bergantung pada tinggi *stroke* tetapi juga akselerasi yang diakibatkan oleh injeksi tekanan hidrolik. Kebanyakan palu hidrolik baru dilengkapi dengan sensor elektronik yang secara langsung mengukur kecepatan ram dan menghitung energi kinetik tepat sebelum benturan. Gambar 4.15 menunjukkan alat pancang *hydraulic* dimana, pada Gambar 4.15a merupakan *single acting hydraulic hammer* dan pada Gambar 4.15b merupakan *double acting hydraulic hammer*. Tabel 4.3 menunjukkan spesifikasi *hydraulic hammer* dengan spesifikasi yang terdiri dari jenis mesin, massa dari ram, energi pukulan dan tingkat pukulan maksimum.



**Gambar 4.16 - Ilustrasi peralatan *hydraulic hammer*; a) *single acting hydraulic*; b) *double acting hydraulic***

**Tabel 4.3 - Spesifikasi alat *hydraulic hammer***

<b>Negara Pembuat</b>	<b>Tipe</b>	<b>Massa dari Ram (kg)</b>	<b>Energi Pukulan (kN.m)</b>	<b>Tingkat Pemukulan Maksimum (Pukulan per menit)</b>
Inggris	HH3	3000	36	46
	HH5	5000	60	40
	HH7	7000	84	31
	HH9	9000	108	30
	HH14	11000 – 16000	132-192	38-30
	HH40	40000	480	40
Swedia	-	3000	15	30
	-	4000	32	28
	-	5000	40	24
	-	6000	48	20
Belanda	HBM500	4300	100	40
	HBM850	10000	180	40
	HBMI 500	20000	300	40
	HBM3 000	63000	1000	40
Jerman	MH48	2500	48	40
	MH57	3000	57	40
	MH68	3500	68	40

	MH80	4200	80	40
	MH96	5000	96	40
	MH120	6300	96	40
	MHU200T	12000	200	60
	MHU400T	24000	400	50
	MHU1000T	60000	1000	45

(Sumber: Tomlinson, 2004)

#### 4.5.7.2 Peralatan Sistem Instalasi Penekanan

Sistem instalasi penekanan merupakan sistem yang pelaksanaannya dilakukan dengan cara menekan masuk fondasi tiang dengan menggunakan alat hidrolik. Berikut ini merupakan peralatan dengan sistem instalasi penekanan:

a Mesin Penekan Hidrolik (*Jacking*)

Tiang pancang *jacking* (sistem penekan hidrolik) pada dasarnya merupakan tiang *displacement* yang pemancangannya dilakukan dengan didorong kedalam tanah menggunakan beban statis. Mesin *jacking* membawa berton-ton penyeimbang (*counter weight*) dengan ukuran yang sangat besar seperti ditunjukkan pada Gambar 4.17. Metode pemancangan ini sangat cocok untuk daerah yang luas dan juga relatif datar. Tiang yang dipancangan dengan metode *jacking*, dapat dipasang pada jarak 1,3 m dari struktur yang ada. Sistem pemancangan dengan *jacking* merupakan sistem pemancangan yang bebas dari getaran dan sistem ini juga berwawasan lingkungan karna tidak menyebabkan getaran dan kebisingan. (Rahardjo, 2013). Daya dukung ultimit fondasi tiang dengan sistem pemancangan *jacking* secara umum dibatasi sebesar reaksi yang terjadi pada lapisan tanah untuk menahan gaya dari dongkrak hidrolik sistem *jacking* ini.



Gambar 4.17 - Mesin penekan hidrolik (*jacking*) (Geo Publication, 2006)

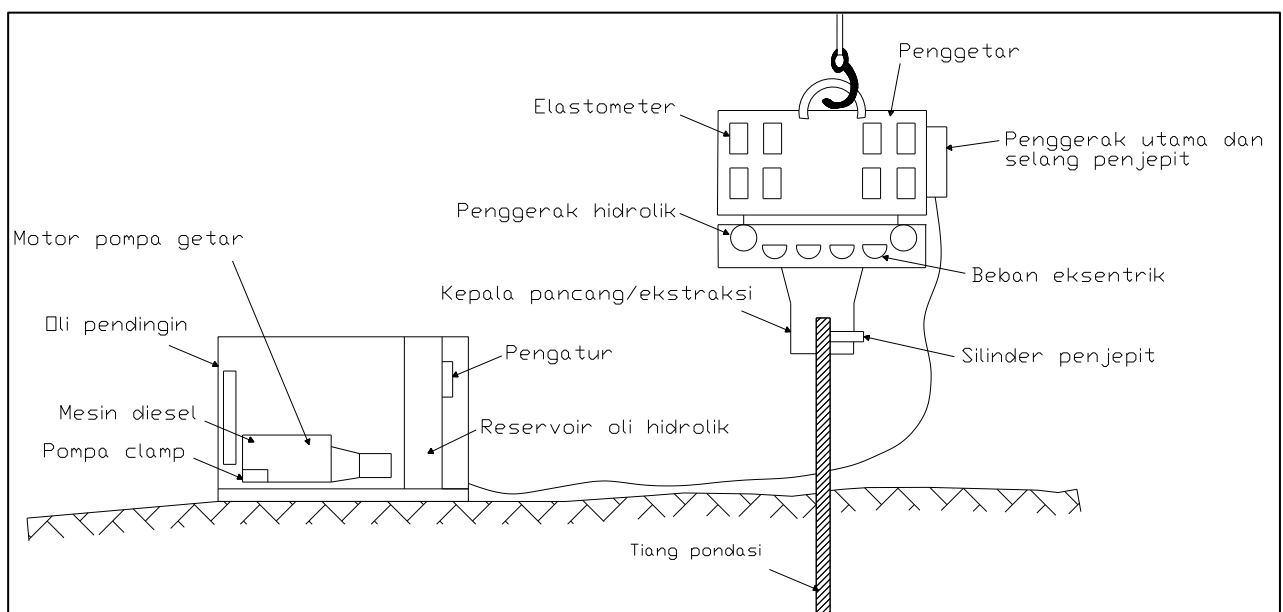


### 4.5.7.3 Peralatan Sistem Instalasi Penggetaran

Sistem instalasi penggetaran merupakan sistem yang pelaksanaannya dilakukan dengan cara menggetarkan fondasi tiang untuk kemudian dimaukan kedalam lapisan tanah. Pada umumnya sistem penggetaran ini cocok untuk tanah berbutir kasar. Berikut ini merupakan peralatan dengan sistem instalasi penekanan:

#### a Vibratory Hammer

*Vibratory hammer* (palu getar) merupakan jenis *hammer* yang cara kerjanya dengan memberikan gaya getar terhadap tiang fondasi. Skema dari *vibratory hammer* disajikan pada Gambar 4.18. Frekuensi getaran yang dihasilkan dari *hammer* jenis ini berkisar antara 750 – 2400 getaran/menit. *Vibratory hammer* merupakan jenis palu yang biasanya digunakan untuk tanah berbutir kasar seperti pasir.



**Gambar 4.18 - Skema pemancangan dengan *Vibratory Hammer***

**Tabel 4.4 - Karakteristik dan kegunaan *hammer***

Jenis Hammer	Drop	Hydraulic		Diesel		Vibratory
		Single Acting	Double Acting	Single Acting	Double Acting	
Besarnya energi (ft-kips)	7 - 60	25 - 2162	25 - 2581	9 - 1620	5 - 73	-
Kecepatan tumbukan (ft/sec)	23 - 33	5 - 18	5 - 23	10 - 16.5	8 - 16.5	-
Tingkat pukulan (pukulan/menit)	4 - 8	30 - 50	40 - 90	40 - 60	80 - 105	750 - 2400 (getaran/menit)
Energi (per pukulan)	berat ram × tinggi jatuh	berat ram × tinggi pukulan	(berat ram + luas efektif kepala piston) × (tekanan efektif fluida) × pukulan	berat ram × tinggi pukulan	(berat ram + tekanan pantulan) × pukulan	-
Jenis pondasi yang cocok	Semua jenis tiang	Semua jenis tiang	Semua jenis tiang	Semua jenis tiang	Semua jenis tiang	Baja Profil H, Pondasi pipa. Cocok untuk tanah pasir
Keuntungan	Biaya peralatan murah	Energi pukulan bervariasi	Dapat digunakan pada pemancangan bawah air	Tidak memerlukan sumber energi luar, berat yang ringan dan mudah dipindahkan, biaya operasi yang rendah	Tidak memerlukan sumber energi luar dan frekuensi pukulan tinggi	Dapat digunakan untuk menarik dan memancang. Pemasangan instalasi alat cepat.
Kekurangan	Gaya tumbuk yang dihasilkan sangat besar sehingga dapat menyebabkan kerusakan tiang. Produktifitas rendah.	Biaya peralatan mahal. Membutuhkan alat tambahan untuk pembacaan energi	Biaya peralatan mahal. Membutuhkan alat tambahan untuk pembacaan energi	Dalam pemancangan lunak dapat mogok akibat rebound yang tidak mencukupi,	Berat palu relatif lebih berat dibandingkan dengan single acting diesel hammer dan sistem pembakaran atomisasi dapat menyulitkan untuk penggunaan.	Tidak direkomendasikan untuk pemasangan tiang friksi

(Sumber: FHWA, 2016)

## 4.5.8 Metode Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang

### 4.5.8.1 Pemilihan Berat Hammer dan Tinggi Jatuh Hammer

Pemilihan berat dan tinggi jatuh dari *hammer* harus mempertimbangkan beberapa faktor penting seperti ukuran dan jenis tiang pancang, jumlah tiang, karakteristik dari tanah, lokasi pekerjaan, topografi dari lokasi pekerjaan dan ketersediaan jenis peralatan yang akan digunakan. Fungsi dari *hammer* tiang pancang sendiri adalah untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan untuk memancang tiang fondasi. Energi ini dihasilkan dari beban (*ram weight*) dan tinggi jatuh. Metode pemilihan energi *hammer* dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut:

a Dokumen perencanaan,

Dokumen perencanaan biasanya terdapat informasi mengenai berat *hammer* dan tinggi jatuh yang digunakan untuk pekerjaan pemancangan tiang.

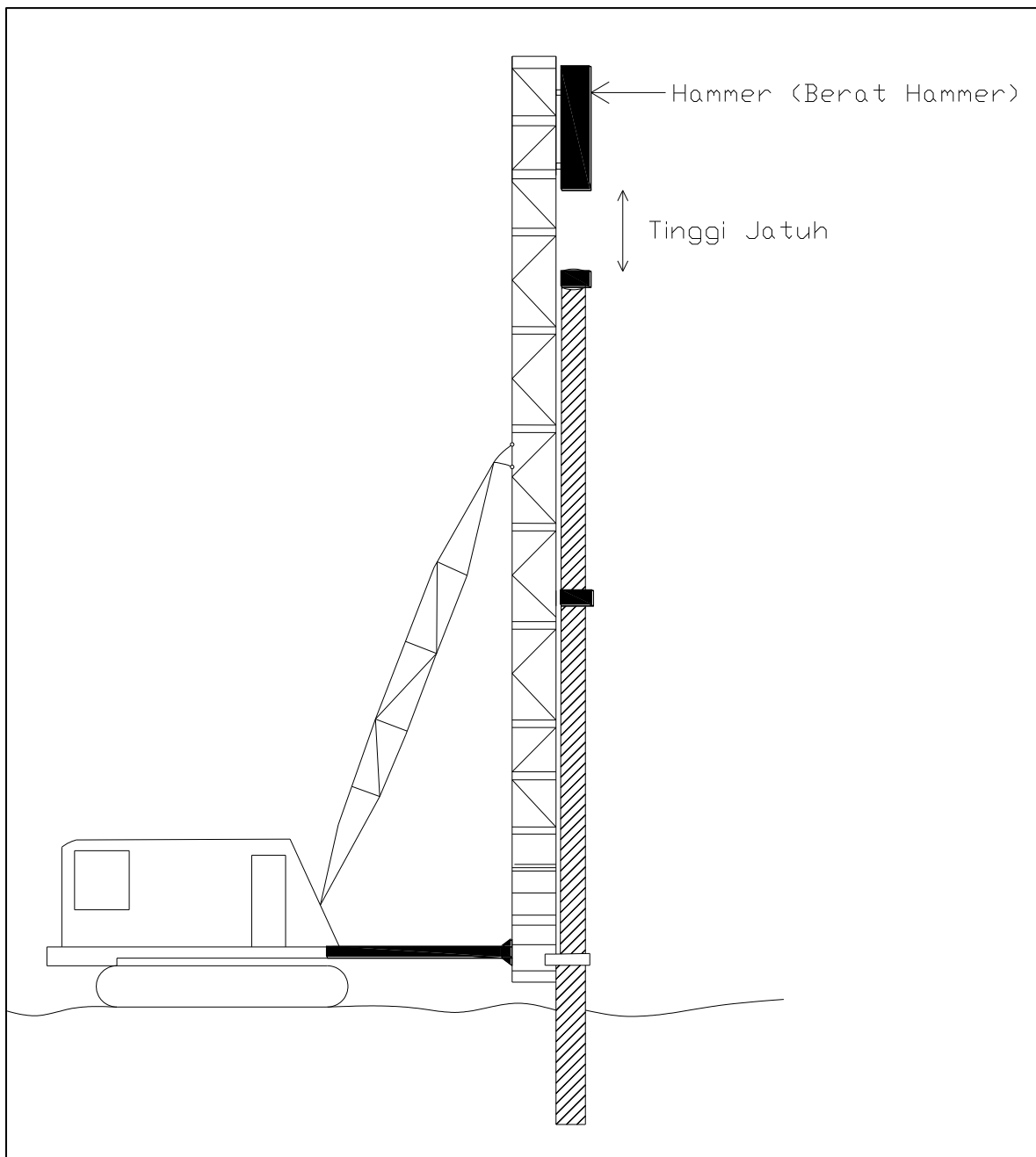
b Wave analysis method

Metode persamaan gelombang (*wave equation method*) merupakan persamaan gelombang yang digunakan untuk mensimulasikan jenis *hammer*, berat *hammer* dan tinggi jatuh *hammer* sehingga didapatkan kombinasi tinggi jatuh dan berat *hammer* yang cocok untuk jenis tanah yang akan dilakukan pekerjaan pemancangan.

Pemancangan dengan gerakan tunggal (*single acting*) atau palu yang dijatuhkan harus dibatasi sampai 1,2 meter dan lebih baik 1 meter. Penumbukan dengan tinggi jatuh yang lebih kecil harus digunakan jika terdapat kerusakan pada tiang pancang. Berikut ini merupakan contoh dari kondisi yang dimaksud:

- a Jika terdapat lapisan tanah keras dekat permukaan tanah yang harus ditembus pada saat awal pemancangan untuk tiang pancang yang panjang.
- b Jika terdapat lapisan tanah lunak yang dalam sedemikian hingga penetrasi yang dalam terjadi pada setiap penumbukan.
- c Jika tiang pancang diperkirakan akan mantul (*rebound*) akibat batu atau tanah yang benar-benar tak dapat ditembus/sangat keras.

Ilustrasi berat *hammer* dan tinggi jatuh *hammer* ditunjukkan pada Gambar 4.19 berikut ini.



**Gambar 4.19 - Ilustrasi tinggi jatuh dan berat *hammer***

#### **4.5.8.2 Pemancangan Tiang**

Penyedia harus menyediakan alat untuk memancang tiang yang sesuai dengan jenis tanah, jenis material tiang dan harus mencapai kedalaman atau mencapai daya dukung yang telah ditentukan, tanpa adanya kerusakan pada tiang fondasi.

Galian perlu dilakukan terlebih dahulu apabila elevasi akhir tiang pancang yang berada dibawah permukaan tanah asli. Perlu adanya perhatian khusus agar dasar fondasi tidak terganggu oleh penggalian diluar batas-batas yang ditunjukkan dalam gambar rencana.

Kepala tiang pancang baja harus dilindungi dengan bantalan topi atau mandrel dan untuk fondasi tiang pancang kayu, bagian kepalanya perlu dilindungi dengan menggunakan cincin baja tempa atau besi non-magnetik. Palu topi baja, bantalan topi, kontrol dan tiang pancang harus mempunyai sumbu yang sama dan harus terletak dengan tepat satu di atas lainnya.

Tiang pancang harus dipancang sampai penetrasi maksimum atau penetrasi tertentu sesuai yang ditunjukkan dalam gambar rencana, sebagaimana yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan, atau ditentukan dengan pengujian pembebanan sampai mencapai kedalaman penetrasi akibat beban pengujian tidak kurang dari dua kali beban yang dirancang, yang diberikan menerus untuk penurunan sekurang-kurangnya 60 mm. Dalam hal tersebut, posisi akhir kepala tiang pancang tidak boleh lebih tinggi dari yang ditunjukkan dalam gambar atau sebagaimana yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan setelah pemancangan tiang pancang uji.

Tiang pancang miring yang dipancang dari pemandu (*leader*) biasanya bergerak ke arah kemiringan yang lebih datar dari pada kemiringan pada saat penempatan. Jika hal ini terjadi, lebih baik mengantisipasi arahnya dan menyesuaikan arah penempatannya (*pitch*) sebelum dipancang. Tiang pancang beton sama sekali tidak boleh ditarik untuk memperbaiki deviasi dari kemiringan rencana.

Tiang pancang harus berada pada titik (koordinat) yang sesuai dengan gambar rencana dan perlu dipastikan ketegakan (vertikalitas) dari tiangnya dengan menggunakan dua buah theodolite yang dalam dua arah yang saling tegak lurus terhadap posisi tiang yang akan dipancang.

Terdapat beberapa toleransi pada fondasi tiang pancang yang perlu diperhatikan seperti berikut ini:

- a Lokasi Kepala Tiang Pancang
- b Tiang pancang harus ditempatkan sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar. Penggeseran lateral kepala tiang pancang dari posisi yang ditentukan tidak boleh melampaui 75 mm dalam segala arah.
- c Kemiringan Tiang Pancang
- d Penyimpangan arah vertikal atau kemiringan yang disyaratkan tidak boleh lebih melampaui 20 mm per meter (yaitu 1 per 50).

#### **4.5.8.3 Penyambungan Tiang**

Penyambungan tiang fondasi dilakukan jika kedalaman tanah keras sangat dalam, sehingga untuk mencapai kedalaman tanah keras tersebut dibutuhkan lebih dari 1 tiang. Penyambungan tiang perlu dilakukan secara teliti dan hati-hati agar mutu dari tiang fondasi tidak berkurang ataupun fondasi yang telah disambung tidak lepas sambungannya. Berikut ini merupakan hal yang perlu diperhatikan apabila penyambungan tiang dilakukan dengan cara pengelasan adalah sebagai berikut:

- a Material Las
  - 1 Bahan las yang digunakan harus sesuai dengan bahan dasar elemen struktur baja yang akan disambung (seperti BJ 32, BJ 51 atau BJ 52) untuk memastikan bahwa sambungan dapat dipertanggungjawabkan dan merupakan kawat las berselaput hidrogen rendah.
  - 2 Bahan las (kawat las) harus disimpan dalam keadaan kering di dalam tempat yang tertutup. Jika kaleng atau tempat telah dibuka, maka kawat las harus segera digunakan.

- 3 Pada penyambungan tiang pancang dibutuhkan kawat las yang sesuai agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Elektroda E 60XX digunakan untuk mengelas baja karbon yang mengandung unsur karbon hingga 0,3% (yang termasuk baja ini adalah baja-baja struktur seperti baja-baja profil, baja batangan dan baja pelat). Elektroda E 70XX aplikasinya lebih luas dari seri E 60XX.
- b Material Baja (Tulangan dan Selubung)
- 1 Baja tulangan untuk sambungan tiang pancang beton pracetak harus mempunyai tegangan leleh minimum 410 MPa (BJ 55), bebas dari korosi dan kotoran yang menempel pada baja;
  - 2 Selubung untuk sambungan tiang dibuat dari baja yang mempunyai tegangan leleh minimum 210 MPa (BJ 34);

Penyambungan tiang fondasi dengan cara pengelasan dapat merujuk pada AWS D 1.5 mengenai "*Bridge Welding Code*". Berikut akan dijelaskan mengenai penyambungan tiang fondasi tiang beton, fondasi tiang baja fondasi tiang kayu.

a Penyambungan Fondasi Tiang Beton

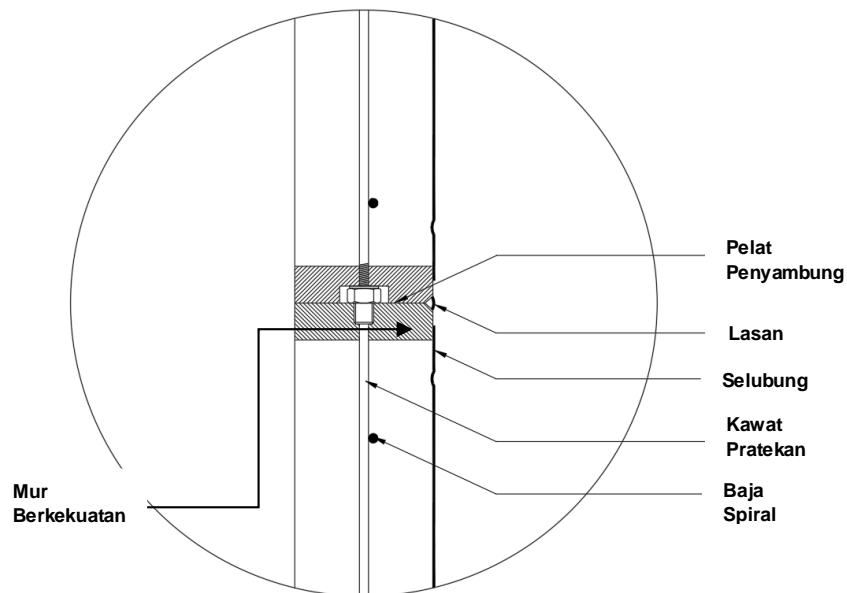
Jika tiang akan dipancang lebih dalam setelah penyambungan, sambungan harus dapat menahan tegangan tekan dan torsi yang terdapat pada waktu pemancangan dan harus mampu meneruskan (*transmit*) momen di dalam tiang melewati sambungan. Cara yang paling umum untuk penyambungan tiang adalah pemakaian lengan baja di atas dan di bawah tempat sambungan. Beberapa tiang mempunyai pelat baja yang tertanam di dalam beton yang memungkinkan penyambungan mudah dilakukan dengan cara mengelas pelat pada segmen atas dan bawah dari tiang. Penting untuk diperhatikan bahwa kedua muka yang bertemu harus cocok satu sama lain sedekat mungkin pada bidang yang sama. Lebih baik (jika menggunakan lengan baja), untuk memasukan dan merekat (*epoxy*) batang dowel ke dalam lubang yang dibor pada bagian atas dan bawah dari tiang. Hal ini akan memungkinkan terjadinya perpindahan (*transfer*) momen lewat sambungan, sesuai dengan anggapan perencanaan. Ilustrasi penyambungan tiang fondasi beton pracetak ditunjukkan pada Gambar 4.20.

b Penyambungan Fondasi Tiang Baja

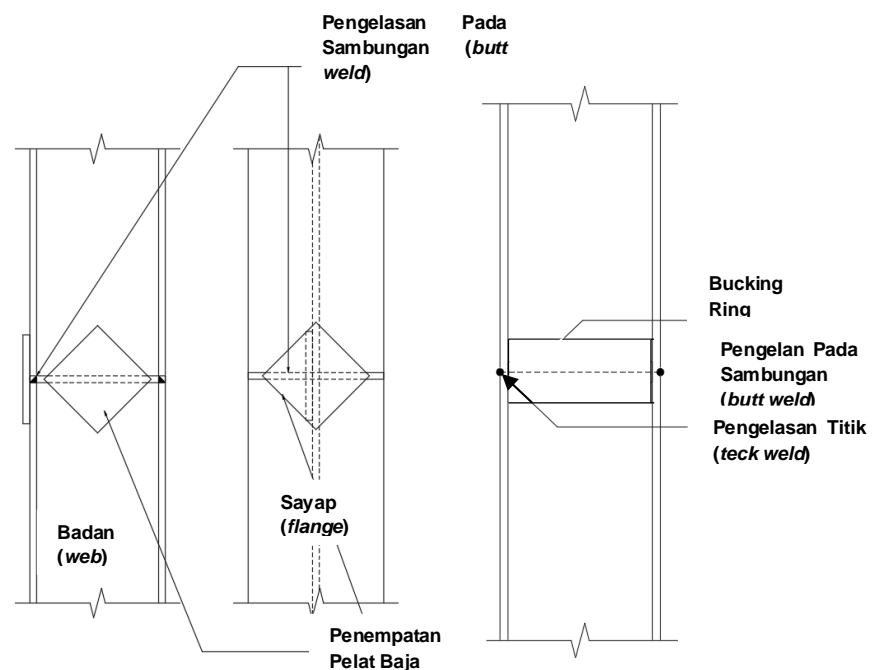
Penyambungan antara potongan tiang baja memerlukan pengelasan standar tinggi, dan harus dilakukan oleh tukang las yang bersertifikat. Penyambungan tiang baja biasanya perlu memotong 300 mm hingga 500 mm dari puncak bagian tiang yang dipancang, untuk meratakan ujungnya dan untuk membuang bagian baja keras yang sukar dilas. Tidak ada masalah pada penyambungan pipa baja, yang penting hanya pengelasan dan waktu yang digunakan untuk mengelas sambungan bukan merupakan gangguan yang berarti bagi pemancangan. Akan tetapi penting untuk menahan/memegang sambungan tiang baja agar berada pada posisi yang benar ketika pengelasan berlangsung. *Jigs* dan *fixture* merupakan peralatan yang digunakan untuk menahan sambungan baja agar tetap berada pada posisinya. Sambungan yang dilas harus mampu meneruskan momen penuh dalam tiang (dan untuk pipa baja) biasanya merupakan las ujung penetrasi penuh di sekeliling permukaan pipa. Ilustrasi penyambungan tiang fondasi baja ditunjukkan pada Gambar 4.21.

c Penyambungan Fondasi Tiang Kayu

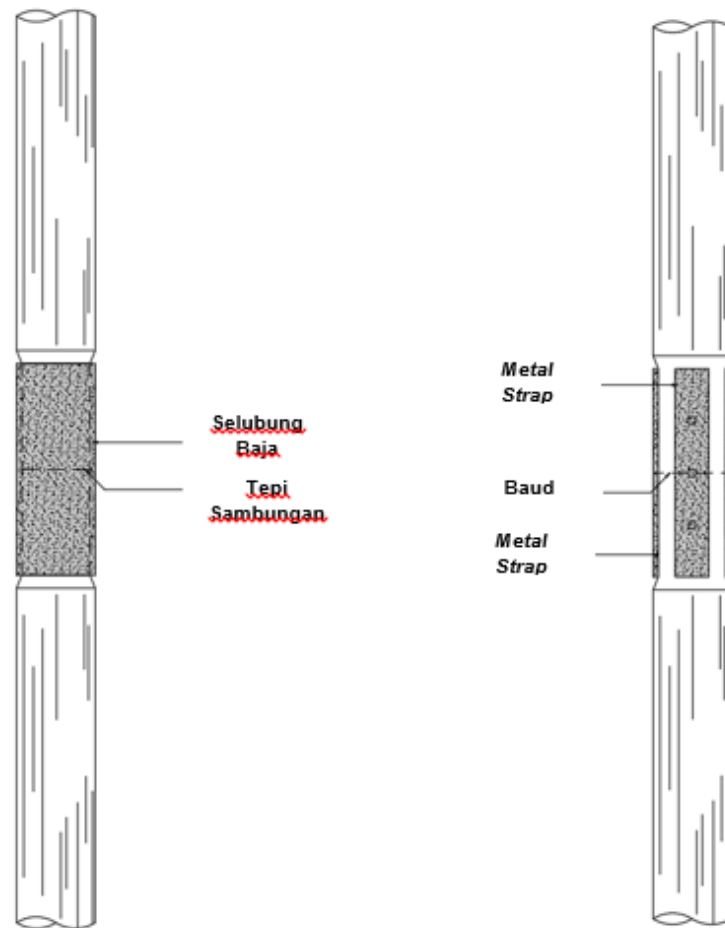
Apabila diperlukan untuk menggunakan tiang pancang yang terdiri dari dua batang atau lebih, permukaan ujung tiang pancang harus dipotong hingga tegak lurus terhadap panjangnya untuk menjamin bidang kontak seluas seluruh penampang tiang pancang. Pada tiang pancang yang digergaji, sambungannya harus diperkuat dengan kayu atau pelat selubung penyambung baja, atau profil baja seperti profil kanal atau profil siku yang dilas menjadi satu membentuk kotak yang dirancang untuk memberikan kekuatan yang diperlukan. Sambungan di dekat titik-titik yang mempunyai lendutan maksimum harus dihindarkan. Ilustrasi penyambungan tiang fondasi kayu ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4.20 - Sketsa penyambungan fondasi tiang beton



Gambar 4.21 - Sketsa penyambungan fondasi tiang baja



**Gambar 4.22 - Sketsa penyambungan fondasi tiang kayu**

#### **4.5.8.4 Penyimpanan dan Perlindungan Bahan**

Unit fondasi tiang beton dan baja harus ditempatkan bebas dari kontak langsung dengan permukaan tanah dan ditempatkan pada penyangga kayu di atas tanah keras yang tidak akan turun baik musin hujan maupun kemarau, akibat beban dari unit-unit tersebut. Penumpukan dari fondasi tiang tidak boleh lebih dari 3 lapis dimana disela-sela lapis tersebut perlu disangga terlebih dahulu dengan kayu. Penyangga harus dipasang pada jarak tidak lebih dari 20% dari ukuran panjang tiang fondasi yang diukur dari setiap ujung. Tiang dengan panjang berbeda tidak boleh ditumpuk bersama-sama.

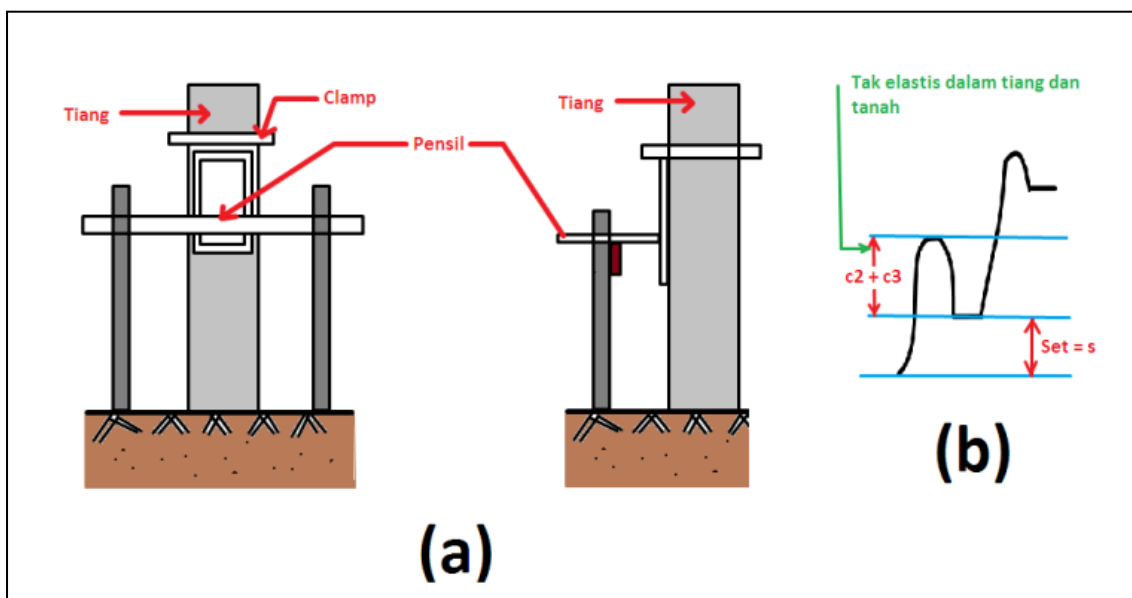
#### **4.5.8.5 Pengujian Kinerja Metode Pemancangan**

Setelah tahap pelaksanaan pemancangan fondasi selesai dilaksanakan maka diperlukan pengujian kinerja terhadap tiang untuk mengukur daya dukung aktual dan penurunan pada kedalaman rencana. Beberapa cara untuk mengukur kinerja dari fondasi tiang pancang adalah dengan cara melakukan kalendering, pengujian pembebanan statik atau dengan pengujian dinamik (PDA). Pelaksanaan pengujian pembebanan statik dapat merujuk pada sub bab 4.8.2 mengenai "Pengujian Aksial Tiang Dengan Metode Statik". Pelaksanaan pengujian dinamik (PDA) dapat merujuk pada sub bab 4.8.3 mengenai "Pengujian Aksial Tiang Metode Dinamik Dengan PDA Test".



Kalendering merupakan pencatatan jumlah pukulan *hammer* tiap penetrasi 50 cm dan pencatatan set pada akhir pemancangan yang umumnya dilakukan pada 10 pukulan terakhir. Kalendering atau *final set* sering digunakan untuk memperkirakan daya dukung tiang berdasarkan formula dinamik. Peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan pengujian kalendering itu relatif sederhana dimana peralatan yang dibutuhkan adalah alat tulis, kertas milimeterblock dan kayu yang digunakan sebagai pengarah. Tahapan pelaksanaan pengujian kalendering akan dijelaskan sebagai berikut:

- Kertas milimeter block ditempelkan pada tiang fondasi menggunakan alat perekat.
- Spidol yang ditumpukan (dipasang) pada kayu, kemudian ujung spidol ditempelkan pada kertas milimeterblock.
- Setelah persiapan tahap 1 dan 2 selesai dilakukan maka mulai dilakukan penumbukan menggunakan *hammer* pada bagian kepala tiang.
- Saat tahap 3 berlangsung, ada satu orang yang bertugas melakukan kalendering (menghitung jumlah pukulan).
- Setelah dilakukan 10 pukulan (penetrasi), maka pelaksanaan dihentikan terlebih dahulu untuk melihat hasil dari kalendering.
- Tahapan diatas dapat diulang apabila grafik yang dihasilkan dari kalendering tidak begitu bagus.



Gambar 4.23 - (a) Skema pelaksanaan kalendering; (b) Grafik pengujian kalendering

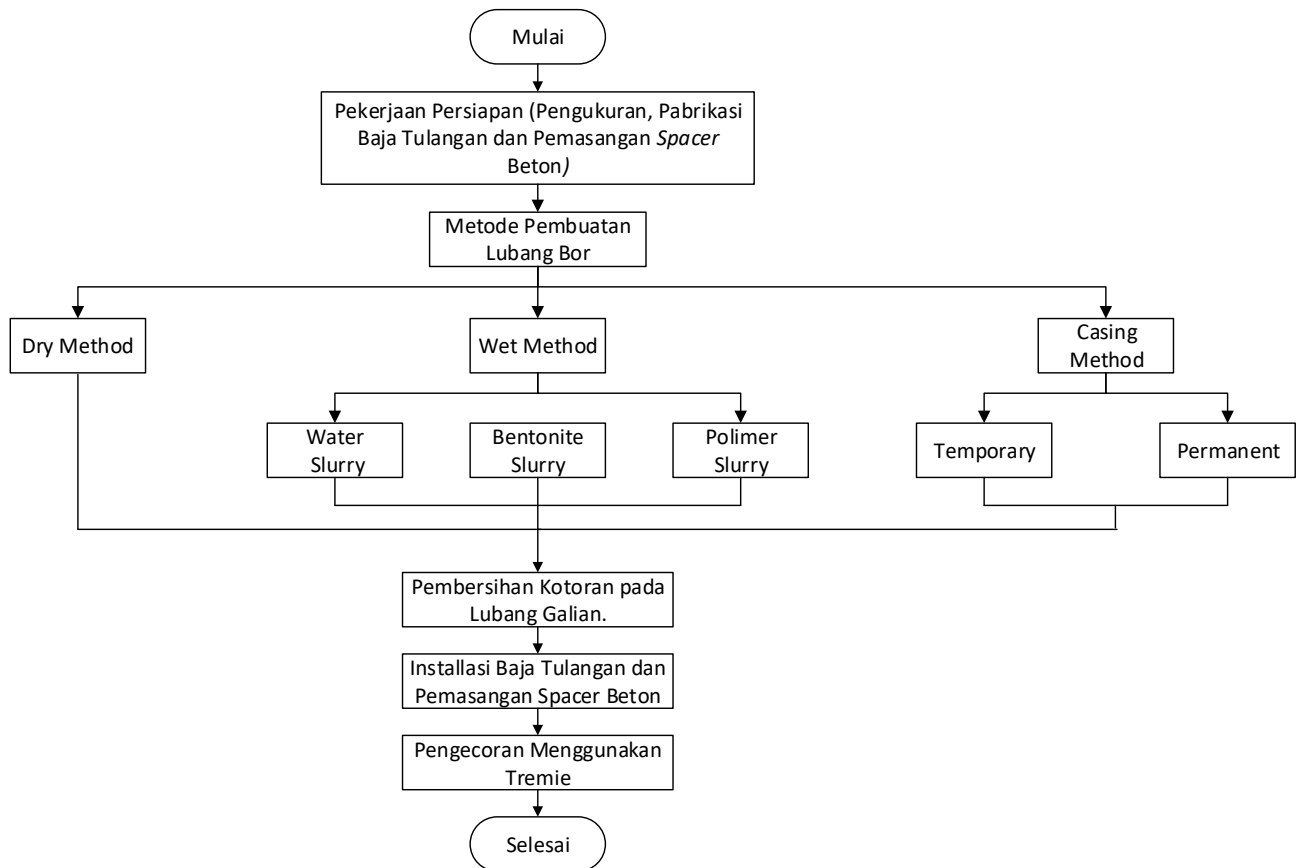
## 4.6 Pelaksanaan Fondasi Tiang Bor

### 4.6.5 Umum

Pekerjaan fondasi tiang bor dibutuhkan pengetahuan yang baik mengenai metode konstruksi dan teknik pelaksanaannya. Hal ini dikarenakan hasil pelaksanaan pekerjaan fondasi tiang bor sangat dipengaruhi oleh teknik pelaksanaannya. Beberapa faktor dalam pelaksanaan yang mempengaruhi kualitas tiang bor diantaranya yaitu: Mutu bahan beton, Metode pelaksanaan pembuatan lubang bor, pemasangan tulangan serta pengecoran pada lubang bor. Diagram

alir pelaksanaan pekerjaan fondasi tiang bor ditunjukkan pada Gambar 23. Terdapat beberapa toleransi yang perlu dipenuhi pada fondasi tiang bor seperti:

- a Kelengkungan tiang pancang beton cor langsung di tempat harus tidak boleh melampaui 1 % dari panjang suatu fondasi tiang dalam segala arah.
- b Garis tengah lubang bor tanpa *casing* harus – 0 % hingga + 5 % dari diameter nominal pada setiap posisi.



**Gambar 4.24 - Bagan alir pelaksanaan pekerjaan tiang bor**

#### 4.6.6 Material

Material yang digunakan pada fondasi tiang bor meliputi material beton dan baja tulangan. Selain kedua material utama tersebut terdapat material lainnya yang perlu diperhatikan mutunya seperti *slurry* (air, bentonite dan polimer) serta material casing yang digunakan. Berikut akan dijelaskan mengenai persyaratan material yang digunakan:

a Beton

Beton yang digunakan harus memenuhi Spesifikasi Umum yang berlaku. Pada pekerjaan fondasi tiang bor dimungkinkan menggunakan beton memadat sendiri (SCC) jika kedalaman pengecoran lebih dari 3 m.

b Baja Tulangan

Baja tulangan yang digunakan harus sesuai dengan SNI 2052:2017 mengenai “Baja tulangan beton”.

c Slurry

*Slurry* merupakan cairan yang digunakan untuk menstabilkan dinding lubang bor. Jenis *slurry* yang umum digunakan adalah air, mineral dan polimer. Berikut akan dijelaskan mengenai kedua jenis *slurry* tersebut.

1 Water Slurry

Air dapat digunakan pada pengeboran basah (*wet drilling*). Ada yang perlu diperhatikan apabila air digunakan dalam pengeboran basah yaitu menjaga perbedaan *head* muka air dalam lubang bor dan muka air tanah permukaan tidak boleh lebih dari 1m.

2 Mineral Slurry

*Mineral slurry* harus digunakan dengan sesuai dan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

**Tabel 4.5 - Spesifikasi dan rekomendasi penggunaan cairan mineral untuk konstruksi pengeboran**

Sifat Cairan (unit)	Disyaratkan	Metode Pengujian (API Metode Standar)
Kepadatan (lb/ft <sup>3</sup> )	64.3 hingga 72	<i>Mud Weight Density Balance</i> (API 13B-1)
Viskositas (sec/quart)	28 hingga 50	<i>Marsh Funnel and Cup</i> (API 13B-1)
pH	8 hingga 11	<i>Glass Electrode pH meter / pH Paper Strips</i>
Kandungan Pasir (Persen Volume)	≤ 4.0	<i>Sand Content</i> (API 13B-1)

**Sumber : AASHTO 2010**

Jika disetujui oleh pengawas pekerjaan, maka *slurry* dapat dicampur dengan air asin, dan densitas ijinya naik hingga 2 lb/ft<sup>3</sup>.

3 Polimer Slurry

*Polimer slurry* harus digunakan sesuai dengan rekomendasi pabrik. Hanya sistem sintesis *slurry* yang harus mendapat persetujuan dari pemilik pekerjaan. Persyaratan yang harus terpenuhi dalam penggunaan *polimer slurry* adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.6 - Spesifikasi dan rekomendasi penggunaan cairan polimer untuk konstruksi pengeboran**

Sifat Cairan (unit)	Disyaratkan	Metode Pengujian (API Metode Standar)
Kepadatan (lb/ft <sup>3</sup> )	≤ 64	<i>Mud Weight Density Balance</i> (API 13B-1)
Viskositas (sec/quart)	32 hingga 135	<i>Marsh Funnel and Cup</i> (API 13B-1)

Sifat Cairan (unit)	Disyaratkan	Metode Pengujian (API Metode Standar)
pH	8 hingga 11.5	<i>Glass Electrode pH meter / pH Paper Strips</i>
Kandungan Pasir (Persen Volume)	$\leq 1.0$	<i>Sand Content (API 13B-1)</i>

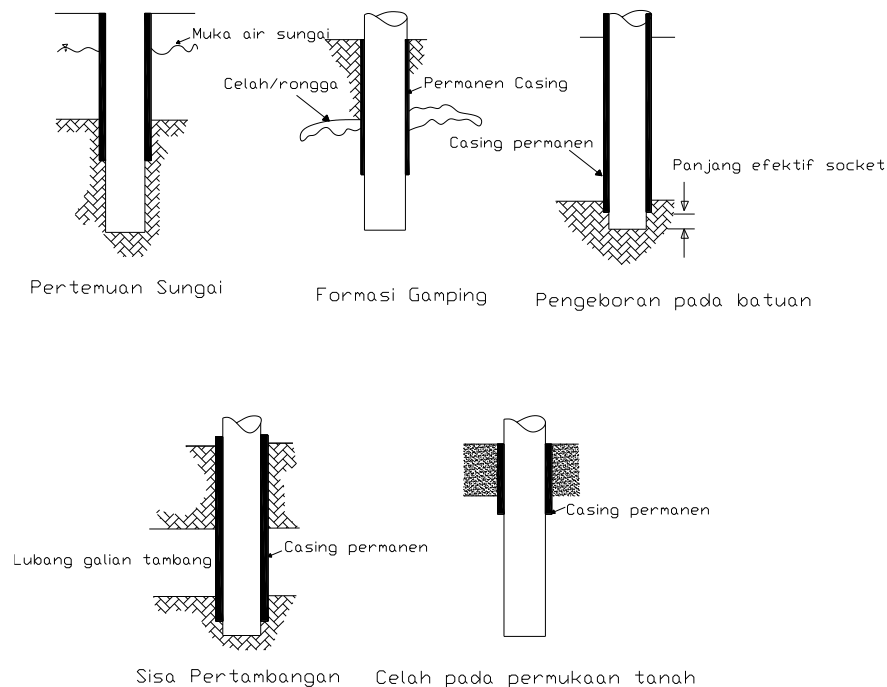
Sumber : AASHTO 2010

d Casing

*Casing* jenis permanen harus terbuat dari baja sesuai dengan ASTM A36 / A36M atau ASTM A252 Gr 2. Semua penyambungan (*splicing*) dari *casing* permanen harus sesuai AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, "Welded Connections".

*Casing* permanen harus memiliki kekuatan agar tahan terhadap kerusakan dan deformasi selama transportasi dan penanganan (*handling*), tekanan instalasi, dan semua tekanan dan gaya yang bekerja pada *casing*. Untuk *casing* yang bersifat sementara, *casing* jenis gelombang (*corrugated*) dapat digunakan.

*Casing* sementara merupakan baja yang memiliki lapisan permukaan halus, kecuali jenis pipa baja gelombang yang telah disetujui sebagai alternatif. *Casing* sementara harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan kerusakan dan deformasi dari transportasi dan tekanan penanganan, instalasi dan pengangkatan (*extraction*).



Gambar 4.25 - Contoh penggunaan *permanent casing*

#### 4.6.7 Peralatan

Pelaksanaan pengeboran sangat bergantung pada kondisi yang ada dilapangan baik kondisi tanah atau batuan maupun luas lahan untuk bekerja. Kondisi-kondisi tersebut menyebabkan perlunya memilih jenis peralatan dan perlengkapan yang sesuai untuk menjamin efektifitas dan mutu pekerjaan. Berikut ini akan dijelaskan mengenai peralatan dan perlengkapan mesin bor yang umum digunakan pada pekerjaan fondasi bor.

##### a Auger

Jenis alat pengeboran ini bisa digunakan untuk mengebor lubang di berbagai jenis dan kondisi tanah dan batuan. *Auger* akan efektif di tanah atau batuan yang memiliki kohesi seperti tanah lempung atau tanah lunak. *Auger* dilengkapi dengan pemotongan tepi bahwa dimana selama berotasi akan mengoyak tanah atau menghancurkan batu kemudian tanah atau batuan tersebut akan terangkat keatas permukaan dengan cara memutar balik dan mengangkat auger dari lubang bor. *Auger* tidak direkomendasikan pada lapisan tanah berupa pasir lepas. Beberapa jenis auger yang ada serta penggunaannya di jelaskan sebagai berikut:

##### 1 Single-Flight Earth Auger

*Single-flight earth auger* biasanya digunakan untuk pengeboran tanah yang tidak terlalu keras dan penetrasinya terjilang cepat.

##### 2 Double Flight Earth Auger

*Double flight auger* biasanya digunakan untuk menggali tanah keras yang tidak bisa digali dengan single flight auger.

##### 3 Large Diameter Auger dengan Double Cutting Edge

*Double-flight auger* umumnya digunakan untuk auger berdiamater besar dengan pemotong ujung berganda sehingga ketahanan saat penggalian pada pangkal alat lebih seimbang secara merata.

##### 4 Rock Auger

Merupakan *auger* yang dirancang khusus untuk batuan sehingga dapat digunakan untuk mengebor batu yang relatif lunak (*hard shale*, batu pasir, batu kapur, batuan yang terdekomposisi). Gigi pemotong yang keras dan mengerucut dan terbuat dari *tungsten carbide* sangat cocok digunakan untuk pengeboran batuan.



**Gambar 4.26 - Beberapa jenis auger; A) *Single flight auger* ; B) *Double flight auger* ; C) *Large diameter auger* dengan *double cutting edge* ; D) *rock auger***

b Core Barrel

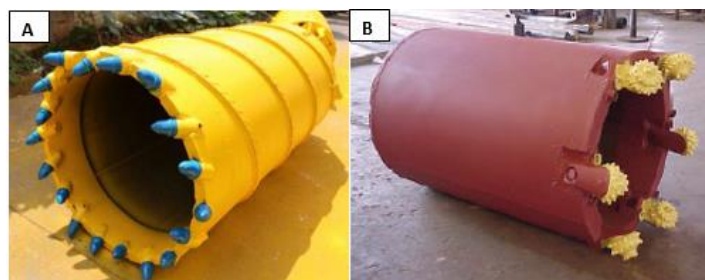
*Core barrel* merupakan salah satu alat yang digunakan untuk membuat lubang bor pada batuan. Pada prinsipnya cara kerja *core barrel* adalah memutar masuk seperti melakukan pengeboran biasa lalu hasil galiannya akan masuk kedalam tabung yang kemudian hasil galiannya akan dikeluarkan.

1 Single Wall Core Barrel

*Single core barrel* adalah tabung baja silinder tunggal dengan gigi logam keras di tepi bawah untuk memotong batu, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4.27A. *Core barrel* sederhana ini tidak memiliki sarana untuk langsung mengeluarkan batu dari permukaan galian. Jenis gigi pemotong yang ditunjukkan pada Gambar 4.27A digunakan untuk menggali material *soft rock*.

2 Double Wall Core Barrel

Jika batu itu keras dan dibutuhkan data penetrasi yang signifikan pada batu tersebut, penggunaan *double wall core barrel* akan lebih efektif. *Double wall core barrel* ditunjukkan pada Gambar 4.27B.



**Gambar 4.27 - Core barrel; A) *Single wall core barrel* ; B) *Double wall core barrel***

c Peralatan pembersih lubang

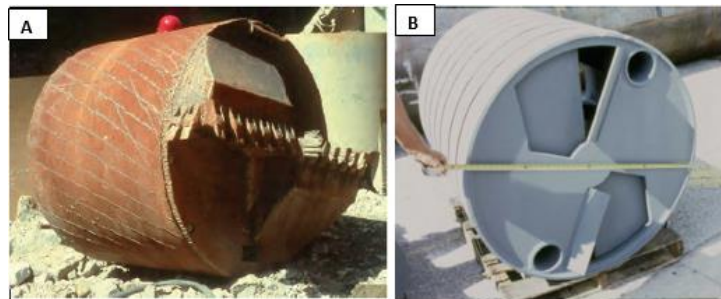
Peralatan pembersih lubang merupakan peralatan yang digunakan untuk membersihkan material hasil galian yang masih terdapat dalam lubang bor. Terdapat dua jenis peralatan pembersih lubang yaitu *drilling bucket* yang berfungsi untuk mengangkat sisa pengeboran dan *base cleaning bucket* untuk membersihkan dasar lubang bor.

1 *Drilling Bucket* untuk mengangkat sisa pengeboran

*Drilling bucket* pada umumnya digunakan untuk mengangkat hasil galian dari dalam lubang yang telah dibor sebelumnya. Pada dasarnya *bucket* ini digunakan untuk mengangkat tanah atau material batuan lepas atau hancur. *Drilling bucket* jenis ini ditunjukkan pada Gambar 4.28A dibawah ini.

2 *Base Cleaning Bucket* untuk membersihkan dasar lubang bor

*Base cleaning bucket* jenis dirancang untuk membersihkan dasar pengeboran bahkan ketika ada air atau lumpur di dalam lubang pengeboran. *Bucket* jenis ini dapat juga disebut *base cleaning bucket* dimana, bagian dasarnya dilengkapi dengan pisau pemotong. *Base cleaning bucket* ditunjukkan pada Gambar 4.28B dibawah ini.



**Gambar 4.28 - *Drilling bucket*; A) Mengangkut sisa pengeboran ; B) Membersihkan dasar lubang bor**

#### 4.6.8 Metode Pelaksanaan Lubang Bor

Metode pengeluaran kotoran hasil bor dikeluarkan dengan dua metode yaitu *reverse circulation drilling* dan *rotary drilling*, pada pedoman ini hanya menjelaskan metode *rotary drilling* untuk mengeluarkan kotoran hasil pembuatan lubang bor.

Pelaksanaan pembuatan lubang bor dalam pekerjaan fondasi tiang bor pada umumnya terbagi menjadi tiga metode, ketiga jenis metode tersebut yaitu:

- a Metode kering (*Dry Method*)
- b Metode basah/jikas (*Wet Method/Wash Boring Method*)
- c Metode dengan menggunakan *casing* (*Casing method*)

1 Metode Kering (*Dry Method*)

Metode kering (*Dry Method*) merupakan metode pengeboran dimana tanah yang sesuai dengan metode ini adalah tanah kohesif dan tanah dengan elevasi muka air tanah yang berada di bawah dasar lubang bor. Selain itu, metode kering juga

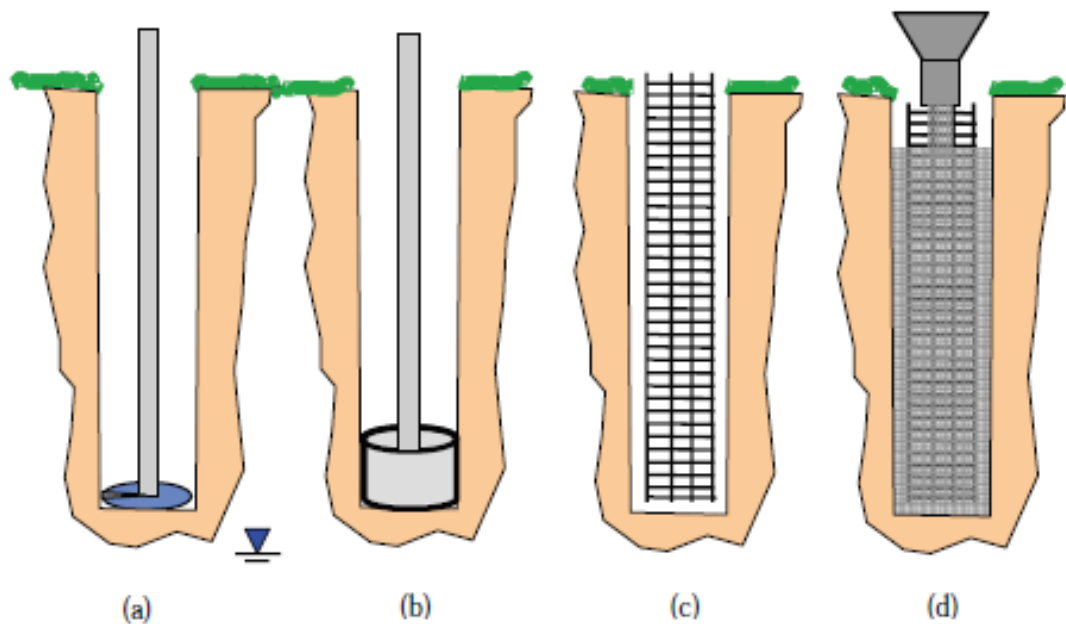
dapat digunakan untuk tanah yang memiliki nilai permeabilitas tanah yang kecil sehingga pengecoran beton dapat dilakukan sebelum air tanah masuk ke dalam lubang bor (Rahardjo, 2013). Contoh lubang hasil galian dari hasil pelaksanaan metode kering ditunjukkan pada Gambar 4.29 berikut ini.



**Gambar 4.29 - Lubang hasil galian menggunakan metode kering**

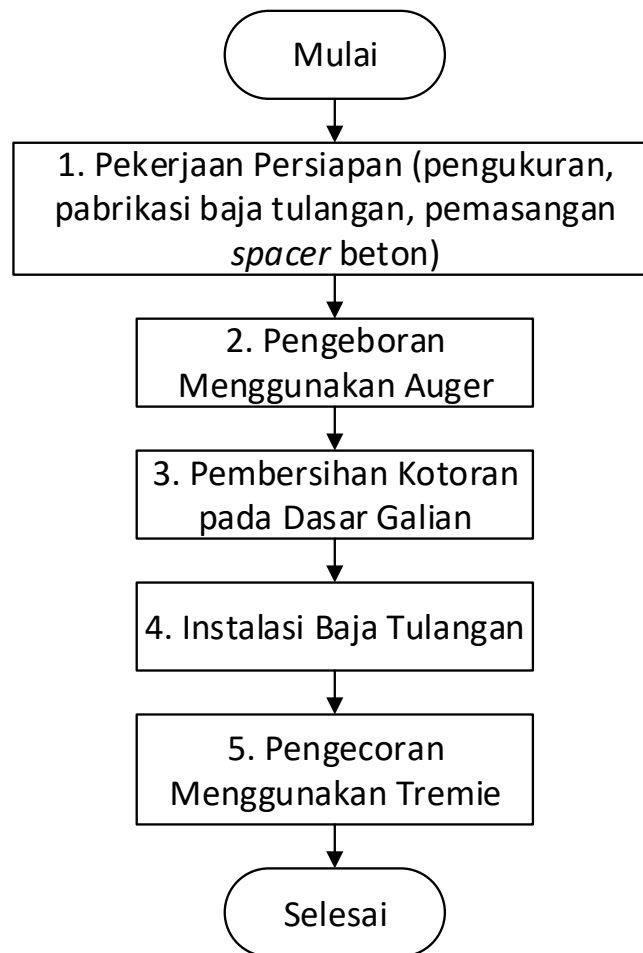
Beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika saat pengeboran berlangsung terdapat muka air pada elevasi pengeboran diantaranya:

- a). Stabilitas dari galian terganggu oleh adanya rembesan.
- b). Jumlah rembesan yang terjadi dapat mempengaruhi mutu beton.



**Gambar 4.30 - Metode konstruksi kering ; (a) Pengeboran, (b) Pembersihan lubang, (c) Pemasangan tulangan, (d) Pengecoran (FHWA, 2010)**





**Gambar 4.31- Bagan alir pelaksanaan metode kering (*dry method*)**

Pada Gambar 4.30 dan bagan alir pada Gambar 4.31 menjelaskan mengenai metode pelaksanaan dengan menggunakan metode kering (*dry method*), urutan pelaksanaan pekerjaan tersebut adalah sebagai berikut:

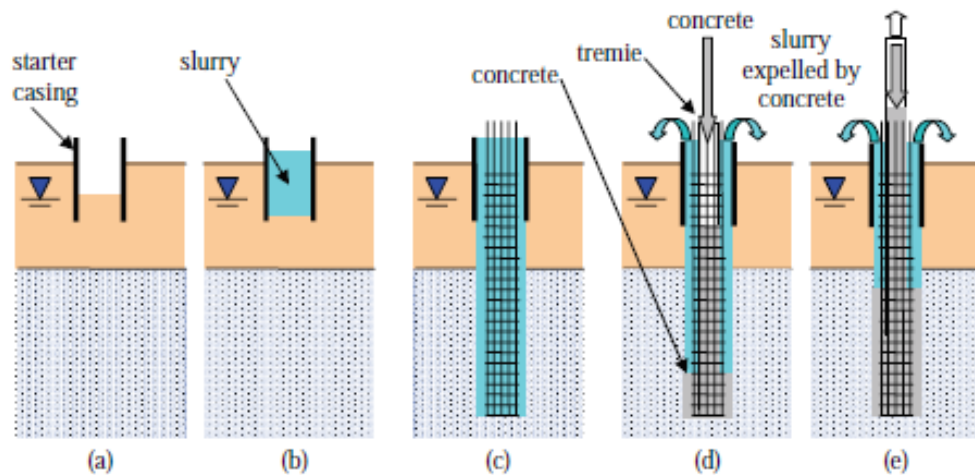
- a). Pekerjaan persiapan meliputi pekerjaan pengukuran, pabrikasi baja tulangan dan pemasangan *spacer* beton. Setelah baja tulangan selesai dipabrikasi sesuai dengan gambar rencana lalu baja tulangan dipasangi *spacer* beton yang bertujuan untuk menjaga agar tulangan tidak bersentuhan langsung dengan permukaan galian. Ketebalan *spacer* beton harus memenuhi persyaratan pada bab material mengenai “selimut beton”.
- b). Pengeboran dilakukan dengan menggunakan *auger* dimana jenis *auger* perlu diperhatikan sesuai dengan kondisi tanah yang ada di lokasi pekerjaan.
- c). Setelah pengeboran selesai maka lubang hasil galian perlu dibersihkan dengan menggunakan *bucket* dan pada dasar lubang bor menggunakan *cleaning bucket*.
- d). Pemasangan baja tulangan kedalam lubang hasil pengeboran dilakukan secara hati-hati dan perlu diperhatikan ketegakannya saat setelah masuk kedalam lubang bor.

- e). Pengecoran dilakukan dengan cara pengecoran vertikal dimana tinggi jatuh dari beton segar harus selalu dijaga pada ketinggian 1,5 m dari dasar lubang. Tujuan dari menjaga tinggi jatuh tersebut adalah agar tidak terjadi segregasi pada beton. Sampai kedalaman 3 m dari permukaan beton yang dicor, beton harus digetarkan dengan alat penggetar jika menggunakan jenis beton biasa, sedangkan untuk kedalaman lebih dari 3 meter harus menggunakan beton memadat sendiri (SCC) dan tidak diperlukan penggetaran.

## 2 Metode Basah (*Wet Method*)

Metode ini diperlukan untuk kondisi apabila runtuh tanah atau deformasi lateral yang berlebih dalam lubang bor dapat terjadi (Rahardjo, 2013). Proses pembuatan lubang bor dengan metode ini dilakukan dengan cara melakukan pengeboran dengan memasukkan *slurry* (cairan). *Slurry* yang digunakan dapat berupa bentonite atau polimer. Berikut ini beberapa kondisi metode basah (*wet method*) dapat digunakan:

- Pada lubang tempat pengeboran ditemukan pasir atau lapisan kedap yang dapat menyebabkan keruntuhan atau lubang bor menjadi tidak stabil.
- Terdapat lapisan yang tidak stabil, jika menggunakan *casing* temporer terlalu panjang sehingga sulit untuk diangkat.



**Gambar 4.32 - Proses pengeboran basah: (a) Pasang casing, (b) Isi lubang bor dengan slurry, (c) Bersihkan lubang bor dan pasang tulangan, (d) Tempatkan beton pada tremie, (e) Angkat tremie ketika beton dituangkan (FHWA, 2010)**



**Gambar 4.33 - Bagan alir pelaksanaan metode basah (*wet method*)**

Pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33 menjelaskan mengenai metode pelaksanaan dengan menggunakan metode basah (*wet method*), urutan pelaksanaan pekerjaan tersebut adalah sebagai berikut:

- a). Pekerjaan persiapan meliputi pekerjaan pengukuran, pabrikasi baja tulangan dan pemasangan *spacer* beton. Setelah baja tulangan selesai dipabrikasi sesuai dengan gambar rencana lalu baja tulangan dipasangi *spacer* beton yang bertujuan untuk menjaga agar tulangan tidak bersentuhan langsung dengan permukaan galian. Ketebalan *spacer* beton harus memenuhi persyaratan pada bab material mengenai “selimut beton”.
- b). Pengeboran pertama-tama dilakukan sedalam 1,5 m. Tujuan pengeboran awalan ini adalah untuk memudahkan pemasangan *surface casing*.
- c). Setelah pengeboran tahap awal selesai dilakukan (dengan kedalaman 1,5 m pertama) selanjutnya dilakukan pemasangan *surface casing* sedalam 1,5 m. Tujuan pemasangan *surface casing* adalah agar saat pengeboran tahap selanjutnya dilakukan, permukaan galian tidak mengalami kelongsoran.

- d). Pengeboran tahap selanjutnya dilakukan dengan menggunakan bantuan *slurry* (baik menggunakan bentonite maupun polimer). *Auger* yang digunakan untuk pengeboran metode basah ini menggunakan auger berjenis *bypass slurry* dimana pada tepi mata bornya terdapat lubang untuk mengeluarkan *slurry*. Penggunaan *slurry* pada tahap pengeboran dengan metode basah adalah untuk menjaga stabilitas dari lubang bor.
- e). Setelah pengeboran selesai maka lubang hasil galian perlu dibersihkan terlebih dahulu dari material galian dengan menggunakan *cleaning bucket*.
- f). Baja tulangan yang selalai dipabrikasi lalu dimasukkan ke dalam lubang yang telah dibor. Pastikan bahwa lubang bor sudah dibersihkan sebelum baja tulangan dimasukkan ke dalam lubang bor.
- g). Pengecoran dilakukan dengan cara pengecoran vertikal dimana tinggi jatuh dari beton segar harus selalu dijaga pada ketinggian 1,5 m dari dasar lubang. Tujuan dari menjaga tinggi jatuh tersebut adalah agar tidak terjadi segregasi pada beton. Sampai kedalaman 3 m dari permukaan beton yang dicor, beton harus digetarkan dengan alat penggetar jika menggunakan jenis beton biasa, sedangkan untuk kedalaman lebih dari 3 meter harus menggunakan beton memadat sendiri (SCC) dan tidak diperlukan penggetaran.
- h). Setelah pengecoran selesai dilakukan, maka dilanjutkan dengan pengangkatan (*extraction*) *surface casing*.

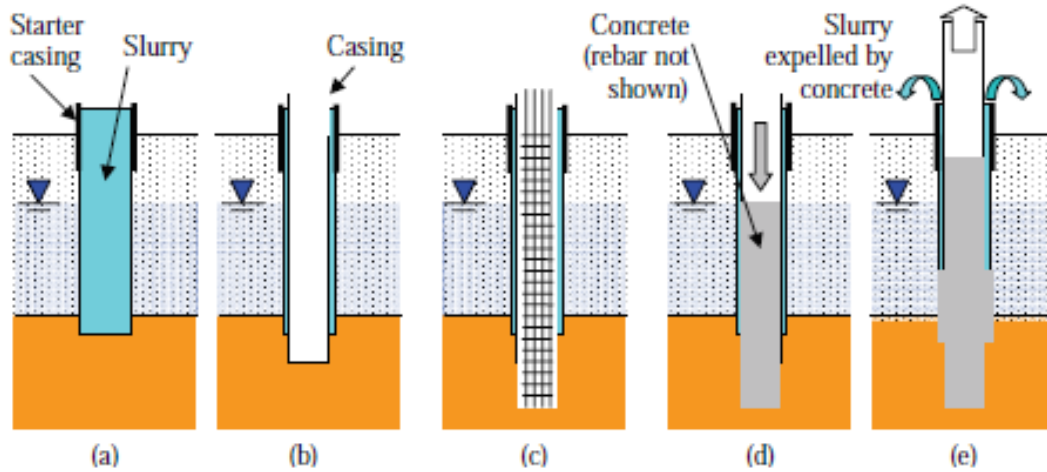
Ada beberapa catatan yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengeboran dengan cara metode basah (*wet method*) seperti berikut ini:

- a). Penyedia perlu memperhatikan proses *recycling* dari penggunaan *slurry*;
- b). Penyedia perlu memperhatikan masalah pembuangan dari *slurry* yang sudah tidak digunakan karena dapat berpengaruh terhadap lingkungan sekitar atau dapat menyebabkan pencemaran.

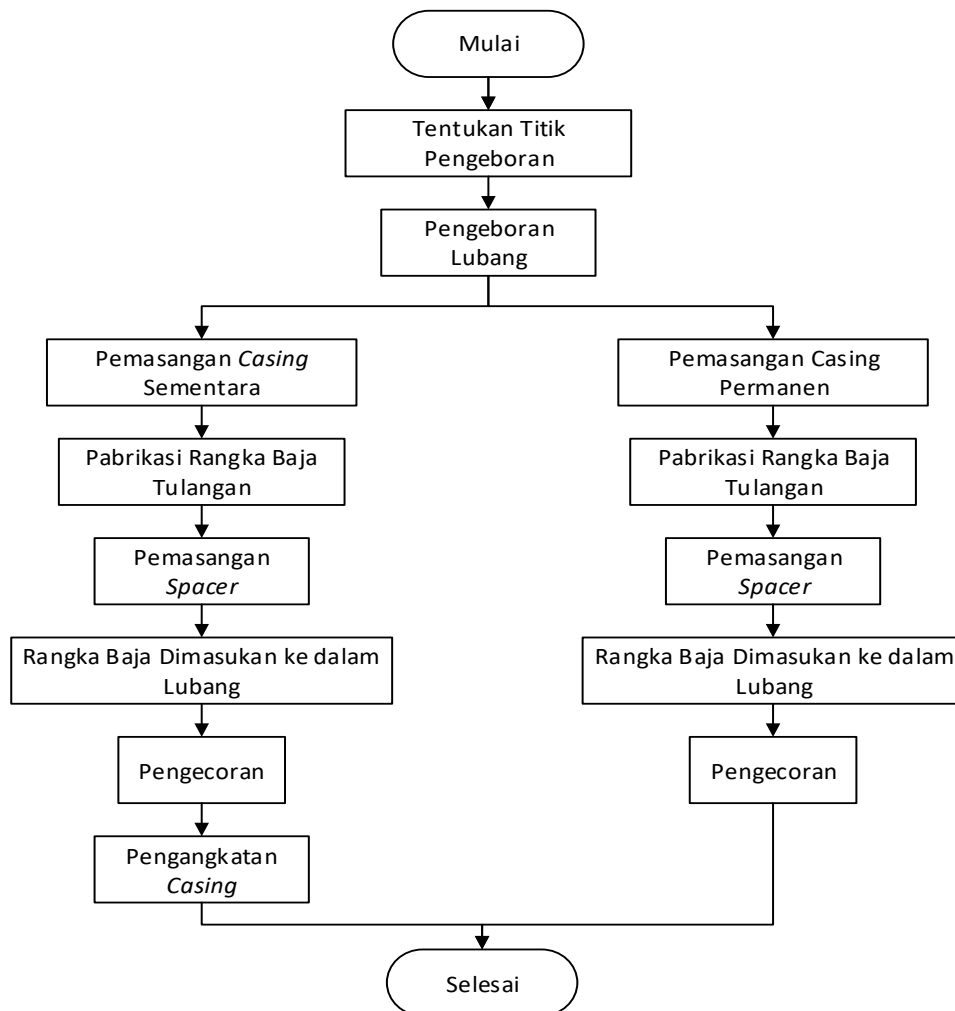
### 3 Metode Dengan Menggunakan *Casing* (*Casing Method*)

Metode ini digunakan pada kondisi lapisan tanah/batuan yang berongga atau memiliki celah yang dapat menyebabkan keruntuhan saat dilakukannya pengeboran. *Casing* juga dapat digunakan untuk memperpanjang pengeboran melewati muka air atau lapisan kedap untuk mencapai lapisan yang lebih stabil. *Casing* yang digunakan umumnya berupa pipa baja dengan diameter lebih besar dari diameter lubang yang diinginkan. *Casing* tersebut dapat berupa *casing* permanen atau *casing* sementara. Akan tetapi karena keberadaan *casing* dapat mengurangi daya dukung friksi, akan lebih baik jika *casing* bersifat sementara. Untuk mengatasi berkurangnya daya dukung akibat *casing*, dapat digunakan sistem *grouting* di sekitar sisi *casing*.

Pemasangan *casing* bisa dilakukan dengan cara dipancang, penggetaran, atau mendorong *casing*. Metode ini digunakan pada lubang yang bagian atas nya relatif lemah, kondisi dalam air, dan *artesian condition* (terdapat aliran air). Keberadaan *casing* berfungsi sebagai acuan pengeboran, memberi perlindungan terhadap pekerja dan mencegah keruntuhan tanah ke dalam lubang. Akan tetapi kedalaman masuknya *casing* terbatas dan *casing* relatif mahal. Pengeboran dengan metode *casing* dapat dilakukan pada kondisi kering maupun kondisi basah tergantung kondisi di lapangan. Adapun tahapan pengerjaan pengeboran dengan metode *casing* yang ditunjukkan pada Gambar 4.33.



**Gambar 4.34 - Proses pengeboran dengan casing: (a) Pengeboran menggunakan slurry, (b) Pasang casing dan keluarkan slurry, (c) Bersihkan lubang bor dan pasang tulangan, (d) Lakukan pengecoran dan Usahakan elevasi coran lebih tinggi dari elevasi muka air, (e) Angkat casing apabila pengecoran selesai (FHWA, 2010)**



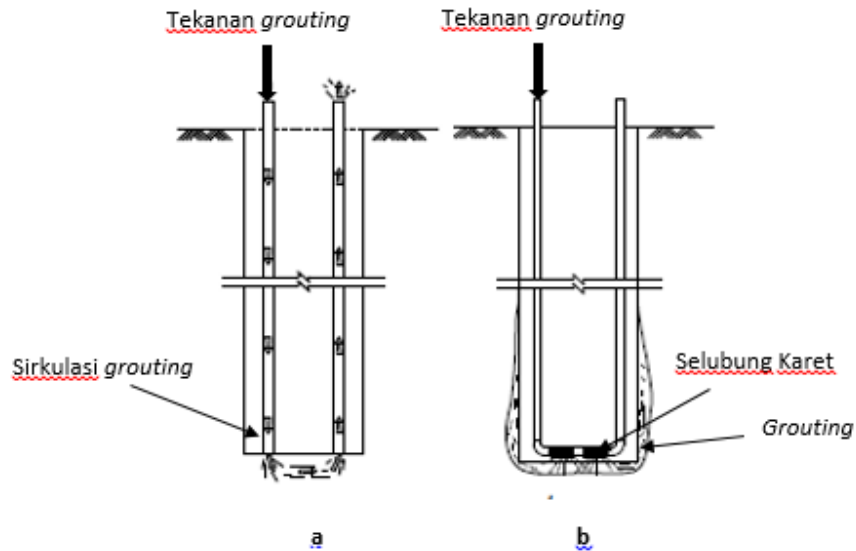
**Gambar 4.35 - Bagan alir pelaksanaan metode casing (casing method)**

Berikut ini tahapan pelaksanaan pekerjaan fondasi tiang bor dengan menggunakan metode *casing* (*casing method*):

- a). Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan titik pengeboran.
- b). Pengeboran dilakukan dengan menggunakan *auger* yang sesuai dengan kondisi lapisan tanah.
- c). *Casing* dipasang secara bertahap sesuai dengan kedalaman pengeboran. Kondisi ini berlaku untuk kedua jenis *casing* baik yang bersifat sementara maupun permanen.
- d). Pemasangan *casing* dapat dilakukan secara dipancang, digetar maupun ditekan lalu diputar.
- e). Setelah pengeboran selesai maka lubang hasil galian perlu dibersihkan terlebih dahulu dari material galian dengan menggunakan *cleaning bucket*.
- f). Pabrikasi baja tulangan bisa dilakukan bersamaan dengan proses pengeboran dan pembersihan lubang galian.
- g). Setelah baja tulangan selesai dipabrikasi sesuai dengan gambar rencana lalu baja tulangan dipasang *spacer* beton yang bertujuan untuk menjaga agar tulangan tidak bersentuhan langsung dengan permukaan galian.
- h). Baja tulangan yang selesai dipabrikasi dan dipasang *spacer* beton dimasukkan kedalam lubang yang telah digali.
- i). Tulangan diatur sedemikian rupa agar tegak dan tidak miring lalu dilanjutkan dengan proses pengecoran dengan menggunakan pipa tremie. Tinggi jatuh dari beton segar harus selalu dijaga pada ketinggian 1,5 m dari dasar lubang. Tujuan dari menjaga tinggi jatuh tersebut adalah agar tidak terjadi segregasi pada beton. Sampai kedalaman 3 m dari permukaan beton yang dicor harus digetarkan dengan alat penggetar jika menggunakan jenis beton biasa, sedangkan untuk kedalaman lebih dari 3 meter harus menggunakan beton memadat sendiri (SCC) dan tidak diperlukan penggetaran.
- j). Untuk *casing* yang bersifat sementara (*temporary casing*), setelah pengecoran selesai dilakukan maka *casing* tersebut diangkat dari lubang galian.
- k). Untuk *casing* yang bersifat permanen (*permanent casing*), setelah pengecoran selesai dilakukan maka *casing* dibiarkan menyatu bersama beton menjadi bagian struktur dari fondasi tersebut.

#### 4.6.9 Grouting Dasar Fondasi Tiang Bor

Penggunaan dari *grouting* pada dasar lubang bor biasanya dilakukan setelah beton selesai dirawat (*curing*). Selain itu, *grouting* pada dasar lubang pengeboran bertujuan untuk meningkatkan tahanan ujung baik pada tanah berbutir. Pengeboran dilakukan seperti pada umumnya dan kemudian *grouting* diinjeksi dengan tekanan yang tinggi sesuai dengan yang disyaratkan dalam perencanaan. Metode *grouting* pada dasar lubang bor dibagi menjadi dua jenis yaitu *flat-jack method* dan *tube-a-manchette method*. Perbedaan antara *flat-jack method* dan *tube-a-manchette* adalah dari pipa yang digunakan untuk menyalurkan *grouting*. Pada *flat jack* biasanya terdiri dari tabung untuk menyalurkan *grouting* menuju pelat baja, dimana pelat tersebut dilapisi oleh membran karet pada bagian bawahnya. *Tube-a-manchette* biasanya terdapat 2 hingga 4 sirkuit (lubang) pipa *grouting* yang membentuk U dan tersusun dalam berbagai macam konfigurasi. Pipa U pada *manchette* biasanya ditutup terlebih dahulu dengan menggunakan selubung karet agar saat pengecoran lubang bor, beton tidak masuk kedalam lubang-lubang yang terdapat pada pipa U.



Gambar 4.36 - Flat-jack method ; b. Tube-a-manchette method

## 4.7 Pengujian Fondasi Tiang

### 4.7.5 Umum

Pengujian Pembebanan fondasi tiang dilakukan untuk memastikan kapasitas fondasi tiang terhadap beban, menentukan dan memastikan parameter desain yang digunakan dan melakukan verifikasi integritas fondasi tiang. Hal ini perlu dilakukan karena setiap fondasi tiang disuatu pekerjaan perilakunya sangat tergantung dari geologi lokal dan prosedur detail pekerjaan, sehingga menjadi sangat sulit untuk memprediksi secara akurat kekuatan dan batas kemampuan layan suatu tiang dari metode desain standar. Pengujian tiang yang dilakukan dalam kondisi yang lebih realistis memberikan hasil yang lebih akurat untuk memprediksi performa dan keandalan suatu fondasi tiang. Pengujian harus dilakukan dengan acuan SNI 8460-2017 (SNI Geoteknik) dan dilaksanakan berdasarkan ASTM edisi terakhir.

Pengujian tiang dibagi menjadi dua bagian yaitu pengujian terhadap daya dukung dan integritas (keutuhan) dari tiang fondasi. Secara garis besar pengujian daya dukung dibagi menjadi metode statik dan dinamik. Pengujian integritas (keutuhan) dari tiang fondasi yang umum dilakukan adalah dengan PIT (*Pile Integrity Test*) dan CSL (*Crosshole Sonic Logging*). Berikut ini jenis pengujian fondasi tiang berdasarkan jenis fondasinya ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 - Jenis pengujian tiang berdasarkan jenis fondasinya

Pengujian	No	Metode	Arah	Jenis Pengujian		Jenis Tiang
Daya Dukung	1	Statik	Axial	Static Loading Test	1. Metode Beban Mati ( <i>Kentledge</i> )	Tiang Pancang dan Tiang Bor
					2. Metode Tiang Reaksi ( <i>Reaction Pile</i> )	
	3. Metode Kombinasi Beban Mati dan Tiang Reaksi					
	4. BDLT ( <i>Bidirectional Loading Test</i> )	Tiang Bor				
-	-	-	Lateral	Lateral Loading Test	1. Metode Tiang Reaksi ( <i>Reaction Pile</i> )	Tiang Pancang dan Tiang Bor
					2. Metode <i>Deadman / Weight Platform</i>	Tiang Pancang dan Tiang Bor
Integritas	2	Dinamik	Axial	PDA Test	-	Tiang Pancang dan Tiang Bor
	1	-	-	PIT ( <i>Pile Integrity Test</i> )	-	Tiang Pancang dan Tiang Bor
-	2	-	-	CSL ( <i>Crosshole Sonic Logging</i> )	-	Tiang Bor

Berikut ini jumlah pengujian minimum pada fondasi tiang baik untuk pengujian untuk mengukur daya dukung fondasi maupun untuk pengujian integritas.

a Pengujian Pembebanan Aksial

- 1 Untuk fondasi tiang bor (*bored pile*), minimum satu tiang percobaan untuk setiap 75 tiang yang ukuran penampangnya sama.
- 2 Untuk fondasi tiang pancang (*driven pile*), minimum satu tiang percobaan untuk setiap 100 tiang yang ukuran penampangnya sama.
- 3 Untuk fondasi tiang bor yang jumlahnya kurang dari 75 dan atau fondasi tiang pancang yang jumlahnya kurang dari 100, maka minimum satu tiang percobaan dilakukan setiap ukuran penampang yang sama.

b Pengujian Pembebanan Lateral

Dalam hal jumlah tiang percobaan beban aksial lebih besar dari 6 tiang percobaan maka maksimal 2 dari jumlah tersebut dapat dipakai kembali untuk percobaan beban horisontal.

c Pengujian Pembebanan Dinamik

Uji pembebanan dinamik hanya digunakan sebagai pembanding dari percobaan beban aksial tekan, dimana harus terdapat minimal 1 tiang yang sama untuk setiap penampang tiang yang diuji statik dan dinamik untuk kemudian hasilnya dikorelasikan.

d Pengujian Integritas

1 PIT

Jumlah tiang percobaan adalah minimal 1 tiang untuk setiap 5 tiang dengan penampang yang sama, namun untuk struktur jalan, jembatan dan struktur memanjang lainnya sebaiknya dilakukan pada setiap *pier*, *abutment* dan *pile slab*.

2 CSL

Jumlah tiang percobaan adalah minimum satu tiang untuk setiap 20 tiang dengan penampang yang sama.

#### 4.7.6 Pengujian Aksial Tiang Dengan Metode Statik

Uji pembebanan fondasi tiang dilaksanakan pada seluruh struktur dengan standar ASTM D1143. Pengujian Aksial Tiang dengan metode statik terdapat 4 cara yaitu metode beban mati (*Kentledge*), metode tiang reaksi (*Reaction Pile*), metode kombinasi (beban mati dan tiang reaksi) dan metode beban statik dengan cell 2 arah (*Bi-directional Static Load Test*). Uji pembebanan dilakukan pada posisi *cut-off-level* (COL) dimana beban ujinya harus terukur dengan alat pengukur beban terkalibrasi (*load cell*) dan juga alat ukur tekanan pada sistem hidrolik yang terkalibrasi (*pressure gauge*). Jika pembebanan dilakukan di muka tanah eksisting, perlu dilakukan perlakuan khusus agar dapat dipastikan beban bekerja pada panjang efektif tiang dan koreksi terhadap friksi di atas COL.

a Peralatan Pengujian Beban Aksial Tiang

Peralatan yang digunakan untuk pengujian dengan metode *reaction pile* dan *kentledge* meliputi:



- 1 *Hydraulic jack*, *hydraulic jack* yang digunakan harus memiliki kapasitas minimal lebih besar dari 20 % dari beban uji yang direncanakan.
- 2 *Hydraulic pump*, menjadi satu kesatuan dengan *hydraulic jack*.
- 3 *Transfer beam*, *beam* penyangga yang digunakan haruslah memiliki kekuatan dan kekakuan yang mencukupi agar tidak terjadi kegagalan saat pengujian.
- 4 *Reference beam*, harus memiliki kekakuan yang cukup agar tidak bergerak saat pengujian. Letak kakian untuk balok referensi haruslah cukup jauh dari tiang uji (minimal 1.5 meter dari tepi tiang uji) agar tidak terganggu saat tiang diberi beban.
- 5 *Load cell*, instrumen *load cell* digunakan untuk mengukur beban aktual yang diterima oleh tiang uji secara akurat. *Load cell* sebaiknya digunakan apabila beban uji melebihi 100 ton.
- 6 *Pressure gauge* (manometer), digunakan untuk mengontrol tekanan oli yang diberikan oleh *hydraulic pump* pada *hydraulic jack* dan juga untuk menghitung korelasi beban yang diberikan kepada tiang.
- 7 *Dial gauge*, dipasang secara vertikal dan digunakan untuk mengukur besarnya penurunan yang terjadi pada tiang saat diberikan beban aksial. Umumnya digunakan dua buah *dial gauge* setiap tiang uji.
- 8 *Steel plate*, digunakan sebagai tatakan permukaan tiang yang kurang rata agar tekanan *hydraulic jack* dapat tegak lurus pada permukaan tiang.
- 9 *Telltale*, digunakan pada pengujian dengan jenis tiang bor yang berfungsi untuk indikator penurunan ujung tiang.
- 10 Skala Cermin dengan referensi kawat/benang, digunakan untuk mengukur penurunan sebagai pembanding, hasil pembacaan penurunan *dial gauge*.
- 11 Skala Survey, digunakan untuk mengukur penurunan dengan menggunakan alat theodolite.

b Persiapan Pengujian Beban Aksial Tiang

Beberapa hal yang harus diperhatikan pada pelaksanaan percobaan pembebanan Aksial adalah sebagai berikut:

- 1 Setelah tiang selesai dipancang diamankan selama 3 - 30 hari sebelum pengujian dilakukan.
- 2 Untuk tiang-tiang beton "*cast in place*" pengujian dapat dilakukan usia beton mencukupi disamping mungkin ada persyaratan lainnya.
- 3 Hal lain yang perlu diperhatikan adalah berapa panjang tiang menonjol diatas tanah, pada prinsipnya penonjolan ini harus sependek mungkin untuk menghindari kemungkinan terjadinya tekuk, untuk *loading test* yang dilakukan didarat, maka sebanyak tinggi bagian yang menonjol ini tidak boleh lebih dari 1 m, sedangkan *loading test* yang dilakukan ditengah sungai, dimana air cukup dalam, maka tiang dapat saja menonjol beberapa meter diatas HWL tetapi dengan catatan harus ada kontrol terhadap kemudian terjadinya tekuk.

- 4 Untuk *loading test* yang dilakukan dengan menggunakan tiang-tiang ankur tertentu, untuk menjaga kemungkinan tercabutnya tiang ankur tersebut terutama tiang friksi.
  - 5 Percobaan pembebanan (*loading test*) yang menggunakan *hidrolik jack*, maka *jack* harus ditempatkan pada tempat yang terlindung dari sinar matahari, karena *jack* ini diletakan pada tempat yang panas, maka *pile jack* tersebut memuai yang akan mengakibatkan tidak konstan atau beban bertambah besar.
- c. Prosedur Pembebanan Pengujian Aksial Tiang

Pembebanan pengujian aksial dilakukan berdasarkan, ASTM D1143 / SNI 03-6476-2000 "Metode Uji Fondasi Tiang dengan Beban Statis Tekan Aksial". Tahapan dalam pembebanan adalah sebagai berikut:

- 1 Setelah tahap persiapan dilakukan, maka dilakukan prosedur pembebanan sebagai berikut :
  - a). Prosedur *Quick Test* yaitu pembebanan yang dilakukan dengan memberikan kenaikan beban 5 % dari beban rencana ultimit. Lakukan penambahan beban dengan kontinyu hingga beban rencana ultimit, durasi pembebanan antara 4-15 menit. Pembacaan dilakukan setelah pembebanan diberikan pada tiang
  - b). Prosedur *Maintained Test* (optional) yaitu pengujian dilakukan dengan memberi beban maksimum yang dijaga hingga 200 % dari beban rencana untuk test tiang tunggal dan 150 % untuk grup tiang, lakukan penambahan beban sebesar 25% dari beban rencana. Jaga setiap penambahan beban hingga pergerakan aksial tidak lebih dari 0.25 mm per jam. Setelah beban maksimum telah tercapai dan waktu pengujian secara keseluruhan mencapai 12 jam, mulai lakukan *unloading* ketika pergerakan aksial terukur selama jangka waktu 1 jam tidak melebihi 0.25 mm, jika tidak beban maksimum tetap diberikan pada tiang hingga 24 jam. Jika terjadi keruntuhan selama pembebanan, *maintain* beban runtuh tersebut atau beban maksimum yang mungkin dilakukan, hingga total pergerakan aksial sama dengan 15% dari diameter tiang atau lebarnya. Setelah dilakukan penambahan beban final, kurangi beban dengan pengurangan 25% dari beban maksimum dengan jarak waktu 1 jam setiap pengurangan.
  - c). Prosedur pengujian pembebanan siklis (*optional*), secara umum *increment* pemberian beban pada pembebanan siklis ini adalah sama dengan yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya. Setelah beban yang diberikan sama dengan 50, 100, dan 150% dari beban desain, biarkan masing-masing beban tersebut untuk 1 jam dan angkat kembali beban dengan pengurangan yang sama besarnya dengan pada saat *increment* pemberian beban. Biarkan beban untuk selama 20 menit untuk tiap tahap pengurangannya.

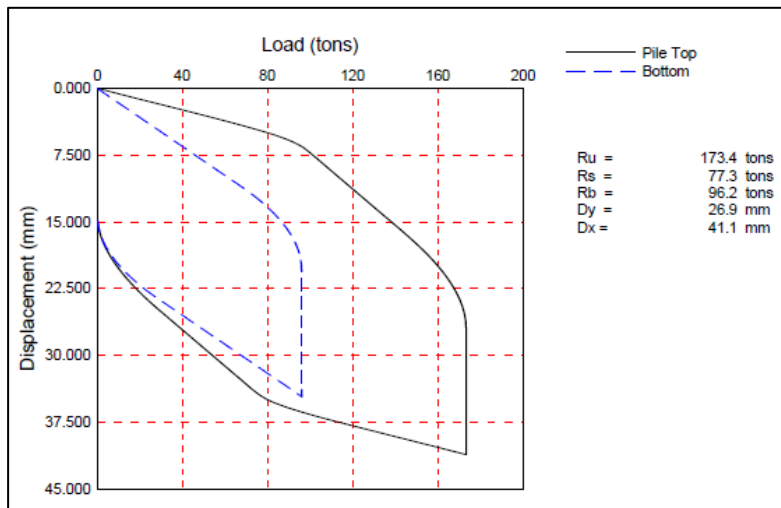
Prosedur pembebanan siklis, *loading-unloading*

- Siklus 1: 0% 25% 50% 25% 0%
- Siklus 2: 0% 50% 75% 100% 75% 50% 0%
- Siklus 3: 0% 50% 100% 125% 150% 125% 100% 50% 0%
- Siklus 4: 0% 50% 100% 150% 175% 200% 150% 100% 50%

Setelah beban yang diberikan diangkat semua untuk tiap tahapnya, berikan kembali beban dengan *increment* sebesar 50% dari beban desain sampai dengan sebesar tahap sebelum diangkat. Jarak antar *increment* tersebut adalah selama 20 menit. Kemudian beban tambahan untuk tahap berikutnya

diberikan sesuai dengan prosedur yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya. Setelah beban total yang disyaratkan telah diberikan, tahan dan angkat beban tersebut seperti yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya.

- d). Pembebanan dilakukan dengan menekan hidrolis *jack* hingga beban rencana dikali presentasi beban rencana, yang dikoreksi nilai bebannya dari bacaan *load cell*, kemudian tahan hingga durasi waktu tertentu, kemudian lakukan pembacaan dan catat defleksi pada *dial gauge* yang terpasang pada tiang uji.
- e). Lakukan prosedur no 2, dengan macam jenis siklus pembebanan atau sesuai dengan kebutuhan desain perencanaan.



Gambar 4.37- Contoh grafik hasil pembacaan *axial loading test*

#### 4.7.6.2 Pengujian Dengan Metode Beban Mati (*Kentledge*)

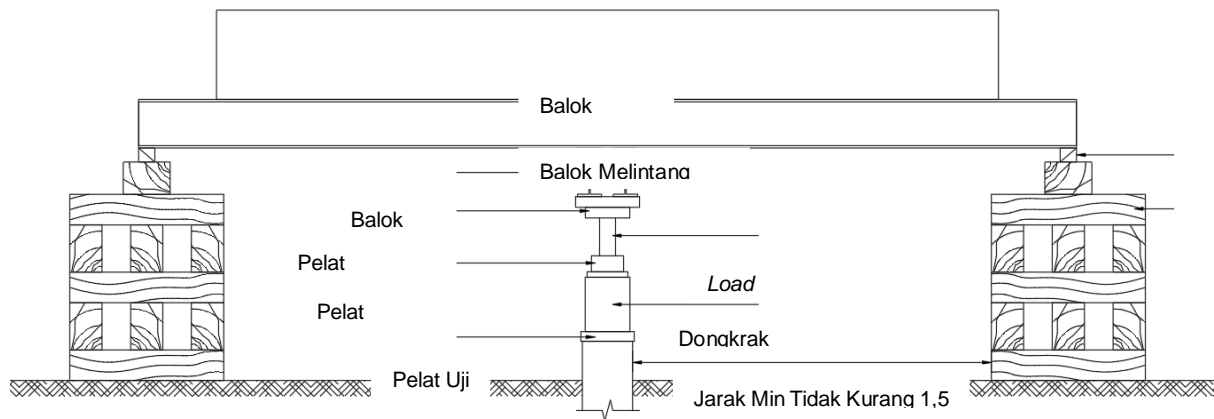
Uji pembebanan tiang dengan menggunakan metode ini dilakukan dengan memberikan beban mati pada *platform* diatas tiang dan dipasang *hidraulic jack* dan *load cell* diantara *platform* beban mati dan tiang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.38 dan Gambar 4.39.

Pengujian dilakukan dengan memberikan gaya aksi-reaksi dari *hidraulic jack* antara beban mati dan tiang. Prosedur pengujian harus dilakukan dengan acuan ASTM D1143 dan SNI 8460-2017 (SNI Geoteknik).



Gambar 4.38 - Uji pembebanan statis dengan metode beban mati (*kentledge*)

(FHWA, 2016)



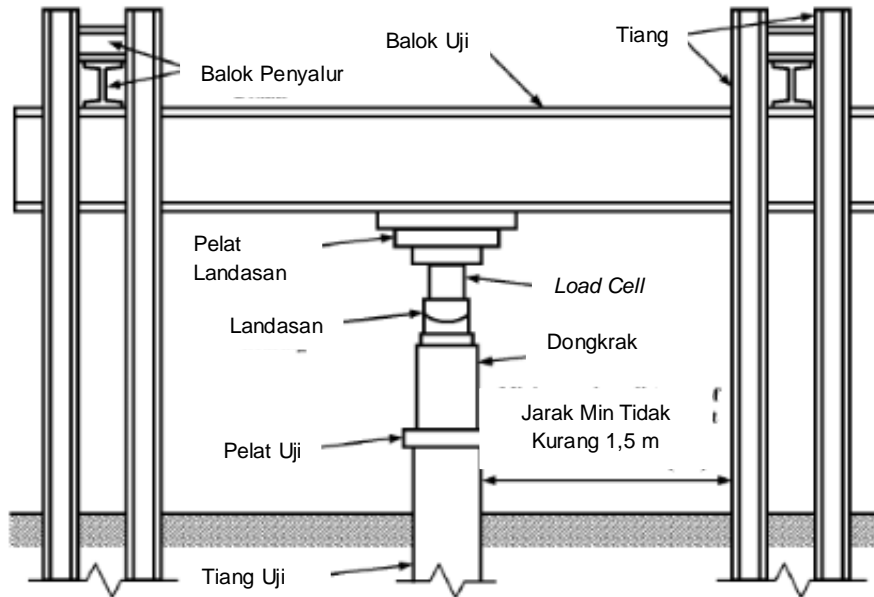
**Gambar 4.39- Contoh skema instrument uji pembebanan statis tiang dengan metode beban mati (*kentledge*)**

#### 4.7.6.3 Pengujian Dengan Metode Tiang Reaksi (*Reaction Pile*)

Uji pembebanan tiang dengan menggunakan metode ini dilakukan dengan memasang kerangka baja atau jangkar pada tanah atau tiang fondasi yang lain. Hidrolik *jack* dan *load cell* dipasangkan diantara kerangka baja dan tiang yang akan diuji, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.40 dan Gambar 4.41.



**Gambar 4.40- Uji pembebanan statis dengan metode *reaction pile* (FHWA, 2016)**



**Gambar 4.41- Contoh skema instrument uji pembebanan statis tiang dengan metode tiang reaksi**

Pengujian dilakukan dengan memberikan gaya aksi-reaksi dari *hidraulic jack* antara kerangka baja yang ditahan dengan 4 atau lebih tiang sekitarnya dan tiang yang diuji. Prosedur pengujian dapat dilakukan dengan acuan ASTM D1143 dan SNI 8460-2017 (SNI Geoteknik).

#### **4.7.6.4 Pengujian Dengan Metode Kombinasi *Kentledge* dan *Reaction Pile***

Kombinasi antara metode beban mati (*kentledge*) dan tiang reaksi (*reaction pile*) memungkinkan untuk dilaksanakan dengan sistem modifikasi. Kombinasi ini dilakukan untuk mengakomodir beban rencana yang besar yang dibutuhkan pada saat pengujian berlangsung.

#### **4.7.6.5 Pengujian Tiang Dengan BDLT (*Bidirectional Loading Test*)**

Uji pembebanan statik dua arah (*Bidirectional Loading Test*) merupakan pengujian tiang yang dilakukan tanpa memerlukan kontra beban (*counter weight*) maupun tiang reaksi (*pile reaction*). Pengujian dilakukan dengan memberikan tekanan pada *jack* yang tertanam pada pada tiang dan memanfaatkan gesekan selimut yang ada pada bagian atas *jack* sebagai perlawanan terhadap tahanan ujung dan selimut yang ada pada bagian bawah *jack*. Pengujian pembebanan ini dapat dilakukan pada fondasi tiang bor. Pengujian tiang dengan metode ini mengacu pada standar ASTM D8169 / D8169M – 18.

Pengujian BDLT pada tiang bor pemasangan *jack* dan instrumentasi dilakukan pada saat merangkai tulangan untuk fondasi tiang bor. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 42 dibawah ini.

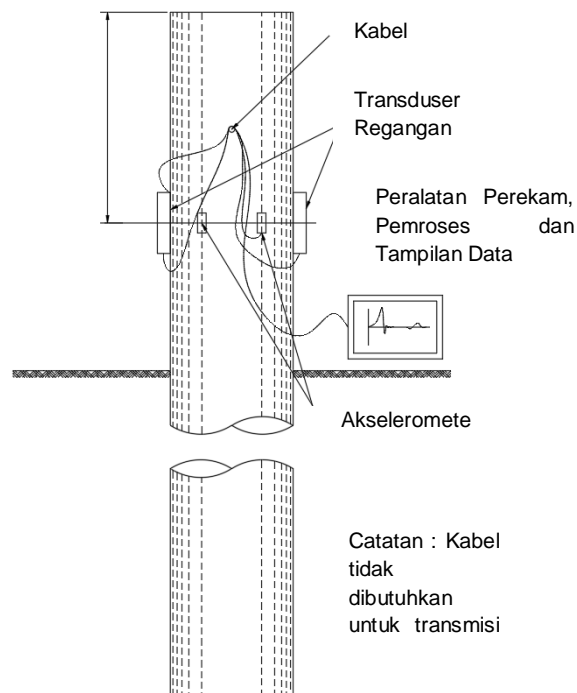
Setelah dilakukan pemasangan *jack* dan instrumentasi pada tulangan, maka dilakukan pengecoran lubang bor seperti yang ditunjukkan pada pelaksanaan tiang Bor. Setelah beton kering dapat dilakukan pengujian pembebanan. Untuk pengujian dengan *multi-level jack* dilakukan pemasangan berdasarkan ilustrasi pada Gambar 42. Lokasi *jack* dan instrumentasi harus pada posisi seimbang atau sesuai dengan kebutuhan perencanaan.



**Gambar 4.42 - Jack yang ditempatkan didasar (gambar kiri bawah), pemasangan beberapa jack (gambar kiri atas) dan pemasangan *multi level jack* (gambar kanan)**

#### 4.7.7 Pengujian Aksial Tiang Metode Dinamik Dengan PDA

Uji Pembebanan aksial dengan metode dinamik ini hanya digunakan sebagai pembanding dari percobaan beban aksial tiang, dimana harus terdapat minimal 1 tiang yang sama untuk setiap penampang tiang yang diuji statik dan dinamik untuk kemudian hasilnya dikorelasikan. Jumlah uji pembebanan dinamik pada struktur jembatan berdasarkan SNI 8459-2017 dapat lebih banyak yaitu setiap pilar, *abutment*, *pile slab*.



**Gambar 4.43- Skema diagram instrumentasi untuk pengujian aksial tiang dengan metode dinamik**

Dari hasil pengujian PDA, maka akan diperoleh hasil daya dukung yang bersifat *refusal* atau ultimit.

Pengertian daya dukung *refusal* adalah daya dukung yang terdeteksi/terdata dan dianalisa merupakan daya dukung yang diperoleh dari kondisi fondasi tiang yang belum sepenuhnya termobilisasi. Kondisi belum sepenuhnya termobilisasi adalah kondisi di mana fondasi tiang belum mencapai kapasitas tertinggi atau ultimit-nya.

Kondisi ini dapat disebabkan karena pada saat pengujian/*re-strike* dilakukan, energi yang di distribusikan tidak cukup besar untuk memobilisasi seluruh kemampuan tahanan atau daya dukung fondasi tiang yang diuji.

Pengertian daya dukung ultimit adalah daya dukung yang diperoleh dari kondisi fondasi tiang yang sudah termobilisasi sepenuhnya.

Dengan demikian angka daya dukung yang dihasilkan dari analisa PDA dan CAPWAP pada kondisi ini adalah benar-benar daya dukung ultimit atau batas yang dimiliki oleh fondasi tiang yang diuji.

Kondisi ultimit ditentukan oleh salah satu dari :

- a telah Bergeraknya tiang pancang akibat beban tertentu (beban ultimit) yang berarti terlampauinya tahanan friksi dan ujung dari fondasi tiang.
- b melewati kemampuan material tiang pancang itu sendiri yang jika diteruskan dengan beban yang lebih berat akan mengakibatkan kegagalan pada bahan/material tiang pancang.

Kedua kondisi tersebut (*refusal* atau ultimit) dapat diterima selama daya dukung yang diperoleh masih memenuhi syarat faktor keamanan yang dituntut dari desain yang ditetapkan.

a Peralatan Pengujian Beban Aksial dengan Metode Dinamik

Peralatan yang digunakan untuk pengujian dengan metode dinamik meliputi:

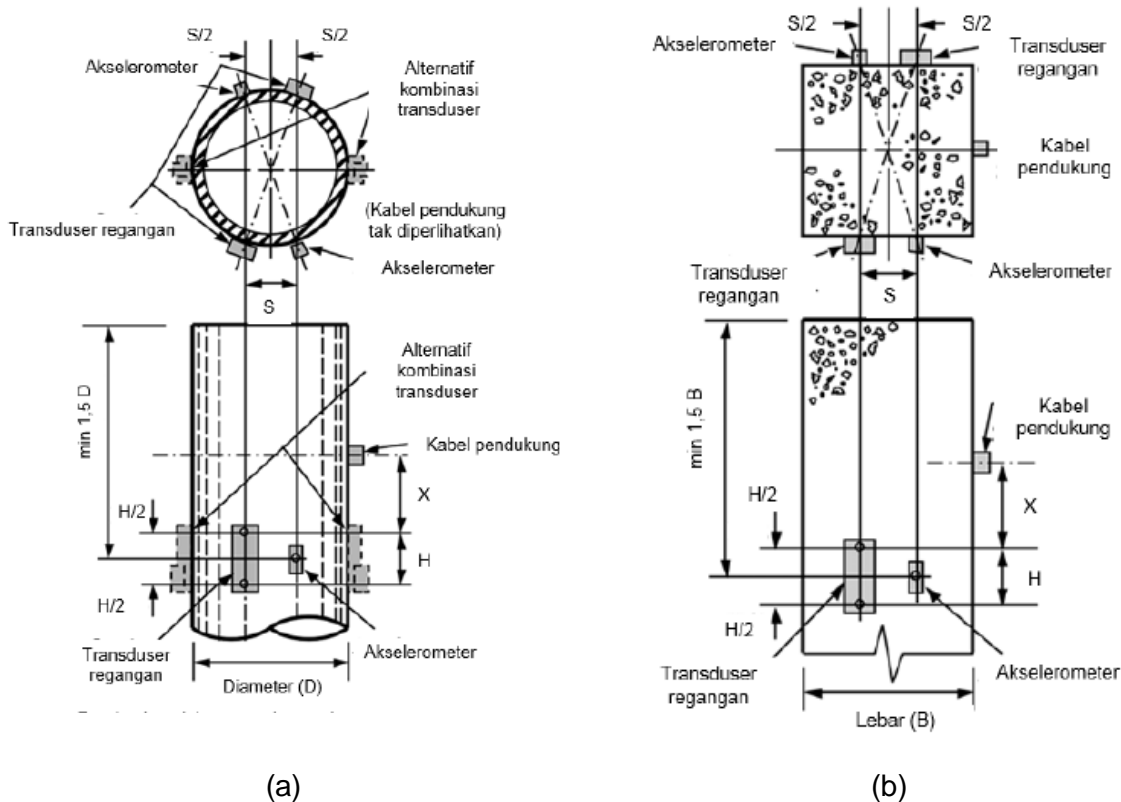
- 1 *Pile Driving Analyzer* (PDA), alat atau instrument yang berfungsi sebagai merekam, mengolah dan menunjukkan data pengujian.
- 2 *Strain Transducers*, sensor yang berfungsi untuk mengukur regangan tiang ketika di beri beban dinamik, yang kemudian mengirim data ke alat PDA.
- 3 Akselerometer, sensor yang berfungsi untuk mengukur percepatan tiang ketika di beri beban dinamik, yang kemudian mengirim data ke alat PDA.
- 4 Kabel Penghubung, berfungsi untuk menghubungkan *strain transducer* dan akselerometer ke alat PDA.
- 5 *Pile Driving Hammer*, berfungsi untuk memberikan beban dinamik pada tiang.

b Persiapan Pengujian Beban Aksial dengan Metode Dinamik

Persiapan pengujian beban aksial untuk metode dinamik adalah sebagai berikut:

- 1 Mempersiapkan lahan dan tiang uji serta penggalian tanah permukaan sekeliling kepala tiang apabila kepala tiang sejajar dengan permukaan tanah.
- 2 Pengeboran lubang kecil pada tiang untuk pemasangan *strain transducer* dan akselerometer.

- 3 Pasang instrumen tersebut pada kepala tiang, *strain transducer* harus dipasang pada garis netral dan akselerometer pada lokasi berlawanan secara diametral. Jarak pemasangan instrumen minimal 1.5 D (diameter) atau 1.5 B (lebar) dari ujung kepala tiang, seperti yang tergambar dibawah ini.
- 4 Siapkan *pile driving hammer* dan posisikan palu agar tegak lurus terhadap garis *strain transducer*. Menurut SNI Geoteknik 2017 berat *hammer* yang digunakan sebesar 1-2% dari beban ultimit rencana.



**Gambar 4.44- Contoh pemasangan instrument pada pengujian PDA**

c Prosedur Pengujian Beban Aksial dengan Metode Dinamik

Pembebanan pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM D 4945-08 “*Standart Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundation*”. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

- 1 Pengujian dilakukan dengan mengangkat palu setinggi 1.5 – 2 m atau sesuai dengan kebutuhan desain, kemudian dijatuhkan ke kepala tiang. Posisi palu saat dijatuhkan harus tegak lurus agar energi yang ditransferkan oleh palu ke tiang optimal.
- 2 Setelah palu dijatuhkan ke kepala tiang, didapat *variable* tiang yang diuji seperti kapasitas daya dukung tiang, energi, *displacement* dan nilai keutuhan tiang (BTA)
- 3 Setelah pengujian dilaksanakan, dilakukan Analisa lebih lanjut dengan Metode *Case Pile Wave Analysis Program (CAPWAP)*.



#### 4.7.8 Pengujian Lateral Tiang Dengan Metode Statik

Pengujian lateral tiang dilakukan untuk mengetahui perilaku tiang dan tanah pada saat diberi beban lateral. Pengujian ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan metode tiang reaksi dan metode *weight platform/deadmen*. Pengujian lateral tiang dilakukan dengan beban rencana dari perencana dengan sistem *maintained load* atau siklus pembebanan yang sesuai dengan peraturan ASTM D3966 - D3966M - 07 (2013) e1 dan SNI Geoteknik 8460 - 2017.

##### a Peralatan Pengujian Beban Lateral Tiang

Peralatan yang digunakan untuk pengujian dengan metode *reaction pile* dan *weight platforms* meliputi:

- 1 *Hydraulic jack, hydraulic jack* yang digunakan harus memiliki kapasitas lebih besar 20 persen dari beban uji yang direncanakan.
- 2 *Hydraulic pump*, menjadi satu kesatuan dengan *hydraulic jack*.
- 3 *Transfer beam*, beam penyangga yang digunakan haruslah memiliki kekuatan dan kekakuan yang mencukupi agar tidak terjadi kegagalan saat pengujian.
- 4 *Reference beam*, harus memiliki kekakuan yang cukup agar tidak bergerak saat pengujian. Letak kakian untuk balok referensi haruslah cukup jauh dari tiang uji (minimal 1.5 meter dari tepi tiang uji) agar tidak terganggu saat tiang diberi beban.
- 5 *Load cell*, instrumen *load cell* digunakan untuk mengukur beban aktual yang diterima oleh tiang uji secara akurat. *Load cell* sebaiknya digunakan apabila beban uji melebihi 100 ton.
- 6 *Preassure gauge* (manometer), digunakan untuk mengontrol tekanan oli yang diberikan oleh *hydraulic pump* pada *hydraulic jack* dan juga untuk menghitung korelasi beban yang diberikan kepada tiang.
- 7 *Dial gauge*, dipasang secara horisontal dan digunakan untuk mengukur besarnya defleksi yang terjadi pada tiang saat diberikan beban lateral. Umumnya digunakan dua buah *dial gauge* setiap tiang uji.
- 8 *Steel plate*, digunakan sebagai tatakan permukaan tiang yang kurang rata agar tekanan *hydraulic jack* dapat tegak lurus pada permukaan tiang.

##### b Persiapan Pengujian Beban Lateral Tiang

Persiapan pengujian untuk metode *reaction pile* dan *deadman/ weighted platforms* adalah sebagai berikut:

- 1 Mempersiapkan lahan dan tiang uji serta metode pembebanan yang digunakan.
- 2 Jika menggunakan metode *weighted platforms / deadman* maka dipersiapkan beban penahan yang akan digunakan, beban haruslah lebih besar minimal tiga kali lebih besar dari beban uji.
- 3 Jika metode *reaction pile* yang digunakan maka harus diperhitungkan jarak antara ke dua buah tiang untuk mempersiapkan *transfer beam* serta jumlah plat untuk mengakomodir jarak tersebut.

- 4 Jika *cut of level* berada dibawah elevasi tanah eksisting, maka dilakukan penggalian sampai elevasi *cut of level* benda uji.
  - 5 Susun semua peralatan dengan baik dan haruslah rata serta sejajar sumbu tiang uji.
  - 6 Untuk mengantisipasi terjadinya hujan, baiknya area pengujian di tutup agar pengujian dapat dilakukan tanpa terganggu.
  - 7 Dipastikan tidak ada pekerjaan lain di area pengujian dan sekitarnya yang dapat mengganggu ke-akuratan pengukuran instrumen.
  - 8 Setelah semua peralatan disusun dengan baik maka pengujian siap dilakukan.
  - 9 Sebelum pengujian dimulai, dilakukan pengetesan pada alat uji (*dial gauges*) dengan memberikan beban kurang lebih sebesar 5% dari beban uji untuk melihat apakah *dial gauges* yang dipasang berfungsi dengan baik.
  - 10 Setelah *dial gauges* berfungsi dengan baik maka pengujian siap dilakukan.
- c Prosedur Pembebanan Pengujian Lateral Tiang

Pembebanan pengujian lateral dilakukan berdasarkan ASTM D3966 - D3966M - 07 (2013), "*Standard Test Method for Deep Foundations Under Lateral Loads*". Tahapan dalam pembebanan adalah sebagai berikut:

- 1 Setelah tahap persiapan dilakukan, maka dilakukan prosedur pembebanan yang ada pada Tabel 4.8 hingga Tabel 4.11.
- 2 Pembebanan dilakukan dengan menekan hidrolik *jack* hingga beban rencana dikali presentasi beban rencana, yang dikoreksi nilai bebannya dari bacaan *load cell*, kemudian tahan hingga durasi waktu tertentu, kemudian lakukan pembacaan dan catat defleksi pada *dial gauges* yang terpasang pada tiang uji.
- 3 Lakukan prosedur no 2, dengan macam jenis siklus pembebanan yang tertulis pada Tabel 4.8 hingga Tabel 4.11 atau sesuai dengan kebutuhan desain perencanaan.

Berikut tabel siklus pembebanan untuk pengujian lateral tiang.

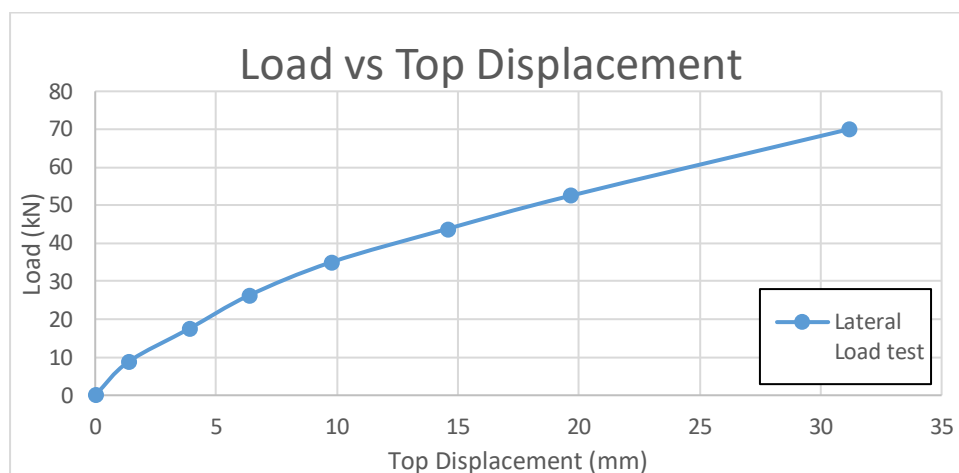
**Tabel 4.8 - Beban sikis dengan beban standar**

Presentasi Beban Rencana (%)	Durasi Pembebanan (menit)	Presentasi Beban Rencana (%)	Durasi Pembebanan (menit)
0	-	75	10
25	10	0	10
50	10	50	10
25	10	100	10
0	10	150	10
50	10	170	20
75	15	180	20
100	20	190	20
50	10	200	60
0	10	150	10

Presentasi Beban Rencana (%)	Durasi Pembebanan (menit)	Presentasi Beban Rencana (%)	Durasi Pembebanan (menit)
50	10	100	10
100	10	50	10
125	20	0	...
150	20		

**Tabel 4.9- Beban siklis dengan beban ekses**

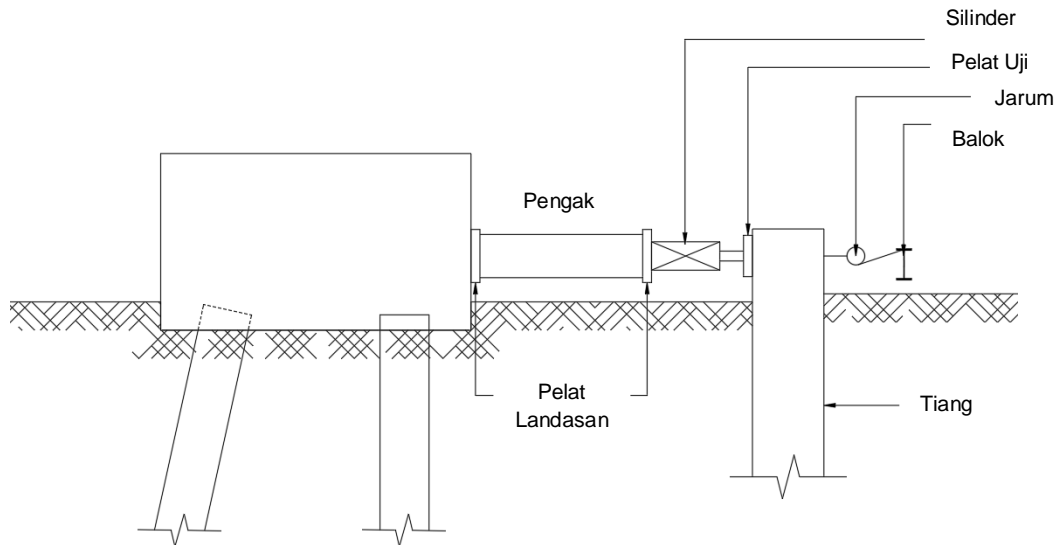
Presentasi Beban Rencana (%)	Durasi Pembebanan (menit)	Presentasi Beban Rencana (%)	Durasi Pembebanan (menit)
Lakukan beban siklis dengan beban standar hingga 200%			
200	60	50	10
100	10	100	10
0	10	150	10
50	10	200	10
100	10	250	10
150	10	260	15
200	10	270	15
210	15	280	15
220	15	290	15
230	15	300	30
240	15	225	10
250	15	150	10
200	10	75	10
100	10	0	...
0	10		



**Gambar 4.45 - Contoh grafik hasil pembacaan *lateral loading test***

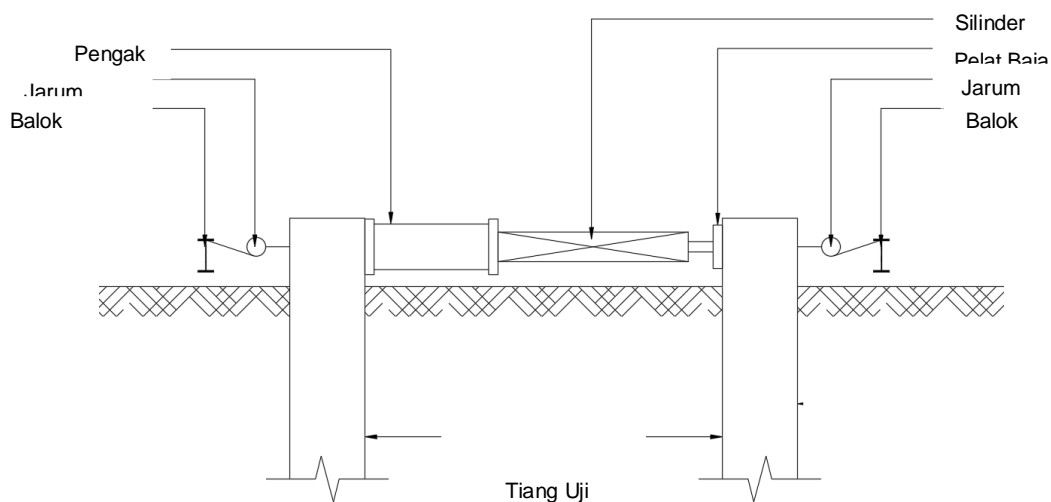
#### 4.7.8.2 Tiang Reaksi (*Reaction Piles*)

Metode *reaction piles* memanfaatkan tiang disekitar sebagai penahan untuk memberikan beban horisontal kepada tiang uji. Ilustrasi metode *reaction piles* dapat dilihat pada Gambar 4.46 berikut ini.



**Gambar 4.46 - Ilustrasi *reaction pile***

Proses pengujian ini dilakukan dengan memasang hidrolis *jack* dan *load cell* diantara tiang yang akan diuji. Pemasangan *dial gauge* dan *reference beam* dipasang samping tiang yang diuji dan tiang reaksi untuk mengukur lendutan tiang akibat beban yang diberikan. Metode tiang reaksi dapat pula dilakukan dengan cara seperti yang diilustrasikan pada gambar dibawah ini.

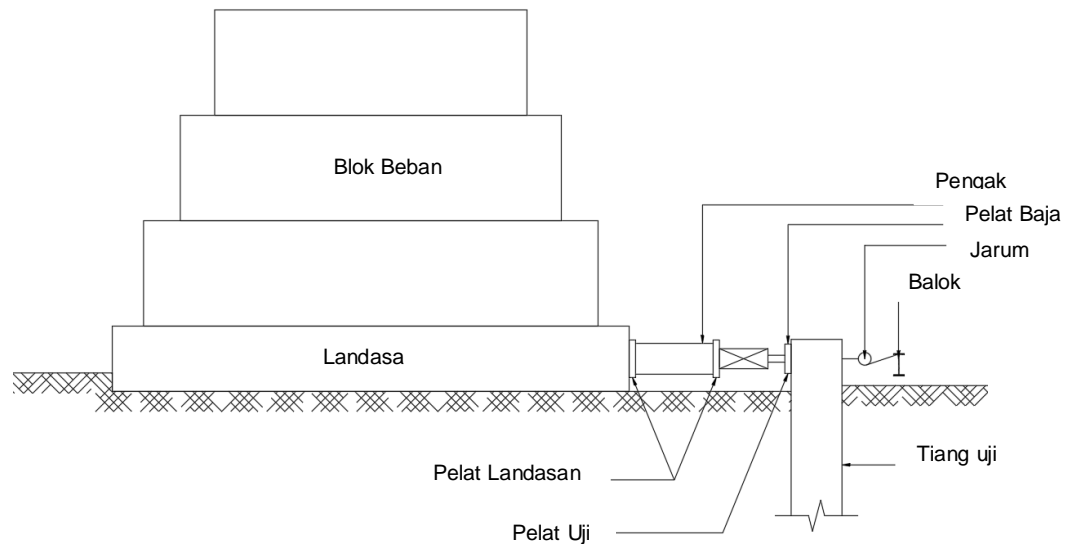


**Gambar 4.47 - Ilustrasi *reaction pile* dengan cara *pile to pile***

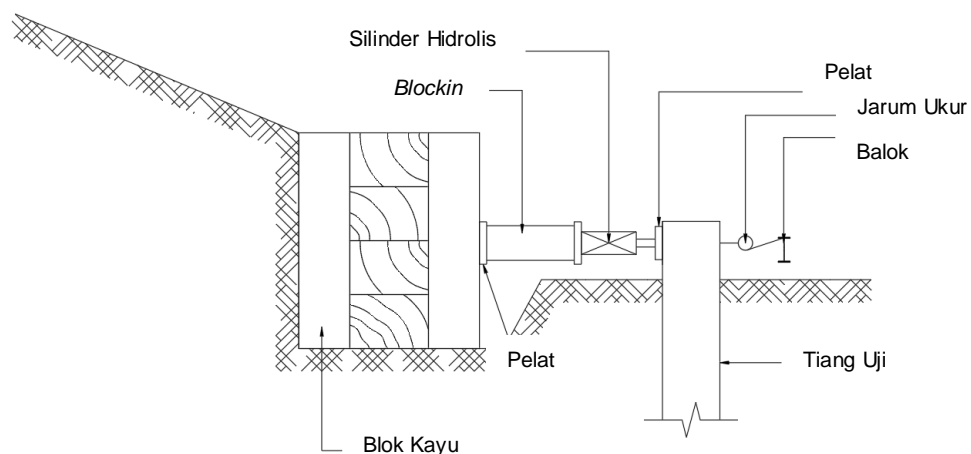
Pengujian dengan metode ini dapat dilakukan pada tiang yang akan digunakan (*used pile*).

#### 4.7.8.3 Sistem *Dead Man/Weight Platform*

Metode ini dilakukan dengan cara membuat sebuah *platform* (dari kayu, beton, atau baja). Kemudian *platform* tersebut diberikan beban yang cukup untuk menghasilkan ketahanan yang diperlukan untuk uji lateral. Di butuhkan permukaan tanah yang sesuai pada tepi *platform* yang akan digunakan untuk beban lateral reaktif. Ilustrasi uji lateral dengan menggunakan metode *weight platform* dapat dilihat pada Gambar 4.48 berikut.



**Gambar 4.48 - Ilustrasi *weighted platforms***



**Gambar 4.49 - Ilustrasi sistem *dead man***

#### 4.7.9 Pengujian Integritas Tiang Fondasi

Fondasi tiang bor dapat mengalami *necking* saat konstruksi dan fondasi tiang pancang dapat mengalami retak akibat pemancangan. Karena itu, diperlukan sebuah metode untuk meyakinkan kualitas suatu tiang. Metode yang umum dilakukan dalam menentukan kualitas tiang adalah dengan PIT (*Pile Integrity Test*) dan CSL (*Crosshole Sonic Logging*).

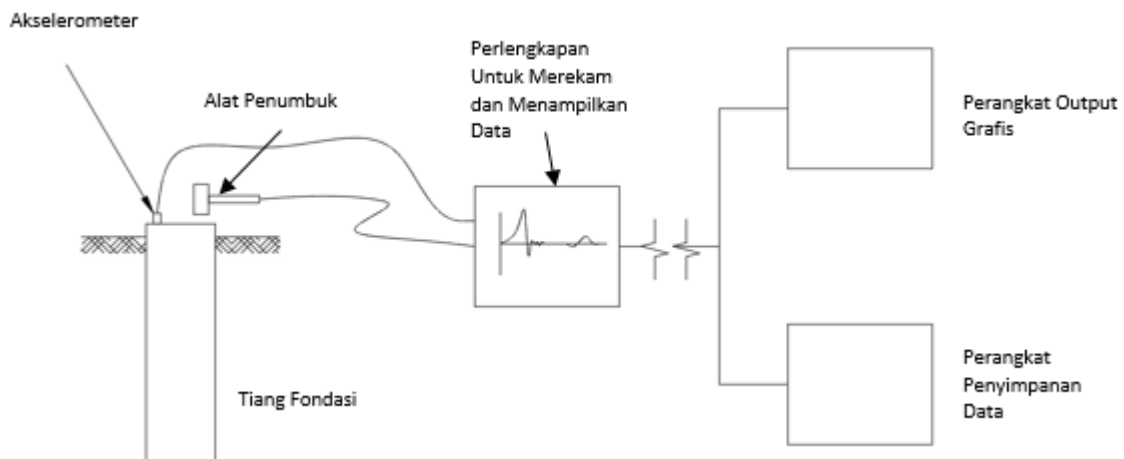
#### 4.7.9.1 PIT (*Piled Integrity Test*)

Uji keutuhan tiang dengan PIT atau data disebut pula *Sonic-Echo Pulse Integrity Test* adalah pengujian dengan cara memberikan gelombang impact regangan rendah pada kepala tiang dan kemudian memonitor respon gelombang tersebut dikepala tiang. Prinsip pengujian PIT juga menggunakan teori gelombang 1-D CASE. Pengujian PIT saat ini hanya dapat dilakukan pada tiang beton saja, karena adanya *limitasi ratio* diameter terhadap panjang tiang dan dilaksanakan merujuk pada ASTM D5882-16.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat PIT, palu tangan dengan ujung khusus dengan berat berkisar 0.5 - 4.5 kg bergantung dari dimensi tiang yang berguna untuk memberikan gelombang impact dan akselerometer yang berguna untuk merekam perambatan gelombang sepanjang tiang.

Kelebihan dari pengujian PIT adalah kecepatan pengujian karena hanya diperlukan persiapan yang minim sekali (kepala tiang dengan beton bersih yang terekspos saja) tanpa adanya material yang perlu dipersiapkan sedari awal.

Kekurangan dari uji ini PIT ini adalah diperlukan interpretasi dan simulasi untuk memastikan kondisi tiang terutama pada tiang yang rasio diameter-panjang lebih dari 60D dan tiang dengan tahanan selimut yang sangat tinggi. Kelemahan lainnya adalah PIT tidak dapat melihat kerusakan lain jika kerusakan besar telah terjadi dibagian atas tiang sehingga kondisi tiang dibagian bawah sulit terlihat lagi.

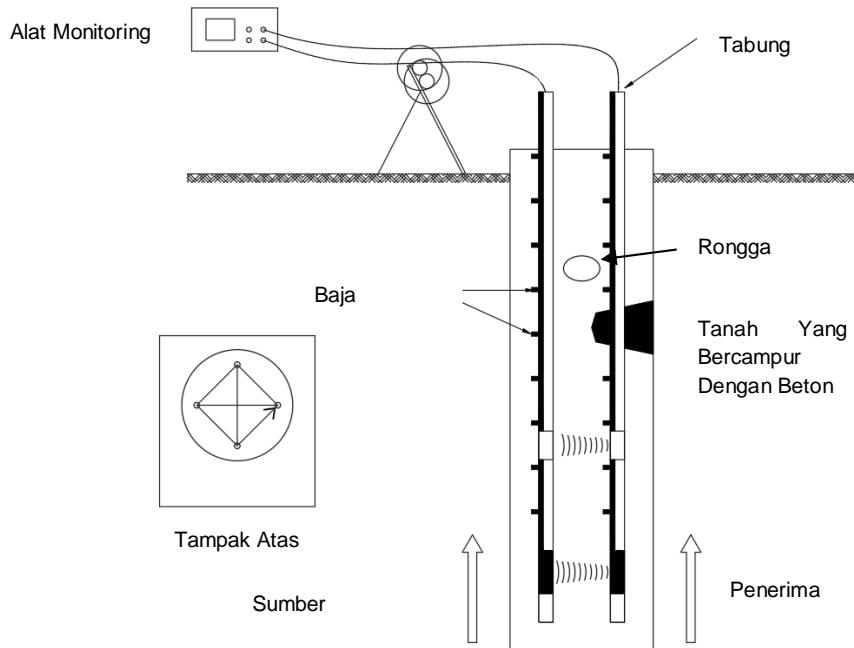


Gambar 4.50 - Skema diagram peralatan untuk pengujian Integritas

#### 4.7.9.2 CSL (*Crosshole Sonic Logging*)

Pengujian *crosshole sonic logging* (CSL) merupakan metode *subsurface analysis* untuk memastikan kualitas dari fondasi tiang bor dan kualitas dinding beton. Pengujian CSL merupakan metode yang memanfaatkan gelombang *ultrasonic* yang dikirim melalui batang *transmitter* (pemancar) dan kemudian gelombang tersebut diterima oleh batang *reciver* (penerima). Metode pelaksanaan metode CSL ini dengan menggunakan tabung akses (*access tube*) yang biasanya terbuat dari pipa baja atau terbuat dari bahan pipa PVC. Tabung akses (*access tube*) harus dipasang didalam beton selama pelaksanaan berlangsung dan bagian atasnya tabungnya harus dibiarkan terbuka agar alat *transmitter* dan alat *receiver* dapat masuk kedalam tabung akses. Hasil dari pengujian CSL dapat mendeteksi beton yang

lemah (kurang baik), beton yang mengalami pengecilan (*necking*) dan beton yang mengalami pembesaran. Standar pengujian CSL ini merujuk pada ASTM 6760 – 08.



**Gambar 4.51 - Skema pengujian *crosshole sonic logging* (CSL)**

#### 4.8 K3 PEKERJAAN FONDASI

Pekerjaan fondasi memiliki resiko tersendiri terhadap keselamatan pekerja di lingkungan pekerjaan selama pembuatan fondasi berlangsung. Berikut ini potensi bahaya dan cara antisipasi dari pelaksanaan fondasi ditunjukkan pada Tabel 4.12 hingga Tabel 4.15.

**Tabel 4.10 - K3 Pekerjaan fondasi dangkal**

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
Pelaksanaan Fondasi Dangkal	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> <li>• Luka akibat penggunaan peralatan yang salah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu dilokasi pekerjaan.</li> <li>• Saat menggunakan peralatan diusahakan menggunakan APD Lengkap.</li> </ul>
	Penggalian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat peralatan penggalian.</li> <li>• Runtuhnya lereng galian.</li> <li>• Terperosok kedalam lubang galian.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Melandaikan lereng galian atau memasang dinding penahan sementara.</li> <li>• Pemasangan pagar pengaman.</li> </ul>
	Penyiapan lantai kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya akibat bahan dan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> </ul>

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
		<p>peralatan yang digunakan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya akibat genangan air.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> </ul>
	Pasangan Batu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luka akibat tertimpa batu..</li> <li>• Bahaya akibat debu dari campuran mortar.</li> <li>• Luka di tangan akibat terkena adukan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Pekerja diharuskan APD lengkap</li> <li>• Diusahakan menghindari kontak langsung dengan adukan dengan cara menggunakan sarung tangan.</li> </ul>
	Penimbunan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potensi longsor dari tanah timbunan.</li> <li>• Potensi kecelakaan akibat alat pemadat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timbunan harus dipastikan dipadatkan dengan benar.</li> <li>• Penggunaan peralatan pemadat harus dilakukan oleh orang berpengalaman.</li> </ul>

**Tabel 4.11- K3 Pekerjaan fondasi sumuran**

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
Pelaksanaan Fondasi Sumuran	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> <li>• Luka akibat penggunaan peralatan yang salah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu dilokasi pekerjaan.</li> <li>• Saat menggunakan peralatan diusahakan menggunakan sarung tangan.</li> </ul>
	Penggalian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat peralatan penggalian.</li> <li>• Runtuhnya lereng galian.</li> <li>• Terperosok kedalam lubang galian.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan APD lengkap.</li> <li>• Melandaikan lereng galian atau memasang dinding penahan sementara.</li> <li>• Pemasangan pagar pengaman.</li> </ul>
	Penyiapan lantai kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya akibat bahan dan peralatan yang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> </ul>



Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya akibat genangan air.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan sepatu boot yang sesuai standar.</li> </ul>
	Penurunan dinding sumuran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya tertimpa dinding sumuran.</li> <li>• Bahaya akibat penggunaan alat berat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diusahakan saat menurunkan dinding sumuran dilakukan secara hati-hati.</li> <li>• Menjaga jarak aman dengan alat berat.</li> </ul>
	Penimbunan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potensi longsor dari tanah timbunan.</li> <li>• Potensi kecelakaan akibat alat pemadat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timbunan harus dipastikan dipadatkan dengan benar.</li> <li>• Penggunaan peralatan pemadat harus dilakukan oleh orang berpengalaman.</li> </ul>

**Tabel 4.12 - K3 Pekerjaan fondasi tiang pancang**

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
Pekerjaan Fondasi Tiang Pancang	Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu dilokasi pekerjaan.</li> </ul>
	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya dari alat yang digunakan.</li> <li>• Bahaya dari peralatan yang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan.</li> <li>• Pemeriksanaan terlebih dahulu terhadap material yang digunakan.</li> </ul>
	Pemancangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gangguan pendengaran saat pemancangan</li> <li>• Melesetnya palu/<i>hammer</i> pancang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja perlu menggunakan sumbat telinga.</li> <li>• Pemancangan harus dilakukan secara simetris dan menjaga jarak aman para pekerja.</li> </ul>

**Tabel 4.13 - K3 pekerjaan fondasi tiang bor**

<b>Pekerjaan</b>	<b>Item Pekerjaan</b>	<b>Potensi Bahaya</b>	<b>Penanganan</b>
Pelaksanaan Fondasi Tiang Bor	Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu dilokasi pekerjaan.</li> </ul>
	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya dari alat yang digunakan.</li> <li>• Bahaya dari peralatan yang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan.</li> <li>• Pemeriksanaan terlebih dahulu terhadap material yang digunakan.</li> </ul>
	Pengeboran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat terkena alat bor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap dan pekerjaan diharuskan menjaga jarak aman selama pengeboran berlangsung.</li> </ul>
	Pembersihan lubang galian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat terkena alat pembersih lubang bor (<i>bucket</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap dan pekerjaan diharuskan menjaga jarak aman selama pengeboran berlangsung.</li> </ul>
	Instalasi baja tulangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat terlalu dekat dengan crane selama instalasi baja tulangan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap dan pekerjaan diharuskan menjaga jarak aman selama pengeboran berlangsung.</li> </ul>
	Pengecoran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iritasi pada kulit akibat terkena adukan beton.</li> <li>• Terjadi kecelakaan akibat mesin penghampar dan pengeduk beton.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan APD lengkap untuk meminimalisir terkena adukan beton.</li> <li>• Menjaga jarak aman saat pengecoran.</li> </ul>

## Contents

4	FONDASI JEMBATAN.....	4-1
4.2	Umum.....	4-1
4.3	Pelaksanaan Fondasi Dangkal .....	4-2
4.3.5	Umum.....	4-2
4.3.6	Material.....	4-3
4.3.7	Peralatan .....	4-3
4.3.8	Metode Pelaksanaan Fondasi Pasangan Batu.....	4-3
4.3.9	Metode Pelaksanaan Fondasi Beton .....	4-6
4.4	Pelaksanaan Fondasi Sumuran.....	4-8
4.4.5	Umum.....	4-8
4.4.6	Material.....	4-10
4.4.7	Peralatan .....	4-10
4.4.8	Metode Pelaksanaan Fondasi Sumuran .....	4-10
4.4.9	Kontrol Kualitas Dasar Fondasi Sumuran.....	4-14
4.5	Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang .....	4-15
4.5.5	Umum.....	4-15
4.5.6	Material.....	4-16
4.5.7	Peralatan .....	4-20
4.5.8	Metode Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang .....	4-27
4.6	Pelaksanaan Fondasi Tiang Bor.....	4-33
4.6.5	Umum.....	4-33
4.6.6	Material.....	4-34
4.6.7	Peralatan .....	4-37
4.6.8	Metode Pelaksanaan Lubang Bor.....	4-39
4.6.9	<i>Grouting</i> Dasar Fondasi Tiang Bor .....	4-46
4.7	Pengujian Fondasi Tiang.....	4-47
4.7.5	Umum.....	4-47
4.7.6	Pengujian Aksial Tiang Dengan Metode Statik.....	4-48
4.7.7	Pengujian Aksial Tiang Metode Dinamik Dengan PDA.....	4-54
4.7.8	Pengujian Lateral Tiang Dengan Metode Statik.....	4-57
4.7.9	Pengujian Integritas Tiang Fondasi.....	4-61
4.8	K3 PEKERJAAN FONDASI.....	4-63
	Gambar 4.1 - Diagram alir metode pelaksanaan fondasi pasangan batu .....	4-4
	Gambar 4.2 Diagram alir metode pelaksanaan fondasi beton .....	4-6

Gambar 4.3 Contoh dokumentasi pelaksanaan pekerjaan fondasi sumuran .....	4-8
<b>Gambar 4.4 - Sketsa penampang fondasi sumuran a) Lingkaran ; b) Persegi.....</b>	<b>4-9</b>
<b>Gambar 4.5 - Bagan alir pelaksanaan fondasi sumuran metode penurunan <i>gravity</i>.</b>	<b>4-11</b>
<b>Gambar 4.6 - Bagan alir pelaksanaan fondasi sumuran metode galian terbuka .....</b>	<b>4-13</b>
Gambar 4.7 - Rangkaian alat DCP ( <i>dynamic cone penetrometer</i> ) .....	4-15
Gambar 4.8 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang pancang.....	4-16
Gambar 4.9 - Sketsa potongan melintang tiang pancang beton pratekan ( <i>prestressed</i> )...	4-17
Gambar 4.10 - Tiang pancang pipa baja ujung terbuka (FHWA, 2016) .....	4-18
Gambar 4.11 - Tiang pancang pipa baja ujung tertutup (FHWA, 2016).....	4-18
Gambar 4.12 - Fondasi tiang baja profil H (FHWA, 2016) .....	4-19
Gambar 4.13 - Tiang pancang kayu .....	4-20
Gambar 4.14 - <i>Drop hammer</i> .....	4-21
Gambar 4.15 - Ilustrasi Pekerjaan Pemasangan Dengan Cara <i>Diesel Hammer</i> .....	4-21
<b>Gambar 4.16 - Ilustrasi peralatan <i>hydraulic hammer</i>; a) <i>single acting hydraulic</i>; .....</b>	<b>4-23</b>
Gambar 4.17 - Mesin penekan hidrolik ( <i>jacking</i> ) (Geo Publication, 2006) .....	4-24
Gambar 4.18 - Skema pemancangan dengan <i>Vibratory Hammer</i> .....	4-25
<b>Gambar 4.19 - Ilustrasi tinggi jatuh dan berat <i>hammer</i> .....</b>	<b>4-28</b>
Gambar 4.20 - Sketsa penyambungan fondasi tiang beton .....	4-31
Gambar 4.21 - Sketsa penyambungan fondasi tiang baja .....	4-31
Gambar 4.22 - Sketsa penyambungan fondasi tiang kayu .....	4-32
Gambar 4.23 - (a) Skema pelaksanaan kalendering; (b) Grafik pengujian kalendering ....	4-33
Gambar 4.24 - Bagan alir pelaksanaan pekerjaan tiang bor .....	4-34
<b>Gambar 4.25 - Contoh penggunaan <i>permanent casing</i>.....</b>	<b>4-36</b>
Gambar 4.26 - Beberapa jenis <i>auger</i> ; A) <i>Single flight auger</i> ; B) <i>Double flight auger</i> ; C) <i>Large diameter auger</i> dengan <i>double cutting edge</i> ; D) <i>rock auger</i> .....	4-38
Gambar 4.27 - <i>Core barrel</i> ; A) <i>Single wall core barrel</i> ; B) <i>Double wall core barrel</i> .....	4-38
Gambar 4.28 - <i>Drilling bucket</i> ; A) Mengangkut sisa pengeboran ; B) Membersihkan dasar lubang bor .....	4-39
Gambar 4.29 - Lubang hasil galian menggunakan metode kering .....	4-40
Gambar 4.30 - Metode konstruksi kering ; (a) Pengeboran, (b) Pembersihan lubang, (c) Pemasangan tulangan, (d) Pengecoran (FHWA, 2010).....	4-40
Gambar 4.31- Bagan alir pelaksanaan metode kering ( <i>dry method</i> ) .....	4-41
Gambar 4.32 - Proses pengeboran basah: (a) Pasang <i>casing</i> , (b) Isi lubang bor dengan <i>slurry</i> , (c) Bersihkan lubang bor dan pasang tulangan, (d) Tempatkan beton pada tremie, (e) Angkat tremie ketika beton dituangkan (FHWA, 2010).....	4-42
Gambar 4.33 - Bagan alir pelaksanaan metode basah ( <i>wet method</i> ).....	4-43
Gambar 4.34 - Proses pengeboran dengan <i>casing</i> : (a) Pengeboran menggunakan <i>slurry</i> , (b) Pasang <i>casing</i> dan keluarkan <i>slurry</i> , (c) Bersihkan lubang bor dan pasang tulangan, (d) Lakukan pengecoran dan Usahakan elevasi coran lebih tinggi dari elevasi muka air, (e) Angkat <i>casing</i> apabila pengecoran selesai (FHWA, 2010).....	4-45
Gambar 4.35 - Bagan alir pelaksanaan metode <i>casing</i> ( <i>casing method</i> ) .....	4-45
Gambar 4.36 - <i>Flat-jack method</i> ; b. <i>Tube-a-manchette method</i> .....	4-47
<b>Gambar 4.37- Contoh grafik hasil pembacaan <i>axial loading test</i>.....</b>	<b>4-51</b>
Gambar 4.38 - Uji pembebanan statis dengan metode beban mati ( <i>kentledge</i> ) .....	4-51
Gambar 4.39- Contoh skema instrument uji pembebanan statis tiang dengan metode beban mati ( <i>kentledge</i> ).....	4-52
Gambar 4.40- Uji pembebanan statis dengan metode <i>reaction pile</i> (FHWA, 2016) .....	4-52

Gambar 4.41- Contoh skema instrument uji pembebanan statis tiang dengan metode tiang reaksi .....	4-53
Gambar 4.42 - <i>Jack</i> yang ditempatkan didasar (gambar kiri bawah), pemasangan beberapa <i>jack</i> (gambar kiri atas) dan pemasangan <i>multi level jack</i> (gambar kanan).....	4-54
Gambar 4.43- Skema diagram instrumentasi untuk pengujian aksial tiang dengan metode dinamik.....	4-54
Gambar 4.44- Contoh pemasangan instrument pada pengujian PDA.....	4-56
<b>Gambar 4.45 - Contoh grafik hasil pembacaan <i>lateral loading test</i></b> .....	4-59
Gambar 4.46 - Ilustrasi <i>reaction pile</i> .....	4-60
Gambar 4.47 - Ilustrasi <i>reaction pile</i> dengan cara <i>pile to pile</i> .....	4-60
Gambar 4.48 - Ilustrasi <i>weighted platforms</i> .....	4-61
Gambar 4.49 - Ilustrasi sistem <i>dead man</i> .....	4-61
Gambar 4.50 - Skema diagram peralatan untuk pengujian Integritas.....	4-62
Gambar 4.51 - Skema pengujian <i>crosshole sonic logging</i> (CSL) .....	4-63
Tabel 4.1 Keuntungan dan kerugian fondasi sumuran berdasarkan bentuknya.....	4-9
<b>Tabel 4.2 - Spesifikasi alat <i>diesel hammer</i></b> .....	4-22
<b>Tabel 4.3 - Spesifikasi alat <i>hydraulic hammer</i></b> .....	4-23
<b>Tabel 4.4 - Karakteristik dan kegunaan <i>hammer</i></b> .....	4-26
<b>Tabel 4.5 - Spesifikasi dan rekomendasi penggunaan cairan mineral untuk konstruksi pengeboran</b> .....	4-35
Tabel 4.6 - Spesifikasi dan rekomendasi penggunaan cairan polimer untuk konstruksi pengeboran.....	4-35
Tabel 4.7 - Jenis pengujian tiang berdasarkan jenis fondasinya .....	4-47
Tabel 4.8 - Beban sikis dengan beban standar .....	4-58
Tabel 4.9- Beban siklis dengan beban ekses.....	4-59
<b>Tabel 4.10 - K3 Pekerjaan fondasi dangkal</b> .....	4-63
Tabel 4.11- K3 Pekerjaan fondasi sumuran .....	4-64
Tabel 4.12 - K3 Pekerjaan fondasi tiang pancang.....	4-65
Tabel 4.13 - K3 pekerjaan fondasi tiang bor.....	4-66

## 5. BANGUNAN BAWAH JEMBATAN

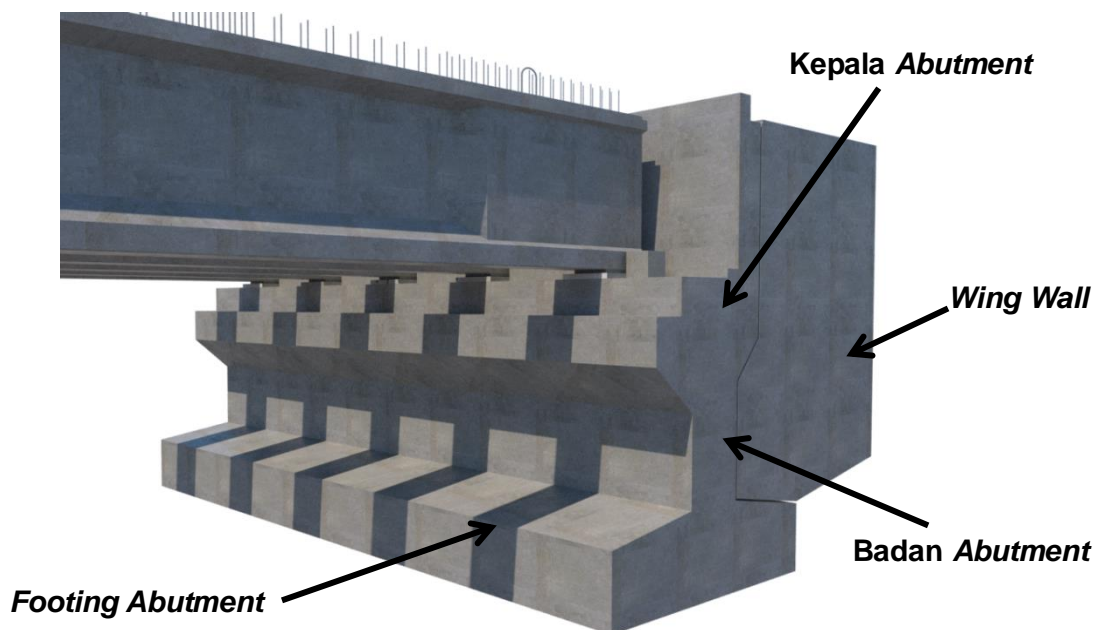
### 5.1 Umum

Bangunan bawah Jembatan merupakan suatu bagian dari struktur bangunan jembatan yang sangat menentukan dalam komposisi struktur jembatan itu sendiri, baik itu dari segi kemampuan menerima beban vertikal maupun horizontal, seperti beban gempa, angin dan lain lain. Pada bab ini akan menjelaskan metode pelaksanaan pekerjaan bangunan bawah jembatan berupa kepala jembatan (*abutment*) dan pilar jembatan.

### 5.2 Kepala jembatan (*abutment*)

#### 5.2.1 Umum

*Abutment* adalah struktur bagian bawah jembatan terletak pada ujung-ujung jembatan, yang berfungsi sebagai dinding penahan tanah serta pemikul dan penyalur beban vertikal dan horizontal, yang terdistribusi dari struktur atas ke pondasi. Untuk bagian-bagian dari struktur *abutment* dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



**Gambar 5.1 - Kepala jembatan (*abutment*)**

Dalam merencanakan *abutment* terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan diantaranya, faktor beban yang bekerja, kondisi tanah, faktor lingkungan, aliran air, dan faktor gempa bumi. Semua faktor tersebut akan berpengaruh kepada bentuk dan jenis *abutment* yang akan direncanakan.

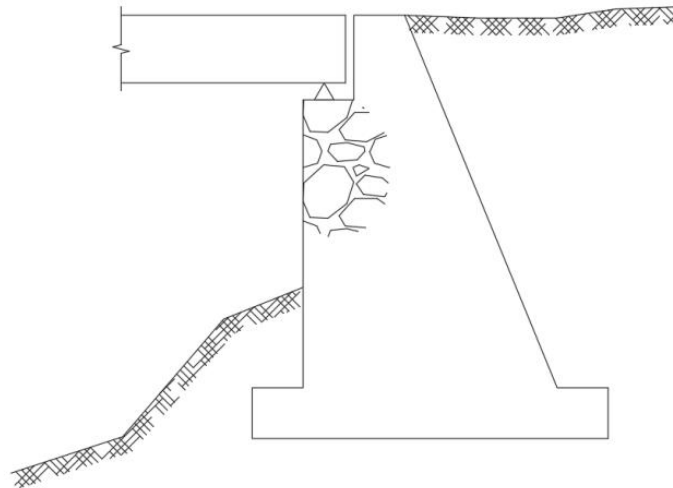
#### 5.2.2 Jenis-Jenis Kepala Jembatan (*Abutment*)

Berdasarkan bentuk, pada umumnya terdapat beberapa jenis *abutment*. Jenis-jenis *abutment* akan dibahas pada bab berikut:

### 5.2.2.1 Kepala Jembatan Jenis Gravitasi

Kepala jembatan jenis gravitasi memanfaatkan kekuatan dan ketahanan terhadap gaya-gaya yang bekerja dengan menggunakan berat sendiri. Dikarenakan memiliki bentuk yang sederhana dan pelaksanaannya tidak begitu rumit. Kepala jembatan jenis gravitasi sering digunakan pada struktur yang tidak terlalu tinggi dan kondisi tanah pondasinya yang baik.

Pada umumnya material yang digunakan merupakan pasangan batu kali atau beton. Kepala jembatan jenis gravitasi digunakan pada jembatan yang memiliki bentang yang tidak terlalu panjang. Ilustrasi kepala jembatan jenis gravitasi diperlihatkan pada Gambar 5.2 berikut:

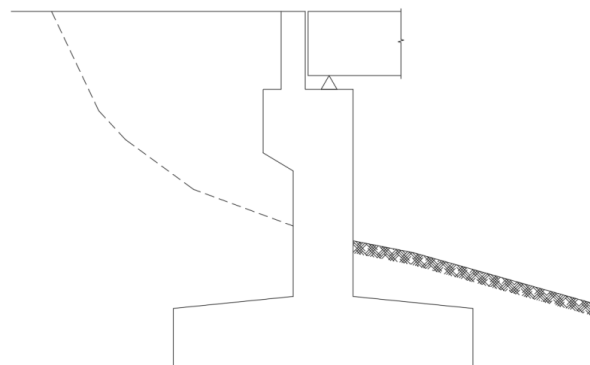


**Gambar 5.2 - Kepala jembatan jenis gravitasi**

### 5.2.2.2 Kepala Jembatan Jenis T

Kepala jembatan jenis T merupakan tembok penahan dengan balok kantilever tersusun dari suatu tembok memanjang dan sebagai suatu pelat kekuatan dari tembok. Ketahanan dari gaya-gaya yang bekerja diperoleh dari berat sendiri serta berat tanah diatas pelat tumpuan. Perbedaan *abutment* tipe T terbalik dan *abutment* tipe gravitasi terdapat pada kelangsingannya.

Pada umumnya *abutment* tipe T terbalik lebih cocok digunakan pada konstruksi yang memiliki tinggi kepala jembatan berkisar 6-12 m. Untuk material yang digunakan adalah beton bertulang. Kepala jembatan jenis T digunakan pada jembatan yang memiliki bentang yang tidak terlalu panjang. Ilustrasi kepala jembatan jenis T terbalik diperlihatkan pada Gambar 5.3 berikut:

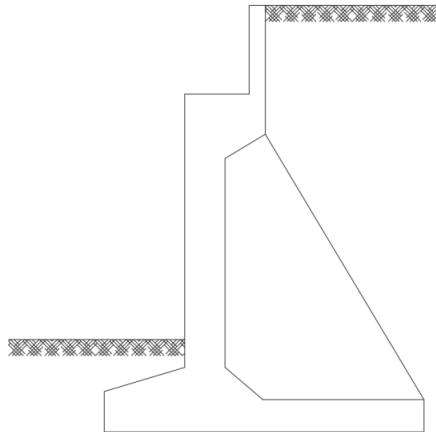


**Gambar 5.3 - Kepala jembatan jenis T**

### 5.2.2.3 Kepala Jembatan Jenis Penopang

Tipe ini hampir mirip dengan *abutment* tipe T terbalik, tetapi jenis kepala jembatan ini diberi penopang pada sisi belakangnya (*counterfront*) yang berfungsi untuk memperkecil gaya yang bekerja pada tembok memanjang dan tumpuannya.

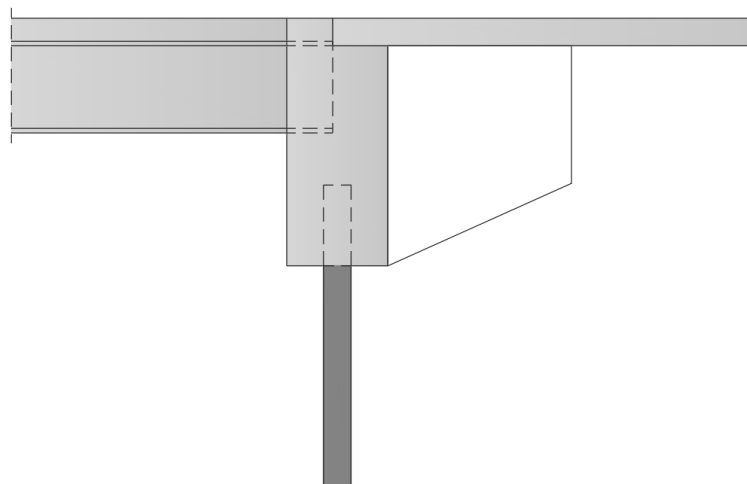
Pada umumnya kepala jembatan tipe penopang digunakan pada keadaan struktur dengan tinggi *abutment* berkisar antara 9-20 m dan menggunakan material beton bertulang. Ilustrasi kepala jembatan jenis penopang diperlihatkan pada Gambar 5.4 berikut:



**Gambar 5.4 - Kepala jembatan jenis penopang**

### 5.2.2.4 Kepala Jembatan Jenis Integral

Kepala jembatan jenis integral merupakan kepala jembatan tanpa ada sambungan (*jointless*), dimana lantai jembatan menerus dan terhubung secara monolit dengan dinding *Abutment*. Tipe jembatan ini mengakomodasi perpindahan tanpa ekspansi *joint* konvensional. Oleh karena struktur atas yang dihubungkan secara kaku dengan struktur bawah dan fondasi tiang yang fleksibel, struktur atas diizinkan untuk mengembang (*expand*) dan menyusut (*contract*). Ilustrasi kepala jembatan jenis integral diperlihatkan pada Gambar berikut:



**Gambar 5.5 - Kepala jembatan tipe integral**



### 5.2.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kepala Jembatan (*Abutment*)

Pekerjaan pelaksanaan kepala jembatan dilakukan oleh Penyedia Jasa setelah pekerjaan fondasi selesai dilakukan dan telah memenuhi persyaratan siap kerja serta izin dari Pengawas Pekerjaan.

#### 5.2.3.1 Pekerjaan Persiapan *Abutment*

##### a. Pengajuan Persiapan Kerja

1. Penyedia Jasa harus menyerahkan rincian spesifikasi pekerjaan, bahan, dan alat yang akan digunakan untuk melakukan pekerjaan kepala jembatan kepada Pengawas Pekerjaan. Rincian tersebut harus meliputi metode pelaksanaan dan tahapan pekerjaan yang akan dilakukan.
2. Penyerahan rincian harus diserahkan paling lambat 1 hari sebelum pekerjaan dilakukan.

##### b. Pekerjaan Mobilisasi

Penyedia Jasa harus melakukan mobilisasi berupa alat dan bahan yang akan digunakan untuk pekerjaan kepala jembatan sebelum pekerjaan dilaksanakan. Rencana dan jadwal mobilisasi harus sesuai dengan ketentuan yang ada pada Dokumen Kontrak.

##### c. Pekerjaan Pengukuran dan Pemasangan *Bowplank*

Pekerjaan persiapan mencakup pekerjaan Pengukuran dan Pemasangan *bowplank* pada titik posisi rencana kepala jembatan. Pekerjaan tersebut dilakukan oleh tenaga surveyor dengan pengawasan Pengawas Pekerjaan. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur (*total station* dan *waterpass*) untuk menentukan posisi serta elevasi sesuai dengan Gambar Kerja.

#### 5.2.3.2 Pekerjaan Tanah *Abutment*

##### a. Pekerjaan Galian

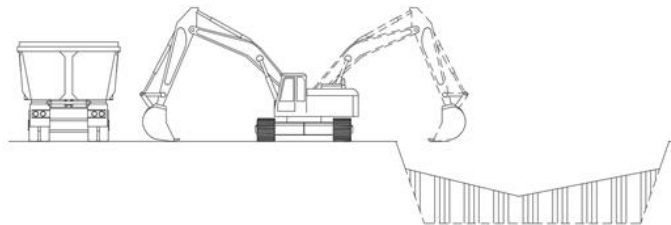
Pekerjaan tanah pada *abutment* berupa galian *footing abutment*, pekerjaan galian dilaksanakan secara *open cut*. Surveyor akan memberikan patok-patok panduan serta berapa kedalaman galian yang harus dicapai sesuai dengan desain rencana. Excavator melakukan penggalian sesuai dengan urutan dan panduan dari Surveyor dan diawasi oleh Pengawas Pekerjaan. Untuk galian struktur harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:

1. Selama pelaksanaan pekerjaan galian, lereng galian harus dijaga tetap stabil dengan memperhatikan kedalaman dan jenis tanah.
2. Bilamana diperlukan, Penyedia Jasa harus menyokong atau mendukung galian tersebut dengan suatu konstruksi penahan yang bersifat sementara untuk menjaga kestabilan dari galian..
3. Semua galian terbuka harus diberi rambu peringatan dan penghalang (barikade) yang cukup untuk mencegah tenaga kerja atau orang lain terjatuh ke dalamnya, dan setiap galian terbuka pada lokasi jalur lalu lintas maupun lokasi bahu jalan harus diberi rambu tambahan pada malam hari berupa drum yang dicat putih (atau yang sejenis) beserta lampu merah atau kuning guna menjamin

keselamatan para pengguna jalan, sesuai dengan yang diperintahkan Pengawas Pekerjaan.

Material hasil galian sebagian ditempatkan disamping galian untuk timbunan kembali dengan persetujuan dan pemeriksaan Pengawas Pekerjaan, jarak penempatan hasil galian untuk timbunan harus aman, tidak mengganggu area pekerjaan, dan harus diantisipasi agar tidak terjadi longsor.

Hasil galian yang berlebih, atau yang tidak dapat dipakai untuk timbunan kembali dimuat langsung ke *dump truck* untuk dibuang ke area pembuangan (*disposal*). Selama proses mobilisasi pembuangan tanah, *dump truck* harus ditutupi dengan terpal/plastik agar tanah yang dibawa tidak berceceran. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan akibat aktifitas pekerjaan galian. Sedangkan untuk lubang galian yang telah selesai digali dengan alat berat, dilakukan pengembalian kondisi awal, untuk persiapan pekerjaan selanjutnya.



**Gambar 5.6 - Proses penggalian tanah**

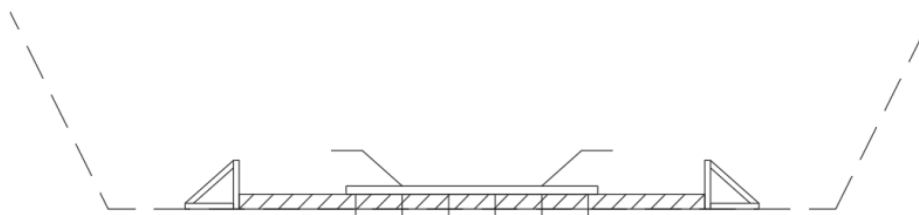
### 5.2.3.3 Pekerjaan Struktur Kepala Jembatan (*Abutment*)

Pekerjaan struktur kepala jembatan dilakukan secara bertahap dimulai dari bagian *footing* kepala jembatan, badan dan kepala *abutment*, serta *wing wall*. Semua pekerjaan terkait pekerjaan struktur kepala jembatan yang dilakukan Penyedia Jasa harus sesuai dengan rencana dan Gambar Kerja, serta diperiksa dan diawasi langsung oleh Pengawas Pekerjaan. Tahap pekerjaan struktur kepala jembatan adalah sebagai berikut:

a. Pekerjaan Footing Abutment

1. Pekerjaan Pembuatan Pasir Urugan dan Lantai Kerja (*Lean Concrete*)

Pekerjaan pasir urugan dan lantai kerja dengan ketebalan minimum 100 mm (Spesifikasi Umum) dilakukan sebagai pekerjaan tahap awal sebelum melakukan pekerjaan penulangan. Mutu beton yang digunakan berkisar antara 10 s/d 15 MPa (Pd T-07-2005-B). Ilustrasi pekerjaan lantai kerja dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut:

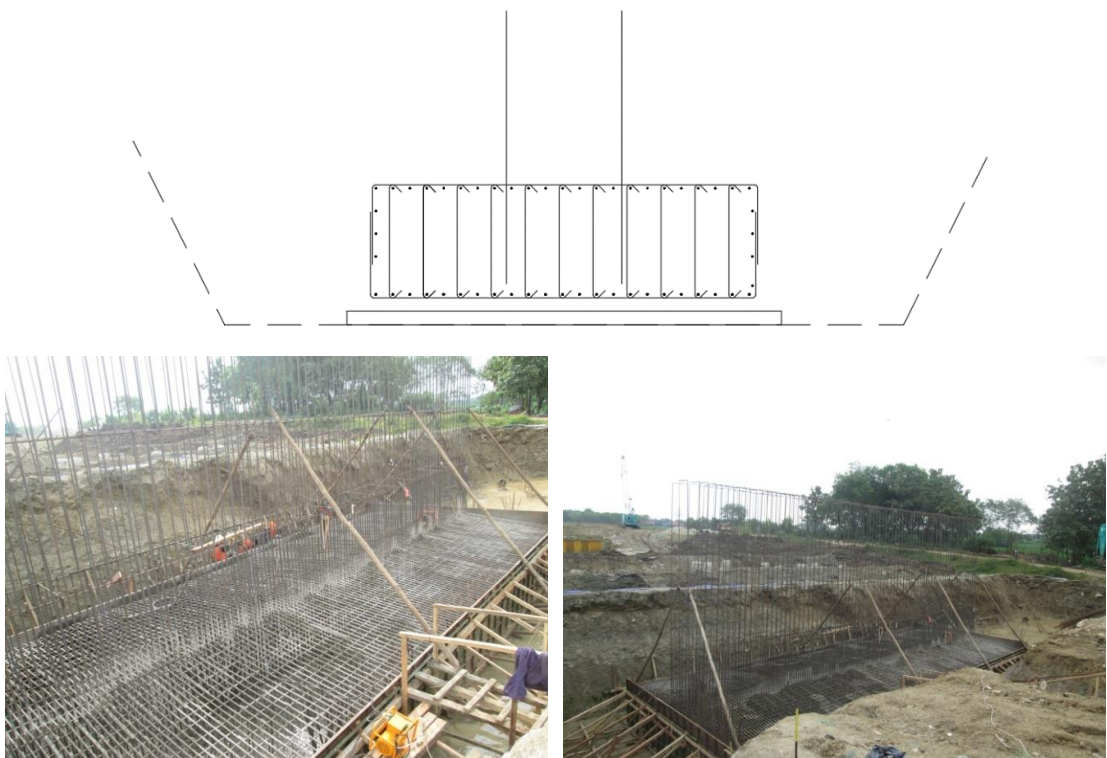




**Gambar 5.7 - Lantai kerja pekerjaan *abutment***

## 2. Pekerjaan Penulangan *Footing* Kepala Jembatan

Setelah lantai kerja selesai dilakukan dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, maka selanjutnya dilakukan pengerjaan penulangan yang sebelumnya telah disiapkan dengan ukuran dan dimensi sesuai dengan Gambar Kerja. Selama proses penulangan, tulangan harus dibersihkan dari kotoran, karat dan benda asing lainnya. Ilustrasi pekerjaan penulangan dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut:



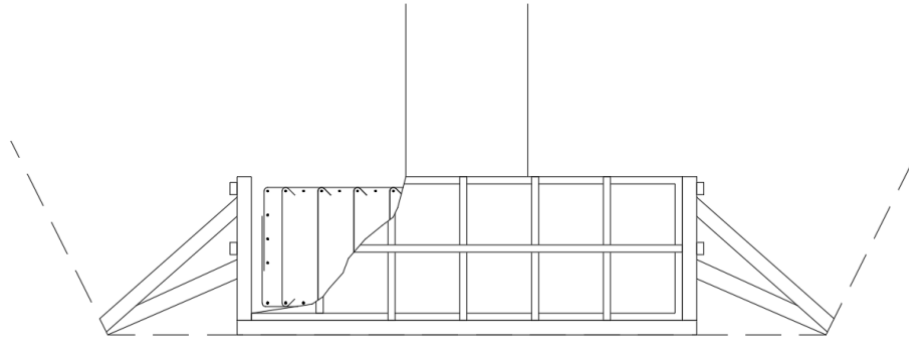
**Gambar 5.8 - Pekerjaan penulangan *footing* kepala jembatan**

Posisi penulangan untuk kepala jembatan disanglah untuk mencegah bergesernya tulangan dari kedudukan rencana dan tetap kokoh pada saat pengecoran, serta jarak tulangan tetap terjaga sesuai rencana dan Gambar Kerja. Pekerjaan penulangan dilakukan dibawah kontrol dan pengawasan dari

Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan penulangan merujuk pada Bab 3.2.4.

### 3. Pekerjaan Bekisting (*Formwork*) *Footing* Kepala Jembatan

Tahap selanjutnya adalah pekerjaan bekisting yang bertujuan untuk menahan dan membentuk beton selama proses pengecoran berlangsung. Rencana *formwork* sesuai dengan Gambar Kerja dan Pengawas Pekerjaan. Sebelum pengecoran, *formwork* dan tulangan dicek dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan bekisting merujuk pada Bab 3.2.2. Ilustrasi pekerjaan bekisting dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut:



**Gambar 5.9 - Pekerjaan bekisting *footing* kepala jembatan**

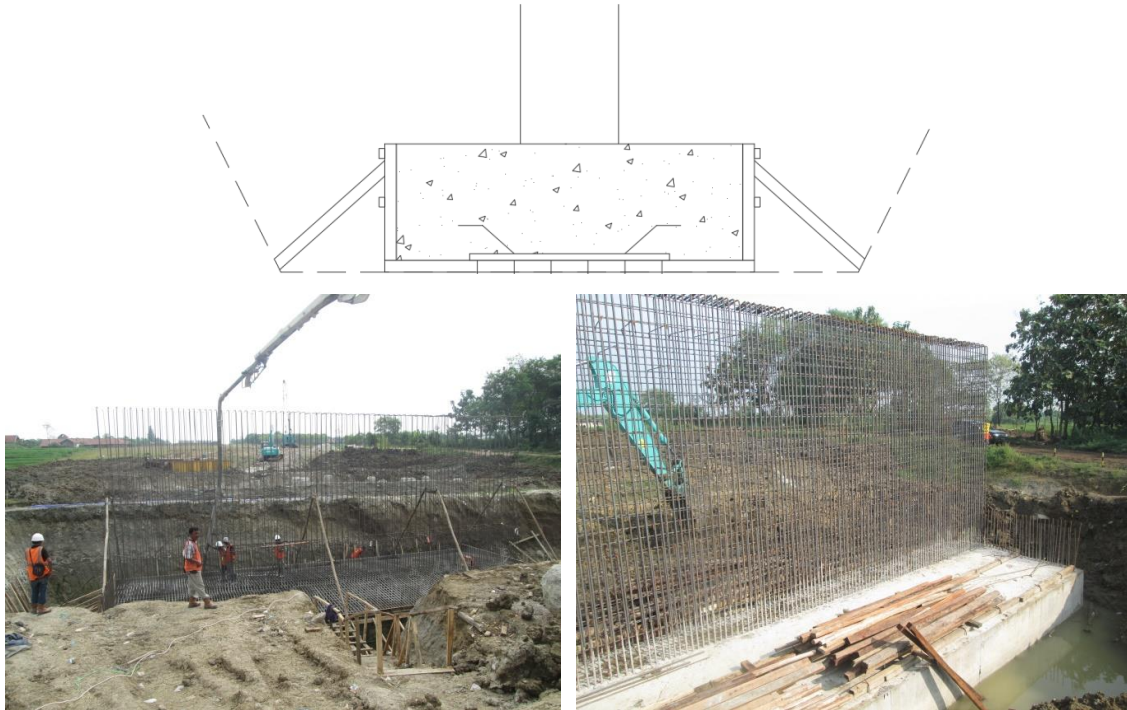
### 4. Pekerjaan Pengecoran *Footing* Kepala Jembatan

Tahap selanjutnya adalah pengecoran, tahap pengecoran dilakukan setelah tahap pekerjaan sebelumnya telah diperiksa dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Sebelum pengecoran dilakukan, pekerjaan bekisting harus sudah selesai dilaksanakan secara sempurna. Mutu beton sesuai Gambar Kerja dan Spesifikasi Teknik Pematatan dengan *concrete vibrator*.

Dalam proses pengecoran dengan perbedaan elevasi lokasi pengecoran, maka tinggi jatuh maksimal beton segar selama proses pengecoran adalah 80 cm. Jika melebihi tinggi tersebut maka diharuskan menggunakan alat bantu, dapat berupa talang tambahan. Akan tetapi jika dengan penggunaan talang masih belum terpenuhi terhadap tinggi jatuh maksimum yang disyaratkan, maka pengecoran harus dibantu dengan *concrete pump* atau *crane bucket*.



Penyedia Jasa harus melakukan konsultasi kepada Pengawas Pekerjaan terkait pekerjaan pengecoran yang akan dilakukan. Pengawas Pekerjaan berkewajiban melakukan pemeriksaan kesiapan sebelum pengecoran. Syarat dan prosedur pekerjaan pengecoran merujuk pada Bab 2.2.9.4. Ilustrasi pekerjaan pengecoran dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



**Gambar 5.10 - Pekerjaan pengecoran *footing* kepala jembatan**

#### 5. Pekerjaan *Finishing* dan *Curing* *Footing* Kepala Jembatan

Setelah pekerjaan pengecoran dilakukan, Penyedia Jasa wajib melakukan pekerjaan perawatan beton (*curing*). *Curing* segera dilaksanakan setelah bekisting (*formwork*) dibuka. *Curing* dapat dilakukan dengan menggunakan penyiraman air dan *curing compound*. Pemilihan metode perawatan harus dilakukan dengan persetujuan Pengawas Pekerjaan.



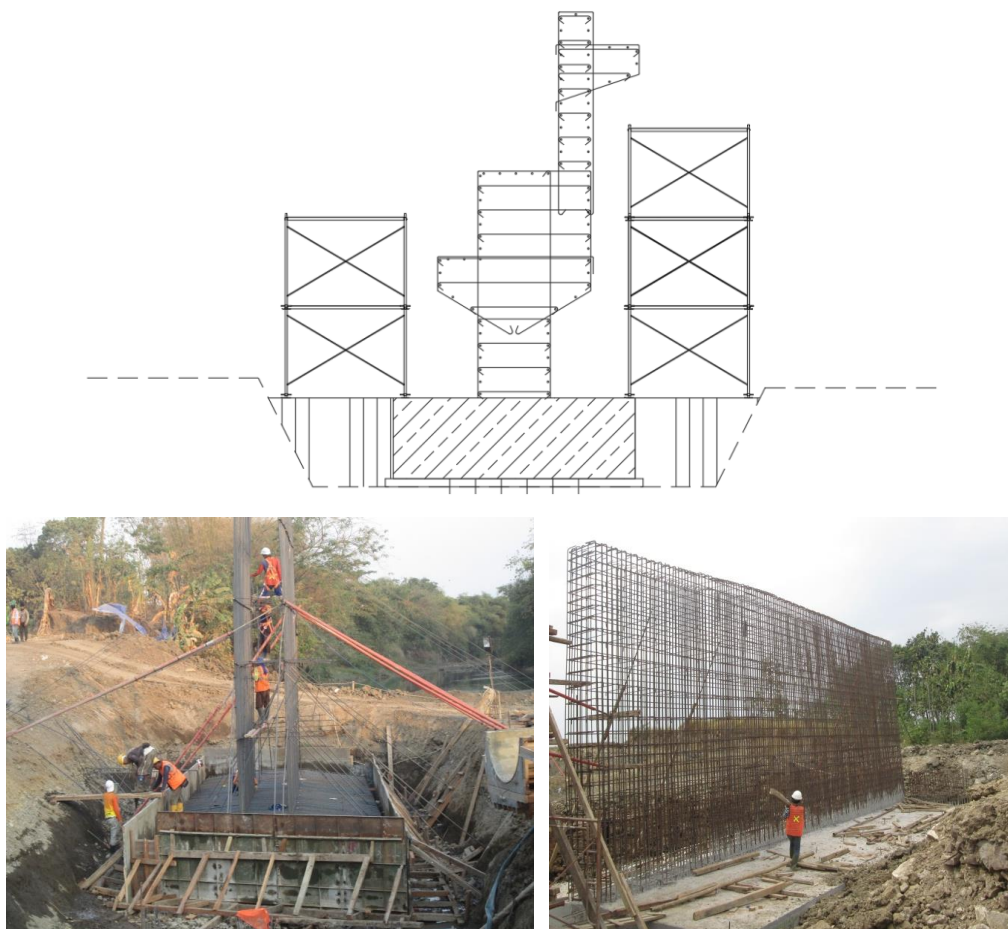
**Gambar 5.11 - Pekerjaan *curing* footing kepala jembatan**

Pembukaan bekisting dan perawatan beton harus dilakukan dengan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan pembongkaran bekisting dan perawatan beton merujuk pada Bab 2.2.9.8.

b. Pekerjaan Badan dan Kepala *Abutment*

1. Pekerjaan Penulangan Badan dan Kepala *Abutment*

Setelah *footing abutment* melewati masa *setting time* dengan izin dan pemeriksaan Pengawas Pekerjaan, maka tahap selanjutnya adalah pengerjaan struktur badan *abutment*. Sebelum melakukan penulangan pada badan *abutment* terlebih dahulu pada tanah bagian lubang *footing abutment* ditimbun sebagai landasan pemasangan perancah. Pekerjaan awal yang dilakukan adalah penulangan badan *abutment*, penulangan dilakukan sesuai dengan dimensi dan ukuran rencana yang telah ditetapkan. Proses dan tahapan pekerjaan penulangan sama dengan pekerjaan penulangan sebelumnya pada pekerjaan *footing abutment*. Ilustrasi pekerjaan penulangan badan *abutment* dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut:



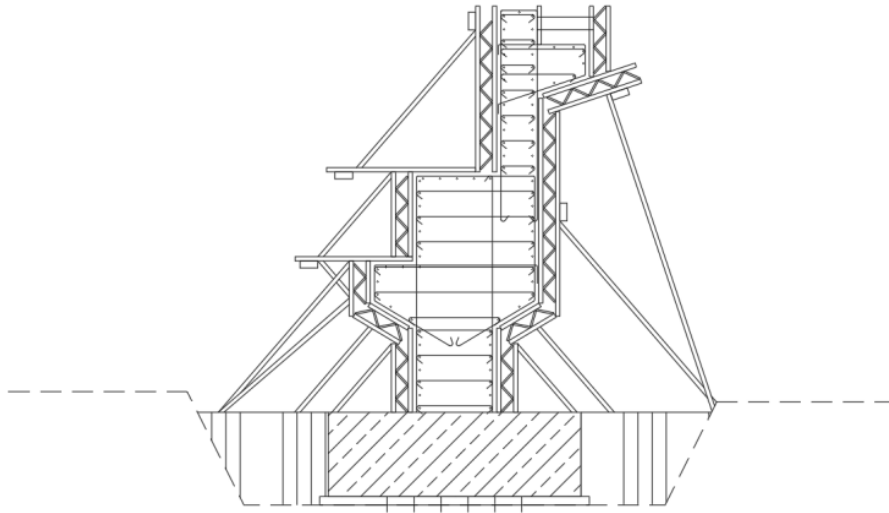
**Gambar 5.12 - Pekerjaan penulangan badan *abutment***

Penulangan badan *Abutment* harus dilakukan dengan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan penulangan badan *Abutment* merujuk pada Bab 3.2.4.

2. Pekerjaan Bekisting (*Formwork*) Badan dan Kepala *Abutment*

Jika pekerjaan penulangan pada badan *Abutment* telah selesai dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, maka tahap selanjutnya adalah pekerjaan bekisting untuk

bagian badan *Abutment*, bekisting dipasang sesuai dengan Gambar Kerja. Bekisting diperiksa dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan sebelum pengecoran.

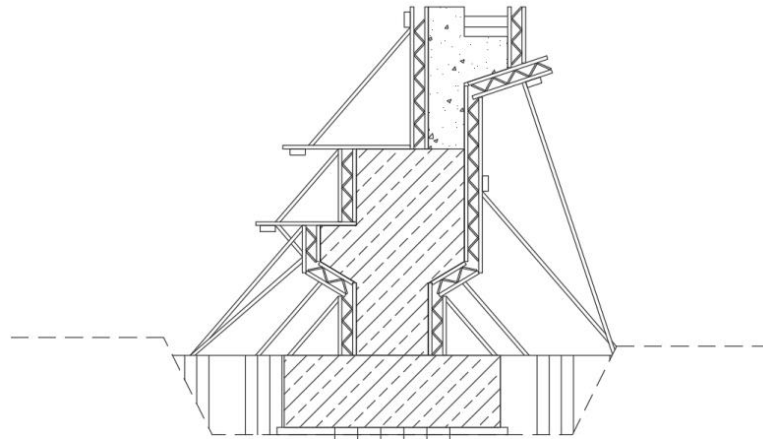


**Gambar 5.13 - Pekerjaan bekisting badan *abutment***

### 3. Pekerjaan Pengecoran Badan dan Kepala *Abutment*

Pengecoran badan *abutment* dilakukan bersamaan dengan pengecoran pada bagian korbrel dan kepala *abutment*. Mutu beton yang digunakan harus sesuai dengan Gambar Kerja dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Teknik pemadatan dilakukan dengan *concrete vibrator*. Ilustrasi pelaksanaan pekerjaan pengecoran badan dan kepala *abutment* diperlihatkan pada Gambar 5.14 berikut.





**Gambar 5.14 - Pekerjaan pengecoran badan *abutment***

Selama proses pengecoran badan *abutment*, pekerjaan sepenuhnya harus diawasi dan diperiksa oleh Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan pengecoran badan *abutment* merujuk pada Bab 2.2.9.4.



c. Pekerjaan *Wing Wall*

Pekerjaan *wing wall* dapat dilakukan bersamaan dengan pengecoran badan *abutment* atau dapat juga dilakukan setelah badan *abutment* selesai dilakukan pengecoran dengan syarat bahwa pada penulangan badan *abutment* harus disediakan penyaluran tulangan untuk bagian *wing wall*. Ilustrasi pelaksanaan pekerjaan *wing wall* diperlihatkan pada Gambar 5.15 berikut.



**Gambar 5.15 - Pekerjaan *wing wall***

d. Pekerjaan Akhir (*Finishing*) dan *Curing* Kepala Jembatan (*Abutment*)

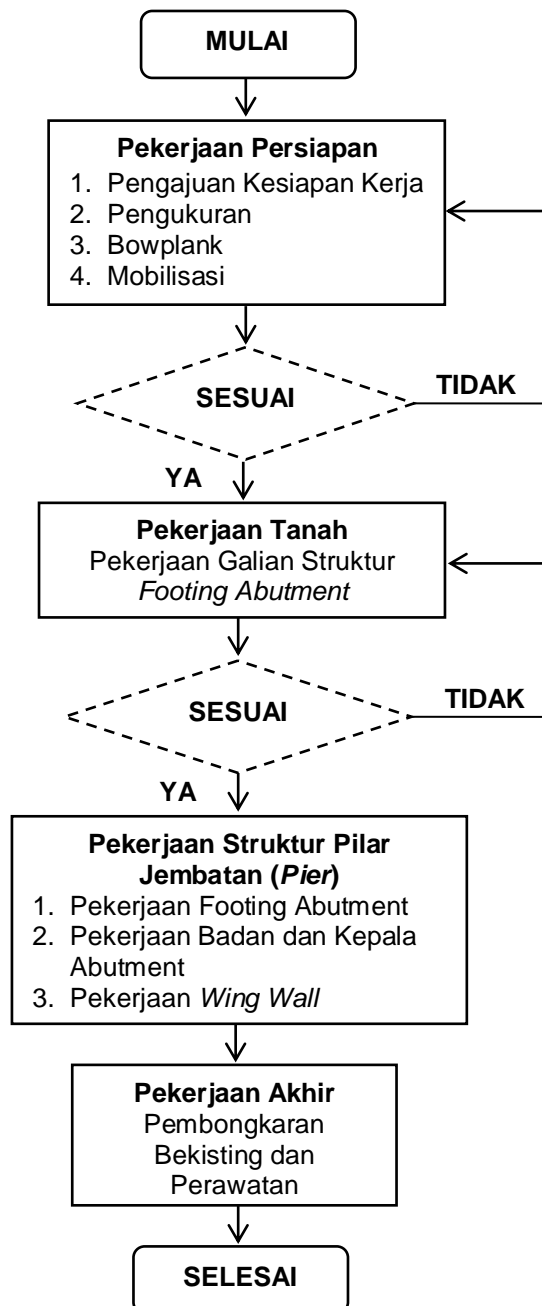
Setelah semua tahap dilakukan, maka selanjutnya dilakukan tahap *curing*. *Curing* segera dilaksanakan setelah bekisting (*formwork*) dibuka. *Curing* dapat dilakukan dengan menggunakan penyiraman air dan *curing* compound. Lama proses perawatan harus dilakukan sesuai dengan rencana. Perawatan dan waktu pembongkaran bekisting harus disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan pembongkaran bekisting dan perawatan beton merujuk pada Bab 2.2.9.8.



**Gambar 5.16 - Pekerjaan *finishing* abutment**

#### 5.2.3.4 Bagan Alir Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kepala Jembatan (*Abutment*)

Proses pelaksanaan pekerjaan kepala jembatan (*abutment*) dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut:

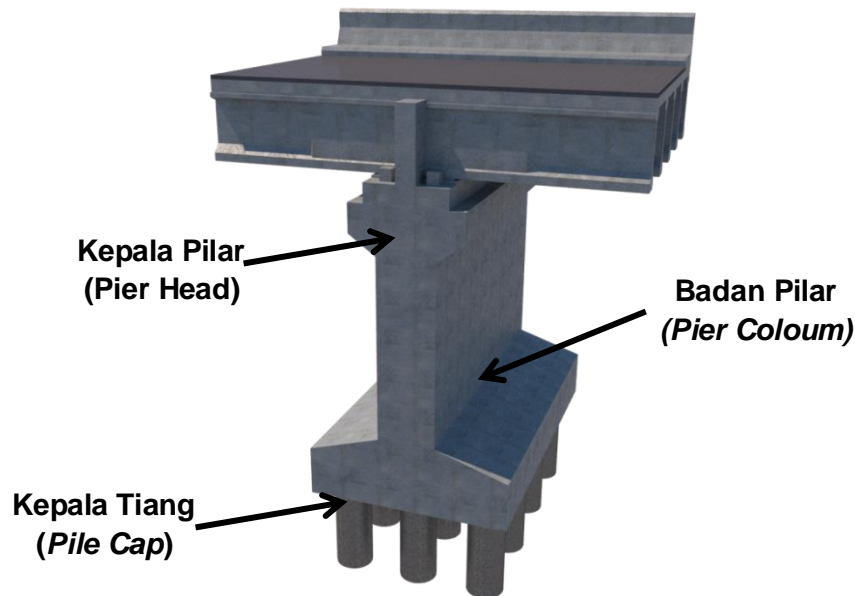


Gambar 5.17 - Bagan alir tahapan pekerjaan kepala jembatan (*abutment*)

## 5.3 Pilar Jembatan Pada Kondisi Kering

### 5.3.1 Umum

Pilar jembatan adalah suatu konstruksi beton bertulang yang bertumpu di atas pondasi. Pilar terletak di tengah bentang jembatan. Pilar berfungsi sebagai pemikul antara bentang tepi dan bentang tengah bangunan atas jembatan (SNI 2541, 2008). Pada bab ini akan dijelaskan terkait metode pelaksanaan pekerjaan pilar jembatan untuk kondisi kering. Untuk bagian-bagian dari struktur *abutment* dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut:



Gambar 5.18 - Pilar jembatan

### 5.3.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pilar Jembatan

Pekerjaan pelaksanaan pilar jembatan dilakukan oleh Penyedia Jasa setelah pekerjaan fondasi selesai dilakukan dan telah memenuhi persyaratan siap kerja serta izin dari Pengawas Pekerjaan.

#### 5.3.2.1 Pekerjaan Persiapan Pilar Jembatan

Pekerjaan persiapan mencakup pekerjaan pengukuran dan pemasangan *bowplank* yang dilakukan oleh tenaga *surveyor* dengan Pengawas Pekerjaan. Ketentuan dan tahapan pekerjaan persiapan yang harus dipenuhi oleh Penyedia Jasa pada pilar jembatan yang mengacu kepada pekerjaan persiapan untuk pekerjaan *abutment* 5.2.3.1

### 5.3.2.2 Pekerjaan Tanah Pilar Jembatan

#### a. Pekerjaan Galian



**Gambar 5.19 - Pekerjaan galian pilar jembatan**

Pekerjaan tanah pada pilar jembatan berupa galian yang terdapat pada bagian poer (*pile cap*), pekerjaan galian dilaksanakan secara *open cut*. Surveyor akan memberikan patok-patok panduan serta berapa kedalaman galian yang harus dicapai sesuai dengan desain rencana. Excavator melakukan penggalian sesuai dengan urutan dan panduan dari Surveyor dan diawasi oleh Pengawas Pekerjaan. Ketentuan dan syarat pelaksanaan untuk pekerjaan galian mengacu pada 4.2.3.2 Pekerjaan Tanah *Abutment*.

### 5.3.2.3 Pekerjaan Struktur Pilar Jembatan (Pier)

Pekerjaan struktur pilar jembatan dilakukan secara bertahap dimulai dari bagian poer (*pile cap*), badan pilar (*pier column*), dan kepala pilar (*pier head*). Adapun tahapan umum pekerjaan pilar meliputi pembuatan lantai kerja, penulangan, pembuatan bekisting (*formwork*), pengecoran dan perawatan beton pasca pengecoran.

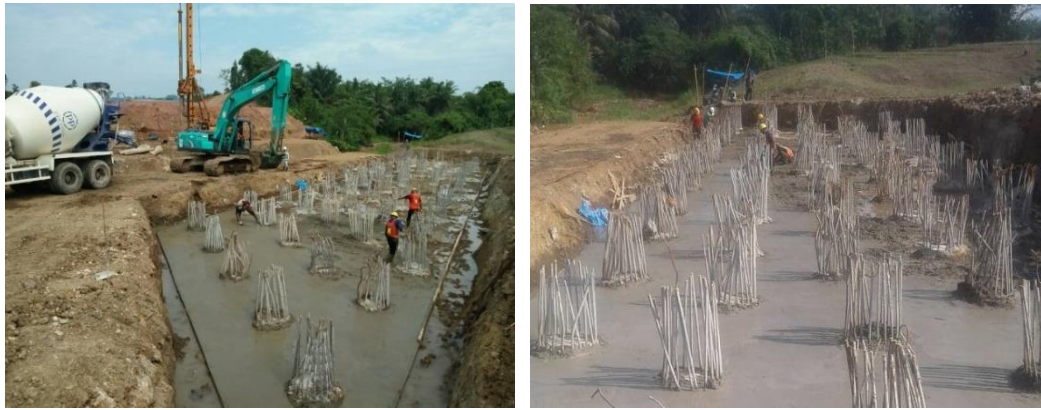
Semua pekerjaan terkait pekerjaan struktur kepala jembatan yang dilakukan Penyedia Jasa harus sesuai dengan rencana dan Gambar Kerja, serta diperiksa dan diawasi langsung oleh Pengawas Pekerjaan. Tahap pekerjaan struktur kepala jembatan adalah sebagai berikut:

#### a. Pekerjaan Poer (*Pile Cap*)

##### 1. Pekerjaan Pembuatan Pasir Urugan dan Lantai Kerja (*Lean Concrete*)

Pekerjaan pasir urugan dan lantai kerja dengan ketebalan minimum 100 mm (Spesifikasi Umum), dilakukan sebagai pekerjaan tahap awal sebelum melakukan pekerjaan penulangan. Mutu beton yang digunakan berkisar antara 10 s/d 15 MPa (Pd T-07-2005-B). Pada pembuatan lantai kerja, pelaksanaan sama seperti pelaksanaan lantai kerja pada *abutment* dengan spesifikasi yang sesuai dengan rencana.





**Gambar 5.20 - Pekerjaan galian pilar jembatan**

## 2. Pekerjaan Bekisting (*Formwork*) Poer (*Pile Cap*)

Jika penulangan sudah selesai dan sesuai dengan rencana dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, maka tahap selanjutnya adalah pekerjaan bekisting untuk poer (*pile cap*).

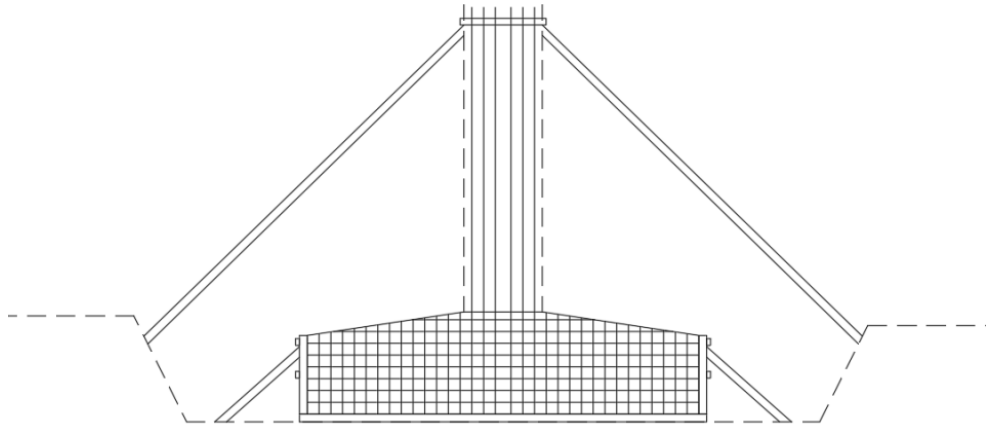


**Gambar 5.21 - Pekerjaan bekisting *pile cap***

Tahap pekerjaan bekisting pada pilar sama dengan tahap pekerjaan pada *abutment*, hanya saja dimensi dan bentuk bekisting yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan yang ada. Proses pekerjaan bekisting harus diawasi oleh Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan bekisting merujuk pada Bab 3.2.2.

## 3. Pekerjaan Penulangan Poer (*Pile Cap*)

Setelah lantai kerja selesai tahap selanjutnya adalah pengerjaan penulangan poer (*pile cap*). Penulangan poer (*pile cap*) yang sebelumnya telah disiapkan dengan ukuran dan dimensi sesuai dengan rencana. Proses penulangan dilakukan dibawah pengawasan Pengawas Pekerjaan. Ilustrasi pekerjaan penulangan poer (*pile cap*) diperlihatkan pada Gambar 5.22 berikut.

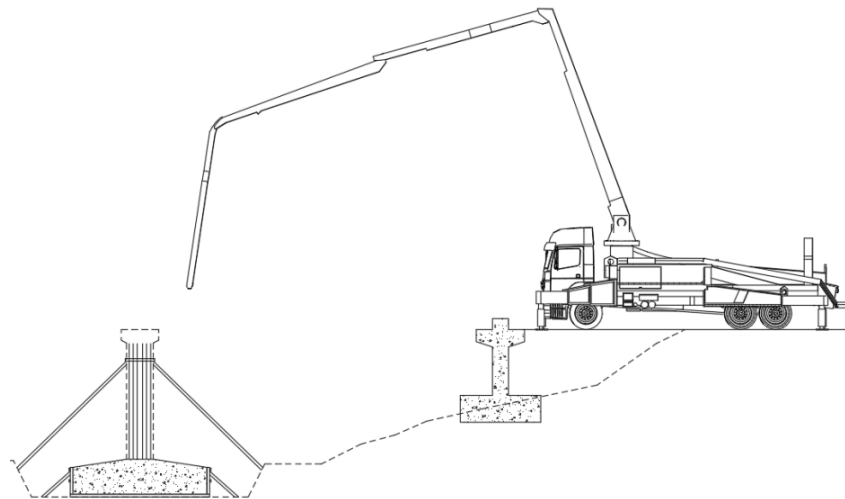


**Gambar 5.22 - Pekerjaan penulangan poer (*pile cap*)**

Posisi penulangan untuk poer (*pile cap*) ditopang untuk mencegah bergesernya tulangan dari kedudukan rencana dan tetap kokoh pada saat pengecoran. Syarat dan prosedur pekerjaan penulangan merujuk pada Bab 3.2.4.

#### 4. Pekerjaan Pengecoran Poer (*Pile Cap*)

Setelah tahap penulangan dan bekisting telah selesai dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, maka poer (*pile cap*) dapat dilakukan pengecoran. Jika dibutuhkan dengan kondisi lapangan tertentu pengecoran dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan alat *hydraulic crane bucket* atau alat bantu pengecoran yang lain sesuai spesifikasi yang disyaratkan pada spesifikasi pekerjaan dan persetujuan Pengawas Pekerjaan. Selama masa pengecoran harus dilakukan pemadatan dengan menggunakan *concrete vibrator* untuk memastikan tidak terdapat rongga pada beton yang sedang dilakukan pengecoran. Ilustrasi pekerjaan pengecoran poer (*pile cap*) diperlihatkan pada Gambar 5.23 berikut



**Gambar 5.23 - Pekerjaan pengecoran poer (*pile cap*)**

Selama proses pengecoran poer (*pile cap*), pekerjaan sepenuhnya harus diawasi dan diperiksa oleh Pengawas Pekerjaan. Dalam proses pengecoran dengan perbedaan elevasi lokasi pengecoran, maka tinggi jatuh maksimal beton segar selama proses pengecoran adalah 80 cm. Jika melebihi tinggi tersebut maka diharuskan menggunakan alat bantu dapat berupa talang tambahan. Akan tetapi jika dengan penggunaan talang masih belum terpenuhi terhadap tinggi jatuh maksimum yang disyaratkan. Maka pengecoran harus dibantu dengan concrete pump atau *crane bucket*.

#### 5. Pekerjaan Finishing dan *Curing* Poer (*Pile Cap*)

Setelah semua tahap dilakukan, maka selanjutnya tahap *curing* pada poer (*pile cap*), *curing* segera dilaksanakan setelah bekisting (*formwork*) dibuka. *Curing* dapat dilakukan dengan menggunakan penyiraman air dan *curing compound*.

Perawatan dan waktu pembongkaran bekisting harus disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan pembongkaran bekisting dan perawatan beton merujuk pada Bab 2.2.9.8.



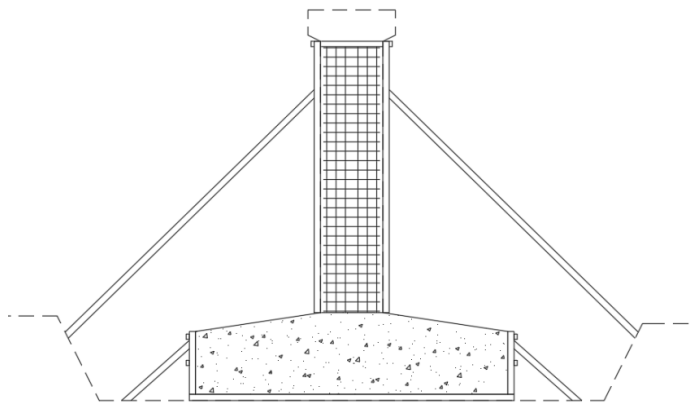


**Gambar 5.24 - Pekerjaan finishing poer (*pile cap*)**

b. Pekerjaan Badan Pilar (*Pier Column*)

1. Pekerjaan Penulangan Pier Kolom

Untuk tahap penulangan pier kolom dilakukan setelah pekerjaan beton pada poer (*pile cap*) telah selesai masa *initial setting*. Penulangan dilakukan sesuai dengan ukuran dan dimensi yang telah direncanakan.



**Gambar 5.25 - Pekerjaan penulangan pier kolom**

Penulangan *pier* kolom harus dilakukan dengan pengawasan dan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan penulangan *pier* kolom merujuk pada Bab 3.2.4.

## 2. Pekerjaan Bekisting *Pier* Kolom

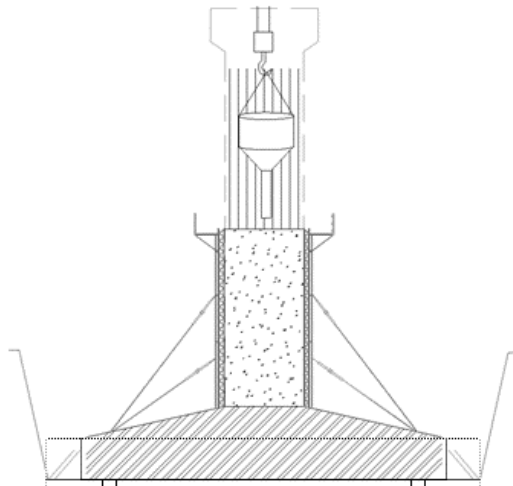
Setelah melakukan penulangan pada pier kolom, maka tahap selanjutnya adalah proses pemasangan bekisting. Jika pier kolom yang akan dikerjakan memiliki volume yang besar, pekerjaan pemasangan bekisting, penulangan, dan pengecoran dapat dibagi secara bertahap. Syarat dan prosedur pekerjaan bekisting *pier* kolom merujuk pada Bab 3.2.2.



**Gambar 5.26 - Pekerjaan bekisting *pier* kolom**

## 3. Pekerjaan Pengecoran Pier Kolom

Jika pekerjaan bekisting telah selesai dikerjakan maka selanjutnya pier kolom telah dapat dilakukan pengecoran. Dengan kondisi lapangan tertentu, pengecoran dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan alat *Hydraulic Crane Bucket*.





**Gambar 5.27 - Pekerjaan pengecoran poer (*pile cap*)**

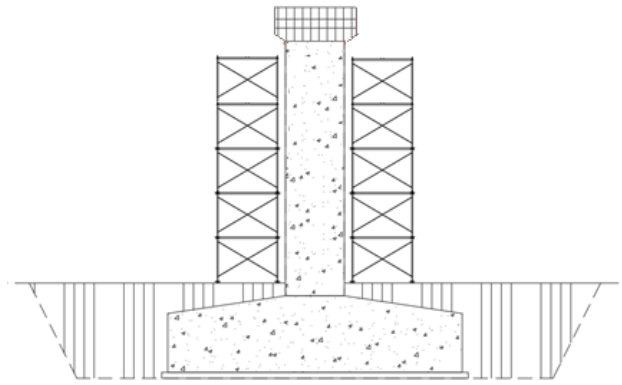
Selama masa pengecoran harus dilakukan pemadatan dengan menggunakan *concrete vibrator* untuk memastikan tidak terdapat rongga pada beton yang sedang dilakukan pengecoran. Sama halnya dengan pekerjaan penulangan dan pemasangan bekisting, jika pekerjaan pengecoran *pier* kolom yang dilakukan memiliki volume yang besar, maka dalam pengecoran harus dilakukan tindak pengendalian suhu dengan ketentuan yang merujuk pada Bab 2.2.9.9. Selama proses pengecoran *pier* kolom, pekerjaan sepenuhnya harus diawasi dan diperiksa oleh Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan pengecoran *pier* kolom merujuk pada Bab 2.2.9.4.

c. Pekerjaan Kepala Pilar (*Pier Head*)

1. Pekerjaan Penulangan Kepala Pilar

Setelah pekerjaan *pier* kolom selesai dan beton yang dicor telah melewati masa *setting time*, maka pekerjaan selanjutnya adalah melakukan penulangan pada kepala pilar. Sama halnya dengan pekerjaan penulangan sebelumnya. Ilustrasi pekerjaan penulangan kepala pilar



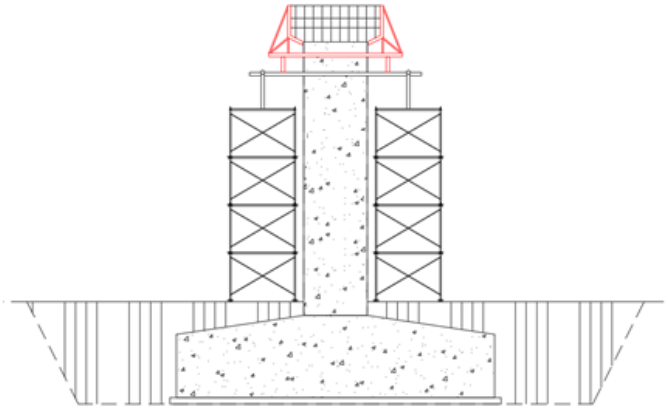


**Gambar 5.28 - Pekerjaan penulangan kepala pilar**

Penulangan badan kepala pilar harus dilakukan dengan pengawasan dan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan penulangan kepala pilar merujuk pada Bab 3.2.4.

## 2. Pekerjaan Bekisting Kepala Pilar

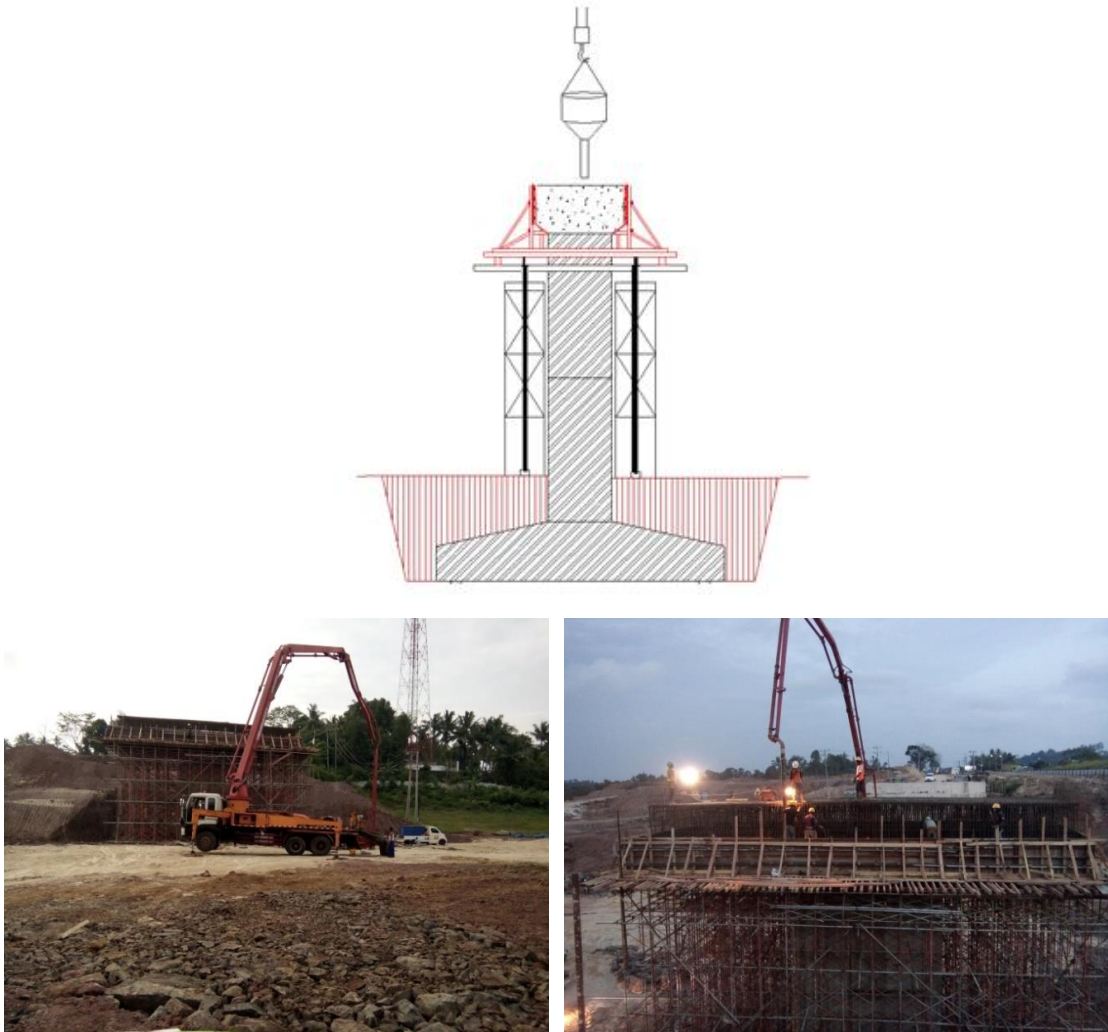
Setelah pekerjaan kepala pilar selesai dengan pemeriksaan dan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan, maka selanjutnya dilakukan tahap pekerjaan bekisting untuk kepala pilar. Pekerjaan bekisting kepala pilar dilakukan dengan tahapan dan proses yang sama dengan tahapan bekisting pada pekerjaan sebelumnya. Syarat dan prosedur pekerjaan bekisting kepala pilar merujuk pada Bab 3.2.2.



**Gambar 5.29 - Pekerjaan bekisting kepala pilar**

### 3. Pekerjaan Pengecoran Kepala Pilar

Setelah pekerjaan penulangan dan bekisting telah selesai serta disetujui oleh pengawas, pekerjaan pengecoran kepala pilar dapat dimulai. Pengecoran dapat dilakukan dengan alat *Hydraulic Crane Bucket* atau alat bantu pengecoran lain sesuai spesifikasi yang disyaratkan pada spesifikasi pekerjaan dan persetujuan Pengawas Pekerjaan. Ilustrasi pekerjaan pengecoran kepala pilar diperlihatkan pada Gambar 5.30 berikut.



**Gambar 5.30 - Pekerjaan pengecoran kepala pilar**

Selama pengecoran berlangsung beton harus dipadatkan menggunakan *concrete vibrator* hingga pengecoran selesai. Selama proses pengecoran kepala pilar, pekerjaan sepenuhnya harus diawasi dan diperiksa oleh Pengawas Pekerjaan. Syarat dan prosedur pekerjaan pengecoran kepala pilar merujuk pada Bab 2.2.9.4.

d. Pekerjaan Akhir dan *Curing* Pilar Jembatan

Setelah semua tahap dilakukan, maka selanjutnya tahap perawatan (*curing*), *curing* segera dilaksanakan setelah bekisting (*formwork*) dibuka, pembukaan bekisting harus diketahui dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. *Curing* dapat dilakukan dengan menggunakan penyiraman air dan *curing compound*. Untuk pekerjaan *finishing* dapat berupa pekerjaan urugan tanah pada area *pile cap*. Syarat dan prosedur pekerjaan pembongkaran bekisting dan perawatan beton merujuk pada Bab 2.2.9.8. Ilustrasi pekerjaan akhir kepala pilar diperlihatkan pada Gambar 5.31 berikut.

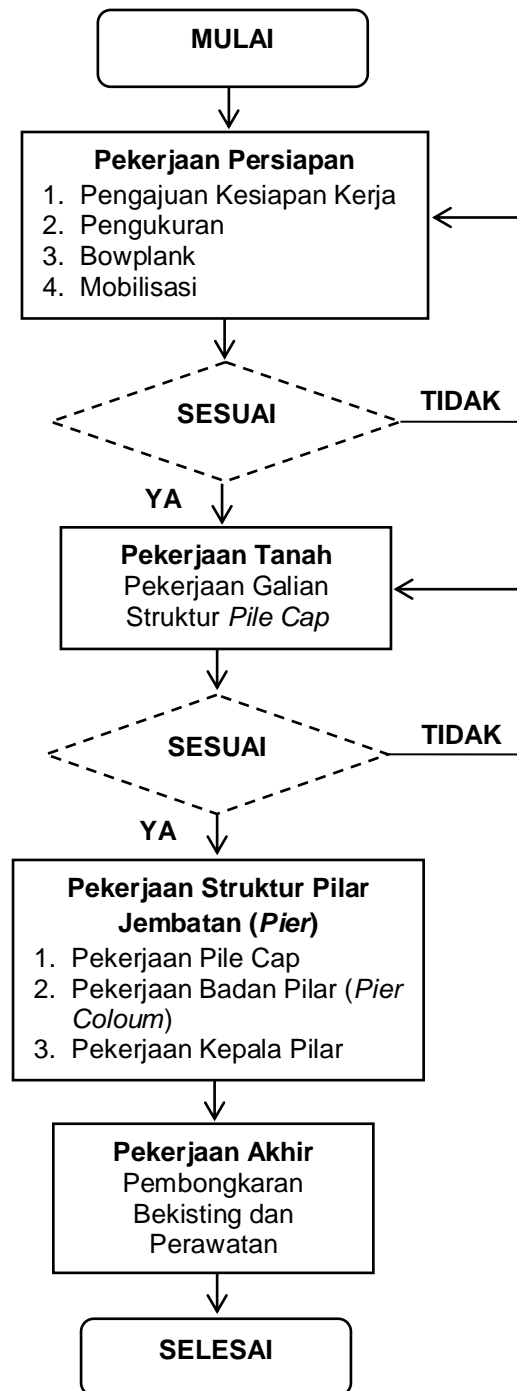


**Gambar 5.31 - Pekerjaan akhir kepala pilar**



### 5.3.2.4 Bagan Alir Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pilar Jembatan (Pier)

Proses pelaksanaan pekerjaan pilar jembatan (*pier*) dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut:



Gambar 5.32 - Bagan alir tahap pekerjaan pilar jembatan (*pier*)



## 5.4 Pilar jembatan Pada Kondisi Berair

### 5.4.1 Umum

Pada beberapa kondisi yang mengharuskan konstruksi pilar jembatan berada di daerah berair seperti sungai dengan muka air yang tinggi, maka diharuskan pekerjaan khusus yang dilakukan sebelum pilar jembatan dibangun. Pada bab ini akan membahas pekerjaan pilar jembatan pada kondisi berair.

### 5.4.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pilar Jembatan Pada Kondisi Berair

Pada beberapa lokasi khususnya lokasi pekerjaan konstruksi pilar jembatan yang bertempat pada daerah berair, jika diperlukan dilakukan pekerjaan *dewatering*. *Dewatering* pada bangunan di tengah atau di pinggir sungai termasuk dalam *dewatering* air permukaan karena pekerjaan yang akan dilakukan berada di bawah muka air permukaan. Metode yang bisa digunakan dalam melakukan *dewatering* adalah pembuatan *cofferdam*.

#### 5.4.2.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan mencakup pekerjaan pengukuran dan pemasangan *bowplank* yang dilakukan oleh tenaga *surveyor* dengan pengawasan konsultan perencana. Ketentuan dan tahapan pekerjaan persiapan yang harus dipehuni oleh Penyedia Jasa pada pilar jembatan mengacu kepada pekerjaan persiapan untuk pekerjaan *abutment* 4.2.3.1

#### 5.4.2.2 Pekerjaan Tanah

##### a. Pekerjaan Cofferdam

*Cofferdam* adalah konstruksi sementara yang digunakan sebagai penahan tanah dan air yang dirancang untuk memfasilitasi proyek konstruksi yang bertempat di bagian bawah permukaan air ataupun tanah. Dalam bab ini akan dijelaskan jenis-jenis *cofferdam* yang umum digunakan pada konstruksi sementara saat pembangunan bangunan bawah jembatan serta metode pelaksanaan pekerjaan *cofferdam*.

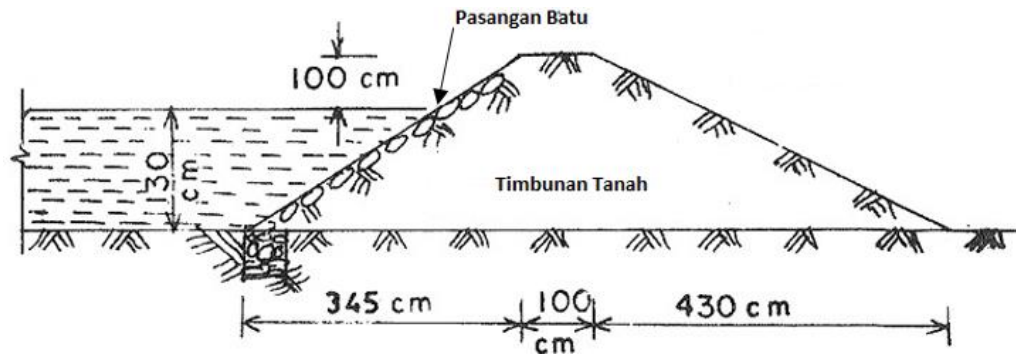
##### 1. Jenis-Jenis Konstruksi *Cofferdam*

Berdasarkan jenis material yang digunakan pada konstruksinya, terdapat beberapa jenis *cofferdam*, yaitu:

##### a) *Earth Cofferdam*

*Earth Cofferdam* adalah jenis *cofferdam* yang cocok digunakan pada kondisi air dengan kedalaman kurang dari 3 m dan memiliki kecepatan arus yang rendah. Material yang digunakan pada *cofferdam* jenis ini pada umumnya menggunakan campuran tanah.

Ketinggian dari *cofferdam* harus dirancang 1 m lebih tinggi dari permukaan air maksimum. Kemiringan sisi dari *cofferdam* harus di desain minimal 1:1 atau 1:2, dan pada bagian permukaan miring disusun batu untuk memecah arus yang dapat merusak bagian sisi yang bersinggungan langsung dengan daerah air. Ilustrasi dari *earth cofferdam* diperlihatkan pada Gambar berikut.

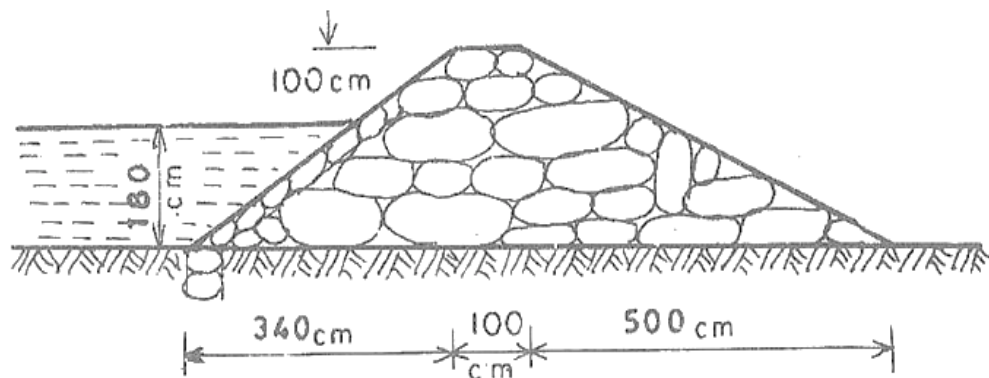


**Gambar 5.33 - Earth cofferdam**

b) *Rockfill Cofferdam*

*Rockfill cofferdam* merupakan jenis *cofferdam* yang mirip dengan *earth cofferdam*, hanya saja *rockfill cofferdam* menggunakan batu sebagai material utama yang disusun hingga membentuk bendungan.

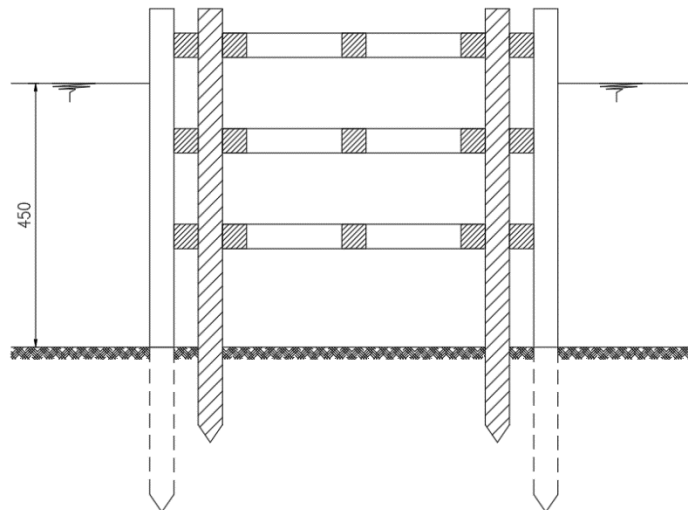
*Cofferdam* jenis ini bisa mencapai tinggi maksimum 3 m dengan kemiringan sisi yang harus dipertahankan pada 1:1,5 hingga 1:1,25. Ilustrasi dari *rockfill cofferdam* diperlihatkan pada Gambar berikut.



**Gambar 5.34 - Rockfill cofferdam**

c) *Single-Walled Cofferdam*

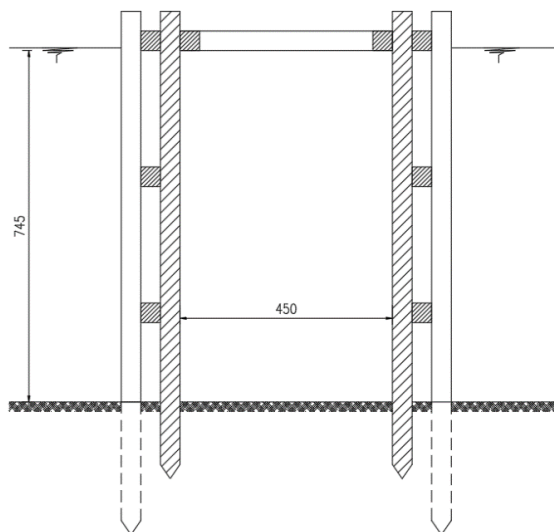
*Single-walled cofferdam* merupakan jenis *cofferdam* yang umumnya digunakan untuk kondisi tinggi muka air lebih 6 m, dan sangat cocok digunakan untuk konstruksi bagian bawah jembatan yang bersinggungan langsung dengan daerah air. Ilustrasi dari *single-walled cofferdam* diperlihatkan pada Gambar berikut.



**Gambar 5.35 - Single-walled cofferdam**

d) *Double-Walled Cofferdam*

*Double-walled cofferdam* merupakan jenis *cofferdam* yang cocok digunakan untuk kondisi permukaan air hingga kedalaman 12 m. Dengan kondisi kedalaman air tersebut maka tekanan yang mampu ditahan oleh *cofferdam* akan menjadi lebih besar, sehingga pada *cofferdam* jenis ini menggunakan 2 lapis dinding untuk mendukung stabilitasnya. Ilustrasi dari *double-walled cofferdam* diperlihatkan pada Gambar berikut.



**Gambar 5.36 - Double-walled cofferdam**

2. Ketentuan Pelaksanaan Pekerjaan *Cofferdam*

Penyedia Jasa sebagai pelaksanaan pekerjaan *cofferdam* harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) *Cofferdam* yang sesuai dan praktis harus digunakan bilamana muka air yang dihadapi lebih tinggi dari elevasi dasar dari galian. Dalam pengajuannya, Penyedia Jasa harus menyerahkan gambar yang menunjukkan usulannya tentang metode pembuatan *cofferdam* untuk disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

- b) *Cofferdam* atau krib untuk pembuatan fondasi, secara umum harus dilaksanakan dengan benar sampai di bawah dasar dari telapak dan diperkaku dengan benar. Secara umum, dimensi bagian dalam dari *cofferdam* haruslah sedemikian hingga memberikan ruang gerak yang cukup untuk pemasangan cetakan dan inspeksi pada bagian luar dari *cofferdam*, dan memungkinkan pemompaan di luar cetakan. *Cofferdam* atau krib yang bergeser atau bergerak ke arah samping selama pelaksanaan penurunan fondasi harus diperbaiki atau diperluas hingga dapat menyediakan ruang gerak yang diperlukan.
- c) Bilamana terdapat kondisi yang tidak praktis untuk mengeringkan air pada fondasi sebelum penempatan telapak, sebagaimana ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan, Pengawas Pekerjaan dapat meminta pelaksanaan lapisan beton yang kedap dengan suatu dimensi yang dipandang perlu, dan dengan ketebalan yang sedemikian untuk menahan setiap kemungkinan gaya angkat yang akan terjadi. Beton untuk lapisan kedap yang demikian harus dipasang sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar atau sebagaimana diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan. Fondasi ini kemudian harus dikeringkan dan telapak dipasang. Ketika krib pemberat digunakan dan berat tersebut dimanfaatkan untuk mengatasi sebagian tekanan hidrostatik yang bekerja pada dasar dari lapisan kedap dari fondasi, jangkar khusus seperti dowel atau lidah-alur harus disediakan untuk memindahkan seluruh berat dari krib ke lapisan kedap dari fondasi tersebut. Bilamana lapisan kedap dari fondasi diletakkan di bawah permukaan air, *cofferdam* harus dilepas atau dipisah pada muka air terendah sebagaimana yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.
- d) *Cofferdam* haruslah dibuat untuk melindungi beton yang masih muda terhadap kerusakan akibat naiknya aliran air yang tiba-tiba dan untuk mencegah kerusakan fondasi akibat erosi. Tidak ada kayu atau pengaku yang boleh ditinggal dalam *cofferdam* atau krib hingga memperluas pasangan batu bangunan bawah, tanpa persetujuan Pengawas Pekerjaan.
- e) Setiap pemompaan yang diperkenankan dari bagian dalam dari setiap bagian fondasi harus dilakukan sedemikian hingga dapat menghindarkan kemungkinan terbawanya setiap bagian dari bahan beton tersebut. Setiap pemompaan yang diperlukan selama pengecoran beton, atau untuk periode paling sedikit 24 jam sesudahnya, harus dilaksanakan dengan pompa yang diletakkan di luar acuan beton tersebut. Pemompaan untuk pengeringan air tidak boleh dimulai sampai lapisan kedap tersebut telah mengeras sehingga cukup kuat menahan tekanan hidrostatik.
- f) Jika tidak disebutkan sebaliknya, *cofferdam* atau krib, dengan semua turap dan pengaku yang termasuk di dalamnya, harus disingkirkan oleh Penyedia Jasa setelah bangunan bawah selesai. Pembongkaran harus dilakukan tanpa mengganggu, atau menandai pasangan batu yang telah selesai dikerjakan.

### 3. Lingkup Pelaksanaan Pekerjaan *Cofferdam*

Pada lingkup pekerjaan ini *cofferdam* adalah sebagai berikut:

- a) Menentukan daerah atau titik-titik tempat yang akan dibuatkan *Cofferdam* yaitu di daerah sekeliling titik rencana kepala jembatan/pilar.
- b) Kemudian *sheet pile* dipancang atau dipasang ke dalam air sampai menyentuh atau mendapatkan dasar sungai/tanah dasar sungai,
- c) Setelah *sheet pile* terpasang dengan ketinggian rencana, selanjutnya dipasang/diselipkan pelat baja/*puddle* untuk menahan rembesan air agar tidak masuk ke dalam area *cofferdam*,
- d) Setelah itu dilanjutkan dengan pemasangan *bracing* atau penahan antara *sheet pile* yang satu dengan yang *sheet pile* yang lainnya,
- e) Setelah pekerjaan *cofferdam* dapat dilanjutkan dengan pekerjaan *dewatering*.

Detail pekerjaan pelaksanaan/pemancangan *cofferdam* yang menggunakan *sheet pile* dapat merujuk dinding turap dapat merujuk pada sub bab 4.4.4.2.

#### b. Pengeringan (*Dewatering*)

Konstruksi pilar pada kondisi lokasi berair diharuskan melakukan pengeringan terlebih dahulu. Tindakan untuk pengeringan tersebut dapat dilakukan dengan cara pompanisasi atau pengeringan dengan sistem gravitasi. Alat yang digunakan untuk proses *dewatering* berupa pompa air yang memiliki spesifikasi dan kapasitas yang minimal sesuai dengan Dokumen Kontrak.

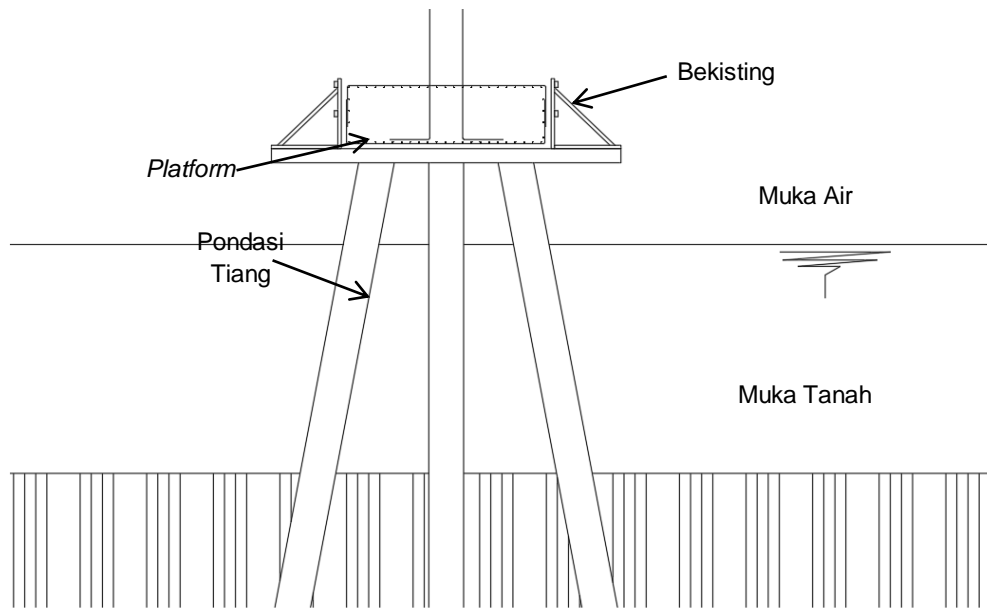
#### 5.4.2.3 Pekerjaan Struktur Pilar Jembatan Pada Kondisi Berair

Pekerjaan struktur pilar jembatan pada kondisi berair sama halnya dengan pekerjaan pilar jembatan pada kondisi kering. Pekerjaan dilakukan secara bertahap dimulai dari bagian poer (*pile cap*), badan pilar (*pier column*), dan kepala pilar (*pier head*). Adapun tahapan umum pekerjaan pilar meliputi pembuatan lantai kerja, penulangan, pembuatan bekisting (*formwork*), pengecoran dan perawatan beton pasca pengecoran.

Semua pekerjaan terkait pekerjaan struktur kepala jembatan yang dilakukan Penyedia Jasa harus sesuai dengan rencana dan Gambar Kerja, serta diperiksa dan diawasi langsung oleh Pengawas Pekerjaan. Tahapan pelaksanaan pekerjaan struktur pilar jembatan pada mengacu pada bab 4.3.2.3.

Adapun ketentuan yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan pekerjaan struktur pilar jembatan pada kondisi berair adalah sebagai berikut:

- a. Pekerjaan bekisting pada pilar dengan kondisi berair harus di perhitungkan terhadap muka air tertinggi untuk menghindari masuknya air kedalam bekisting. Ilustrasi untuk pekerjaan bekisting diperlihatkan pada Gambar berikut:



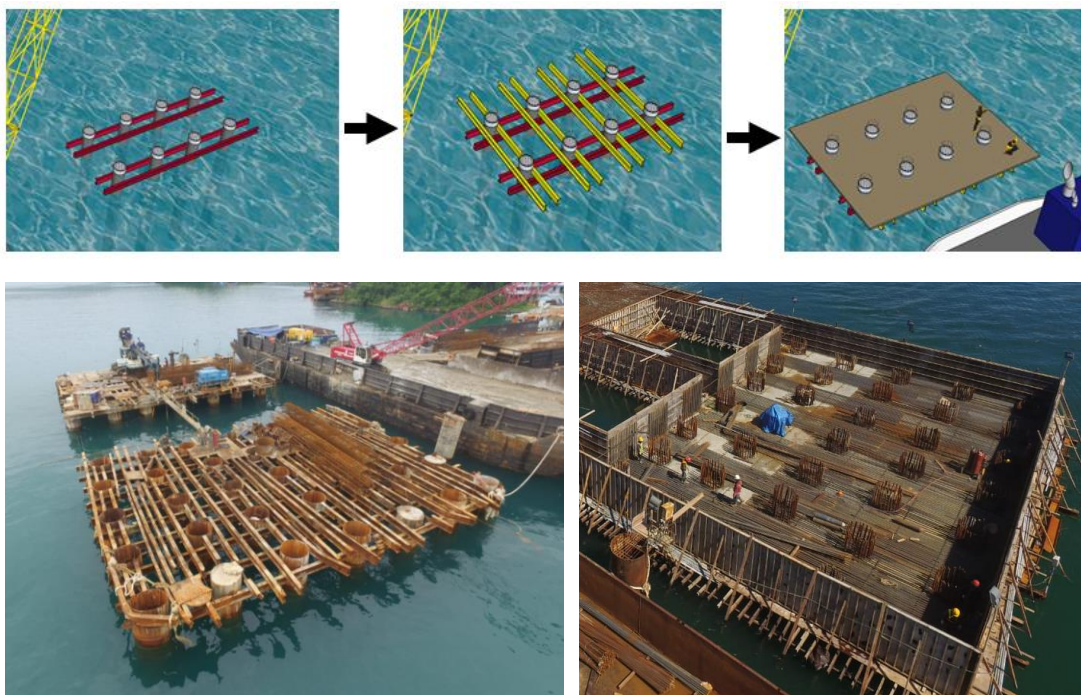
**Gambar 5.37 - Platform bekisting untuk pekerjaan *pile cap***

- b. Jika jarak lokasi pile cap dengan daratan < 30 m , dapat digunakan concrete pump sebagai alat bantu untuk proses pengecoran. Sedangkan untuk jarak > 30 m, Penyedia Jasa harus menyediakan ponton sebagai alat bantu untuk mencapai titik lokasi pengecoran.

Tahap proses pekerjaan pilar jembatan pada kondisi berair diilustrasikan dalam rangkaian gambar berikut:

- a. Pekerjaan Pembuatan Platform Kepala Tiang

Tahapan pemasangan platform pada kepala tiang (*pile cap*) diperlihatkan pada Gambar berikut.

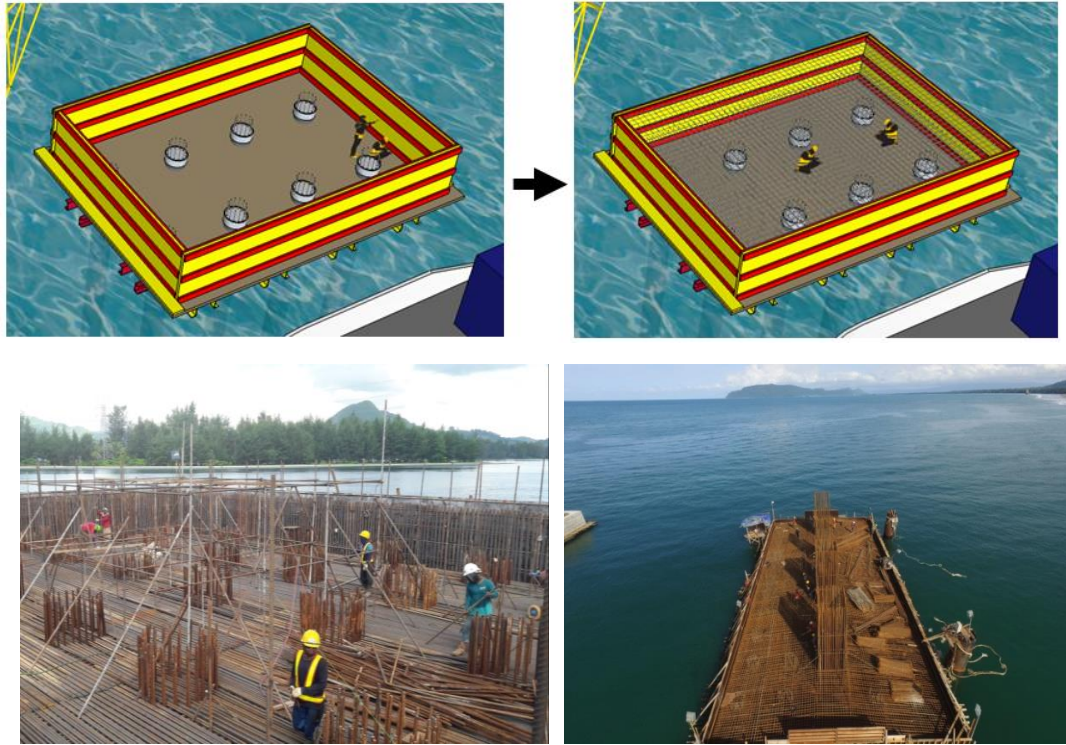


**Gambar 5.38 - Pekerjaan platform pile cap**



b. Penulangan Kepala Tiang

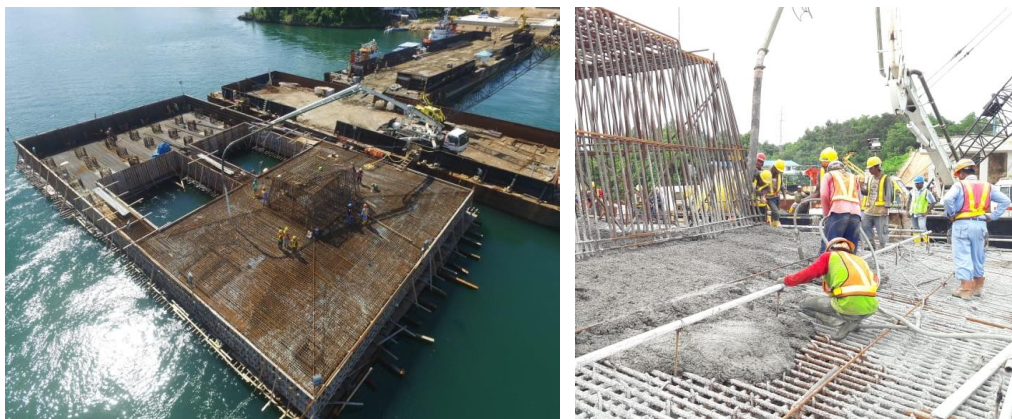
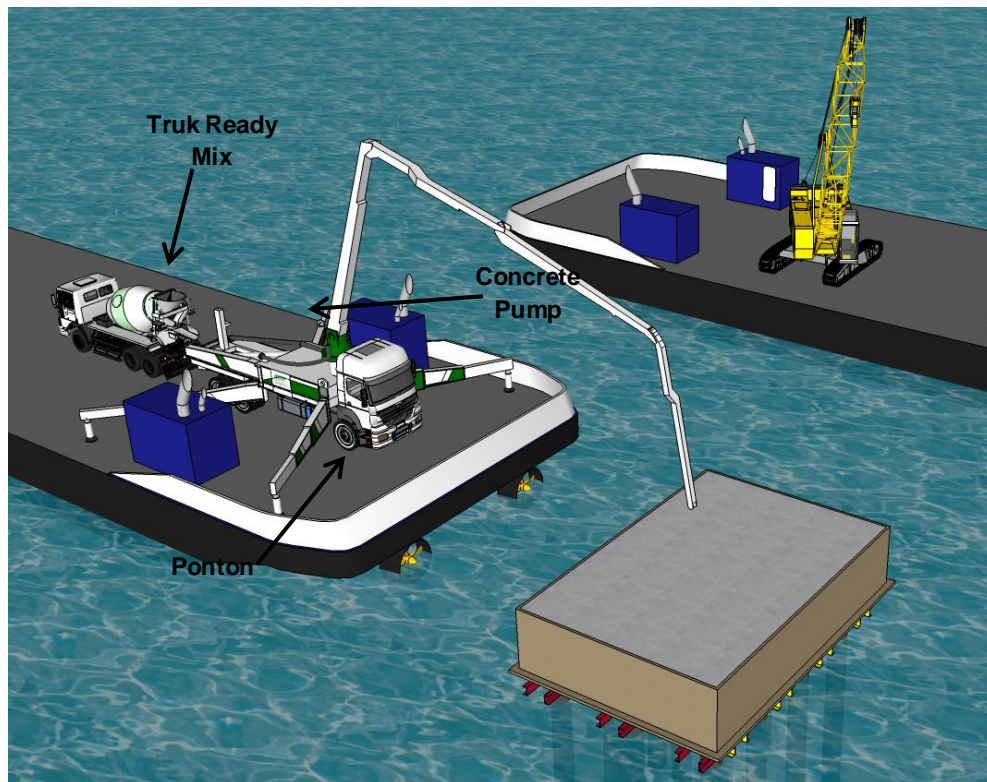
Secara umum pekerjaan penulangan kepala tiang pada kondisi berair sama dengan pekerjaan penulangan kepala tiang pada kondisi kering (Sub Bab 5.3.2.3.a). Tahapan penulangan pada kepala tiang (*pile cap*) diperlihatkan pada Gambar berikut.



**Gambar 5.39 - Pekerjaan penulangan kepala tiang (*pile cap*)**

c. Pekerjaan Pengecoran Kepala Tiang

Tahapan pengecoran dilakukan setelah proses penulangan selesai. Secara garis besar teknis pengecoran yang dilakukan sama dengan pengecoran pada umumnya seperti yang telah dijelaskan pada Sub Bab 2.2.9.4. hanya saja untuk pengecoran pada kondisi berair diperlukan alat bantu yang bersifat situasional seperti penggunaan ponton dan *concrete pump*. Tahapan pengecoran pada kepala tiang (*pile cap*) diperlihatkan pada Gambar berikut.



**Gambar 5.40 - Pekerjaan pengecoran kepala tiang**

d. Pekerjaan Badan Pilar (*Pier Coloum*)

Pada dasarnya tahap pekerjaan badan pilar pada kondisi berair sama dengan tahapan pekerjaan badan pilar pada kondisi kering. Pekerjaan dimulai setelah bagian kepala tiang mengeras. Dengan urutan dan tahapan pekerjaan merujuk pada sub bab 5.3.2.3.b.

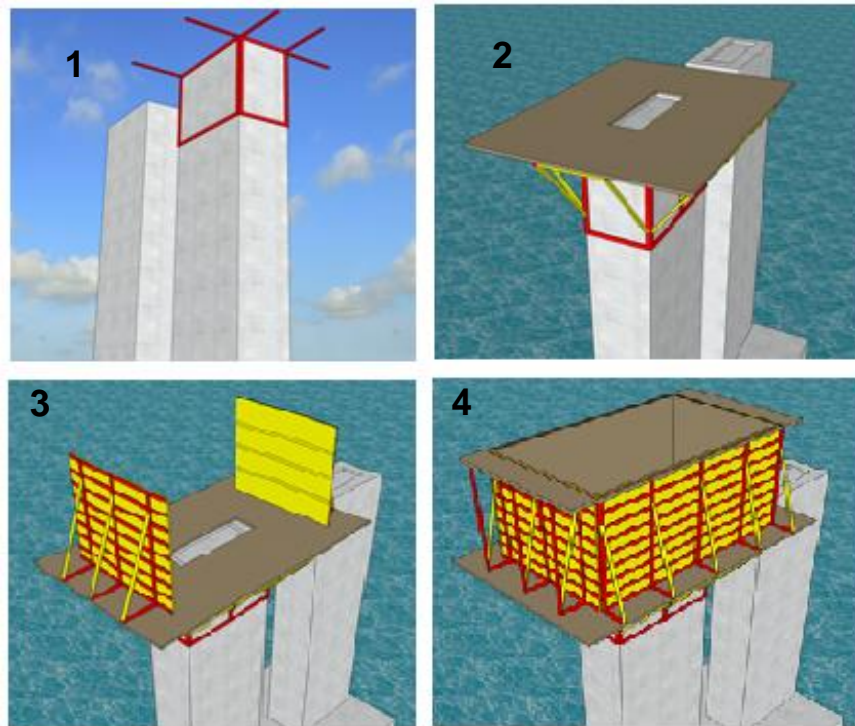




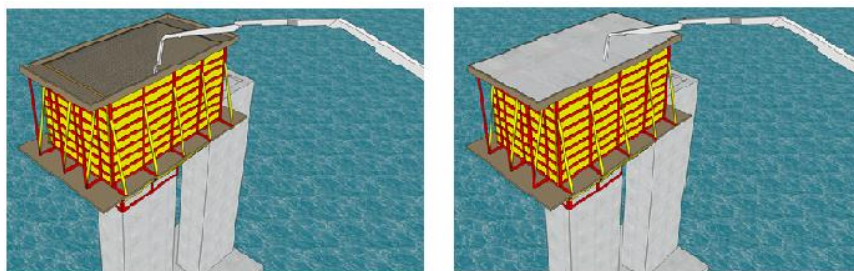
**Gambar 5.41 - Pekerjaan badan pilar**

e. Pekerjaan Kepala Pilar (*Pier Head*)

Pekerjaan kepala pilar dimulai dengan pemasangan platform yang berfungsi sebagai landasan dan bekisting kepala pilar. Selanjutnya dilakukan perakitan tulangan pada kepala tiang, setelah tulangan dirakit tahap terakhir adalah proses pengecoran. Pengecoran dilakukan dengan bantuan *concrete pump*. Tahapan pekerjaan kepala pilar diperlihatkan pada Gambar Berikut.



**Gambar 5.42 - Pekerjaan platfrom dan bekisting kepala pilar**



**Gambar 5.43 - Pekerjaan pengecoran kepala pilar**

Sama halnya dengan pengecoran pada kepala tiang, proses pengecoran kepala pilar juga menggunakan concrete pump sebagai alat bantu memompa beton ke bagian kepala pilar.

### 5.5 K3 Pekerjaan Bangunan Bawah Jembatan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada pekerjaan bangunan bawah jembatan akan diuraikan menjadi dua bagian, yaitu terkait potensi bahaya dan antisipasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi, dan mencegah bahaya yang akan timbul dari pekerjaan yang dilakukan. Prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada pekerjaan bangunan bawah jembatan diperlihatkan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1 - Prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pekerjaan bangunan bawah jembatan**

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
Kepala Jembatan ( <i>Abutment</i> ) Dan Pilar Jembatan ( <i>Pier</i> )	Pekerjaan Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pekerja tidak memakai peralatan kerja standar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemakaian peralatan perlindungan kerja standar (APD)</li> </ul>
	Pekerjaan Mobilisasi dan Demobilisasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat tempat kerja kurang memenuhi syarat,</li> <li>• Kecelakaan dan gangguan kesehatan pekerja akibat penyimpanan peralatan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemakaian peralatan perlindungan kerja standar (APD)</li> <li>• Menyediakan kantor lapangan dan tempat tinggal pekerja yang memenuhi syarat,</li> <li>• Menyediakan lahan, gudang dan bengkel yang memenuhi syarat.</li> </ul>
	Pekerjaan Tanah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan terkena alat gali.</li> <li>• Terluka karena terkena pecahan batu hasil galian.</li> <li>• Kecelakaan akibat operasional alat berat baik di tempat lokasi galian.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemakaian peralatan perlindungan kerja standar (APD)</li> <li>• Jarak antara penggali harus aman.</li> <li>• Operasional alat berat harus dilakukan sesuai dengan standar.</li> </ul>

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
	Pekerjaan Bekisting	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tertimpa dam tertimbun tanah galian.</li> <li>• Kecelakaan akibat runtuhnya sisi galian akibat pembebanan,</li> <li>• Terjadi kecelakaan atau luka oleh karena paku-paku.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemakaian peralatan perlindungan kerja standar (APD)</li> <li>• Pemasangan bekisting harus dilakukan oleh pekerja terampil yang telah berpengalaman dibidangnya.</li> </ul>
	Pekerjaan Pembesian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat pelaksanaan penulangan yang tidak dilakukan oleh tenaga yang berpengalaman dan ahli dibidangnya,</li> <li>• Tertimpa besi tulangan, terkena kawat tulangan, dan lain-lain,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemakaian peralatan perlindungan kerja standar (APD)</li> <li>• Sisa-sisa besi/kawat baja ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan bahaya.</li> <li>• Besi tulangan yang menjorok ke luar dari lantai atau dinding harus diberi pelindung.</li> <li>• Besi tulangan tidak boleh disimpan pada perancah atau papan acuan.</li> </ul>
	Pekerjaan Pengecoran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat alat pengecoran beton</li> <li>• Tertimpa pengaduk beton ketika alat tersebut sedang diangkat,</li> <li>• Luka akibat salah penggunaan vibrator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemakaian peralatan perlindungan kerja standar (APD)</li> <li>• Penyangga pengaduk beton harus dilindungi oleh pagar pengaman.</li> <li>• Menyiapkan penerangan apabila harus bekerja pada malam hari.</li> </ul>

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
	<p>Pekerjaan Pembongkaran Bekisting</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gangguan kesehatan dan gangguan fisik lainnya akibat pekerja tidak memakai perlengkapan kerja yang memenuhi syarat,</li> <li>• Luka karena tertimpa kayu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemakaian peralatan perlindungan kerja standar (APD)</li> <li>• Pelepasan paku, baut dan lainnya harus dilakukan dengan cara yang benar.</li> </ul>

## 6. Contents

5. BANGUNAN BAWAH JEMBATAN .....	5-1
5.1 Umum.....	5-1
5.2 Kepala jembatan ( <i>abutment</i> ) .....	5-1
5.2.1 Umum .....	5-1
5.2.2 Jenis-Jenis Kepala Jembatan ( <i>Abutment</i> ).....	5-1
5.2.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kepala Jembatan ( <i>Abutment</i> ).....	5-4
5.3 Pilar Jembatan Pada Kondisi Kering.....	5-15
5.3.1 Umum .....	5-15
5.3.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pilar Jembatan.....	5-15
5.4 Pilar jembatan Pada Kondisi Berair .....	5-28
5.4.1 Umum .....	5-28
5.4.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pilar Jembatan Pada Kondisi Berair .....	5-28
5.5 K3 Pekerjaan Bangunan Bawah Jembatan .....	5-38

Gambar 5.1 - Kepala jembatan ( <i>abutment</i> ).....	5-1
Gambar 5.2 - Kepala jembatan jenis gravitasi.....	5-2
Gambar 5.3 - Kepala jembatan jenis T .....	5-2
Gambar 5.4 - Kepala jembatan jenis penopang .....	5-3
Gambar 5.5 - Kepala jembatan tipe integral.....	5-3
Gambar 5.6 - Proses penggalian tanah .....	5-5
Gambar 5.7 - Lantai kerja pekerjaan <i>abutment</i> .....	5-6
Gambar 5.8 - Pekerjaan penulangan <i>footing</i> kepala jembatan .....	5-6
Gambar 5.9 - Pekerjaan bekisting <i>footing</i> kepala jembatan.....	5-7
Gambar 5.10 - Pekerjaan pengecoran <i>footing</i> kepala jembatan .....	5-8
Gambar 5.11 - Pekerjaan <i>curing</i> <i>footing</i> kepala jembatan .....	5-8
Gambar 5.12 - Pekerjaan penulangan badan <i>abutment</i> .....	5-9
Gambar 5.13 - Pekerjaan bekisting badan <i>abutment</i> .....	5-10
Gambar 5.14 - Pekerjaan pengecoran badan <i>abutment</i> .....	5-11
Gambar 5.15 - Pekerjaan <i>wing wall</i> .....	5-12
Gambar 5.16 - Pekerjaan <i>finishing abutment</i> .....	5-13
Gambar 5.17 - Bagan alir tahapan pekerjaan kepala jembatan ( <i>abutment</i> ).....	5-14
Gambar 5.18 - Pilar jembatan .....	5-15

Gambar 5.19 - Pekerjaan galian pilar jembatan .....	5-16
Gambar 5.20 - Pekerjaan galian pilar jembatan .....	5-17
Gambar 5.21 - Pekerjaan bekisting <i>pile cap</i> .....	5-17
Gambar 5.22 - Pekerjaan penulangan poer ( <i>pile cap</i> ).....	5-18
Gambar 5.23 - Pekerjaan pengecoran poer ( <i>pile cap</i> ).....	5-19
Gambar 5.24 - Pekerjaan <i>finishing</i> poer ( <i>pile cap</i> ) .....	5-20
<b>Gambar 5.25 - Pekerjaan penulangan <i>pier</i> kolom</b> .....	5-20
Gambar 5.26 - Pekerjaan bekisting <i>pier</i> kolom.....	5-21
Gambar 5.27 - Pekerjaan pengecoran poer ( <i>pile cap</i> ).....	5-22
Gambar 5.28 - Pekerjaan penulangan kepala pilar .....	5-23
Gambar 5.29 - Pekerjaan bekisting kepala pilar.....	5-24
Gambar 5.30 - Pekerjaan pengecoran kepala pilar .....	5-25
Gambar 5.31 - Pekerjaan akhir kepala pilar .....	5-26
Gambar 5.32 - Bagan alir tahap pekerjaan pilar jembatan ( <i>pier</i> ).....	5-27
Gambar 5.33 - <i>Earth cofferdam</i> .....	5-29
Gambar 5.34 - <i>Rockfill cofferdam</i> .....	5-29
Gambar 5.35 - <i>Single-walled cofferdam</i> .....	5-30
Gambar 5.36 - <i>Double-walled cofferdam</i> .....	5-30
Gambar 5.37 - Platform bekisting untuk pekerjaan <i>pile cap</i> .....	5-33
Gambar 5.38 - Pekerjaan platform <i>pile cap</i> .....	5-33
Gambar 5.39 - Pekerjaan penulangan kepala tiang ( <i>pile cap</i> ) .....	5-34
Gambar 5.40 - Pekerjaan pengecoran kepala tiang .....	5-35
Gambar 5.41 - Pekerjaan badan pilar .....	5-36
Gambar 5.42 - Pekerjaan platfrom dan bekisting kepala pilar.....	5-37
Gambar 5.43 - Pekerjaan pengecoran kepala pilar .....	5-37
Tabel 5.1 - Prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pekerjaan bangunan bawah jembatan .....	5-38

## 6 BANGUNAN ATAS JEMBATAN

### 6.1 Umum

Bangunan atas jembatan adalah bagian struktur jembatan yang berada pada bagian atas jembatan dengan fungsinya untuk menerima beban-beban yang diakibatkan oleh lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki kemudian penyalurannya dari lantai kendaraan, Gelagar menuju abutmen atau pilar, pondasi dan terakhir pada tanah. Secara garis besar urutan pelaksanaan bangunan atas meliputi pemasangan perletakan, pemasangan struktur utama (Gelagar) kemudian lantai kendaraan. Komponen dan bentuk konstruksi bangunan atas jembatan menentukan tipe bangunan atas jembatan tersebut. Setiap tipe jembatan menentukan metode pelaksanaan bangunan atas. Pada bahasan bab ini menjelaskan tentang pelaksanaan jembatan beton, jembatan baja, jembatan kayu dan saluran.

### 6.2 Jembatan Beton Bertulang

#### a. Umum

Pelaksanaan jembatan beton umumnya dimulai dari persiapan *falsework*, *formwork*, dan pemasangan tulangan pada posisinya, sampai pengecoran dan perawatan. Metode yang sering digunakan dalam pelaksanaan tipe jembatan Gelagar beton bertulang yaitu menggunakan metode bekisting sebagai acuan (*formwork*) dan metode perancah (*falsework*) atau *scaffolding* yang dipasang sepanjang bentang pada struktur bangunan atas dimana beton akan dicor. Karakteristik lainnya adalah:

1. Scaffolding atau perancah dapat disesuaikan dengan berbagai tipe jembatan
2. Material konstruksi, termasuk elemen scaffolding, dapat dibagi dalam bagian-bagian kecil yang mudah dikirim kelokasi.
3. Penggunaan metode ini mengharuskan struktur perancah tidak mengganggu aliran air jika jembatan melintasi sungai atau lalu lintas jika jembatan melintasi jalan.

#### b. Metode yang Digunakan

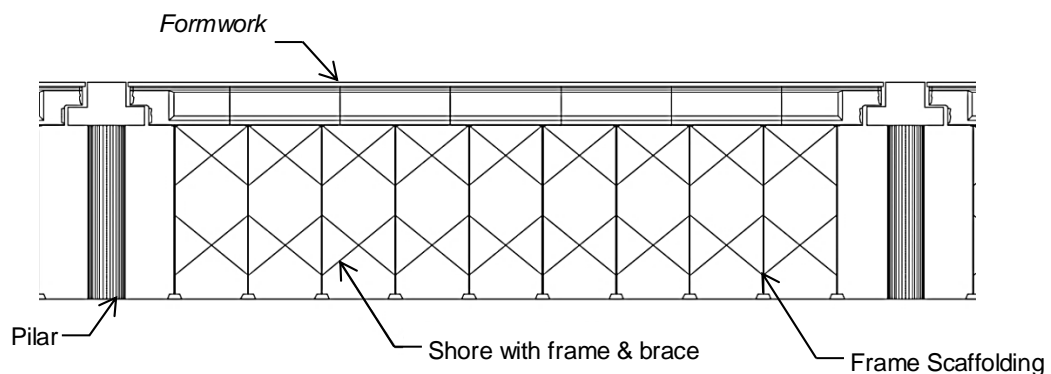
Masalah yang penting pada metode ini adalah bahwa perancah menyangga tidak hanya berat beton cor, cetakan dan beban kerja, tetapi juga menyangga beton hingga mencapai kekuatan yang cukup. Pengukuran-pengukuran efisiensi, dilakukan dalam urutan penempatan beton yang cocok, dan pemilihan yang baik dari tipe scaffolding akan meyakinkan bahwa scaffolding hanya mengalami deformasi minimal. Biaya total pelaksanaan dipengaruhi oleh biaya scaffolding yang sangat tergantung pada berat bangunan atas jembatan. Metode ini sangat banyak digunakan pada jembatan dengan bentang 6 – 20 meter menurut SE/05/Db/2017. Pelaksanaan jembatan beton bertulang adalah sebagai berikut:

#### 1. Persiapan Kerja

Pekerjaan persiapan ini mencakup pekerjaan pengukuran dan pemasangan bouwplank yang dilakukan oleh tenaga surveyor dengan pengawasan Konsultan Pengawas dengan ketentuan.



- a) Penyedia Jasa harus menyerahkan rincian spesifikasi pekerjaan, bahan, dan alat yang akan digunakan untuk melakukan pekerjaan kepala jembatan kepada Pengawas Pekerjaan. Rincian tersebut harus meliputi metode pelaksanaan dan tahapan pekerjaan yang akan dilakukan.
  - b) Penyerahan rincian harus diserahkan paling lambat 1 hari sebelum pekerjaan dilakukan.
2. Pekerjaan Mobilisasi
- Penyedia Jasa harus melakukan mobilisasi berupa alat dan bahan yang akan digunakan untuk pekerjaan kepala jembatan sebelum pekerjaan dilaksanakan. Rencana dan jadwal mobilisasi harus sesuai dengan ketentuan yang ada pada Dokumen Kontrak.
3. Pekerjaan Pengukuran dan Pemasangan Bowplank
- Pekerjaan persiapan mencakup pekerjaan Pengukuran dan Pemasangan *bowplank* pada titik posisi rencana kepala jembatan. Pekerjaan tersebut dilakukan oleh tenaga surveyor dengan pengawasan Pengawas Pekerjaan. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur (*total station* dan *waterpass*) untuk menentukan posisi serta elevasi sesuai dengan Gambar Kerja.
4. Perancah (*Falsework*)
- Perancah adalah sistem struktural yang mendukung bekisting selama masa konstruksi. *Frame scaffolding* sering digunakan karena kemudahan dan keamanan perakitannya. Metode ini digunakan dengan kondisi sebagai berikut:
- a) Tidak ada halangan di bawah Gelagar.
  - b) Ruang bebas antara Gelagar dan tanah cukup rendah.



**Gambar 6.1 – Perancah**

- c) Tanah cukup kuat menahan perancah.
- d) Jalan masuk ke lokasi sempit.
- e) Untuk perhitungan kekuatan perancah dapat dilihat pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.3.6. mengenai analisis kekuatan struktur perancah atau *scaffolding*.
- f) Urutan/prosedur pelaksanaan frame scaffolding merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.3.7. Tahap Pelaksanaan Pekerjaan Perancah (*Scaffolding*).

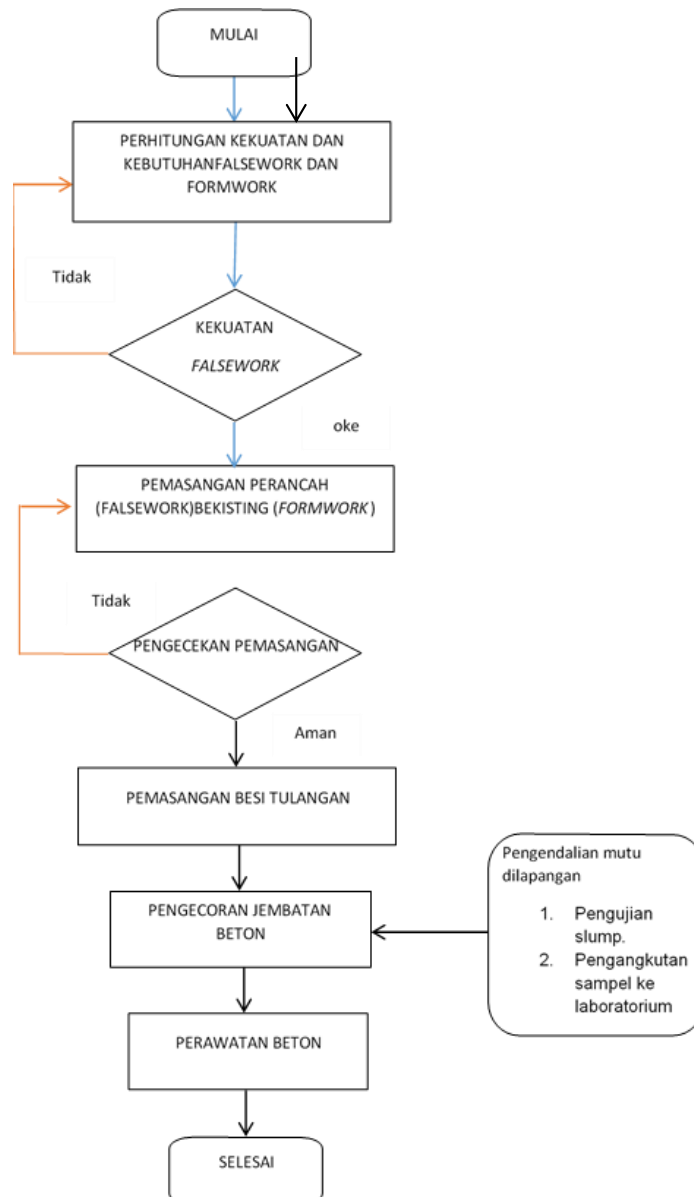
#### 5. Bekisting (*Formwork*)

Bekisting (*Formwork*) adalah tempat menuangkan adukan beton untuk jembatan beton bertulang sebagai pencetak, terbuat dari papan, tripleks, atau plat baja yang diberi rangka sehingga kuat dan tidak berubah bentuk pada saat adukan beton dituangkan. Permukaan bekisting bagian dalam harus rata dan halus agar diperoleh hasil cetakan beton yang baik suatu konstruksi yang bersifat sementara pada praktik konstruksi beton sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan. Pemasangan bekisting atau cetakan beton (*formwork*) merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.6. Prosedur pelaksanaan pekerjaan pemasangan bekisting (*Formwork*) adalah sebagai berikut.

#### 6. Tahapan Pekerjaan Penulangan dan Pengecoran

- a) Prosedur penulangan baja tulangan merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, Penulangan 3.2.4 menjelaskan tahapan, material, jenis baja tulangan, kawat pengikat dan syarat, mutu bahan, jenis-jenis pembengkokan tulangan, mengenai jenis pembengkokan tulangan hal yang diperhatikan merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.4.
- b) Instalasi baja tulangan lantai dan struktur Gelagar membahas mengenai penyimpanan dan penanganan, pengajuan kesiapan kerja, dan penempatan dan pengikatan merujuk Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.4. Tahapan Pekerjaan Persiapan Penulangan atau Bab 6 Bangunan Atas Jembatan 6.5.8 Instalasi Tulangan Lantai. Selimut beton untuk konstruksi beton bertulang merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.7 mengenai selimut penutup penulangan (*Concrete Cover*) dan toleransinya.
- c) Pengecoran beton pada jembatan beton bertulang merujuk pada Bab 2 Material, 2.2.9.5 Pengecoran Beton Bertulang, menjelaskan pelaksanaan persiapan pengecoran, kesiapan tempat kerja, peralatan pengecoran, pemadatan beton dan teknik pemadatan beton, penjelasan sambungan (*join*), sambungan pelaksanaan selama konstruksi, dan perawatan beton pasca pengecoran.
- d) Tahap pelaksanaan pekerjaan bekisting (*formwork*) merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.6 untuk tahap pekerjaan acuan kerja (*formwork*).
- e) Mengenai sambungan bekisting kedap terhadap air dapat dilakukan sesuai dengan rujukan pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.2.7, untukantisipasi terjadinya keropos pada beton.

- f) Tahap persiapan bekisting untuk pengecoran dilakukan sebelum pembersihan bekisting, penggunaan bahan pelepas sebagai kemudahan pembongkaran, pembongkaran dan pembersihan pasca pengecoran merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.8 tentang Persiapan Acuan Untuk Pengecoran.
7. Pengendalian Mutu Di lapangan
- a) Untuk pengambilan sampel pengujian beton, persyaratan pengambilan sampel pengujian di lapangan, cara pengangkutan sampel ke laboratorium. Dapat dilihat pada Bab 2 Material 2.2.10.4.
- b) Slump test adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur tingkat kekakuan dari beton segar. Dengan cara mengukur penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Cara melakukan pengujian slump test merujuk pada Bab 2 Material, Slump Test 2.2.3.3.
8. Bagan Alir Pelaksanaan Jembatan Gelgar Beton



**Gambar 6.2 - Flow Chart Pelaksanaan Jembatan Beton**

### 6.3 Jembatan Gelagar

Pada Subbab ini menjelaskan tentang pengerjaan dan tatacara pelaksanaan tipe bangunan atas Gelagar yang umum digunakan di Indonesia. Tipe bangunan atas Gelagar sebagai berikut:

a. Gelagar Beton Pasca Tarik (*Post-Tension*)

Pada umumnya, tahap pelaksanaan dalam pekerjaan ini tergantung pada perencanaannya. Subbab ini menjelaskan tatacara pelaksanaan dari pengangkutan unit Gelagar, penyambungan unit Gelagar, peralatan dan bahan yang digunakan, pelaksanaan penyambungan unit Gelagar pracetak, pemberian prategang, *grouting* lubang tendon, pemasangan Gelagar beton.

b. Gelagar Beton Pra-Tarik (*Pre-Tension*)

Menjelaskan landasan gaya prategang, penempatan tendon, metode pre-tension, ketentuan kekuatan beton tercapai dan prosedur pelaksanaan pemasangan Gelagar beton.

c. Gelagar Baja Komposit

Menjelaskan komponen Gelagar baja, pelaksanaan Gelagar baja komposit dan pemasangan Gelagar baja komposit.

#### 6.3.1 Gelagar Beton Pasca-Tarik (*Post-Tension*)

a. Umum

Subbab ini menjelaskan tatacara pengerjaan Gelagar *Pasca Tarik (Post-Tension)* dengan tipikal Gelagar berbentuk tipe-I, tipe Super-Tee . Dengan pelaksanaan pengangkutan unit Gelagar pracetak, penyimpanan, peralatan *stressing*, pelaksanaan, penyambungan unit Gelagar, pemberian gaya prategang dan *grouting*. Bentang yang diisyaratkan berdasarkan SE 05/SE/Db/2017), untuk masing-masing tipe Gelagar adalah ;

Tipe I : 16 – 60 meter

Tipe super Tee : 16 – 60 meter

b. Pengangkutan Unit Pracetak

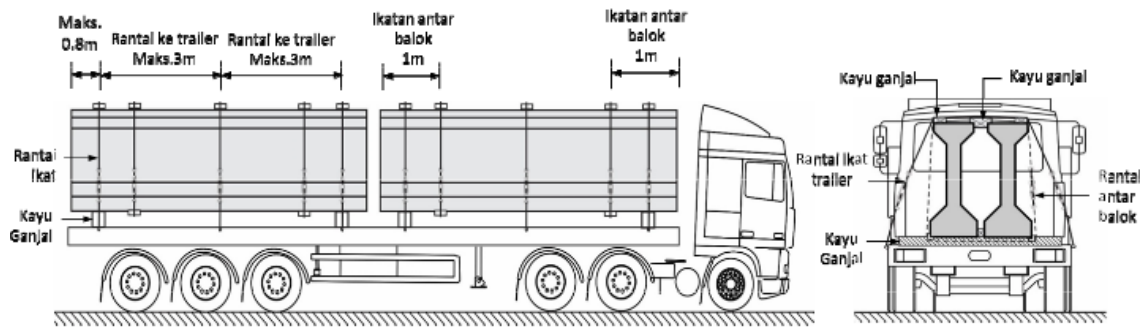
1. Umum (Persiapan)

- a) Jalur pengiriman sudah disurvei untuk memastikan rute perjalanan ke lokasi dilalui oleh trailer. Yang harus diperhatikan adalah kelandaian jalan, kelayakan dan radius tikungan, kelas jalan dan jembatan, rintangan lain seperti kabel dan pohon dan tingkat kepadatan lalu lintas. Surat uji kir kendaraan angkutan masih berlaku dan sopir dalam kondisi sehat serta memiliki SIM untuk mengemudikan sesuai dengan jenis Kendaraan. Kondisi fisik bak trailer atau Bogie rata dan kokoh serta fungsi keamanan kendaraan seperti lampu, alarm mundur, klakson berfungsi.

b) Pengangkutan Segmen Dengan Trailer

Antar segemen Gelagar dirangkai dengan 2(dua) ikatan rantai/sling pada posisi 1 m dari ujung Gelagar dan segmen diikat dengan rantai/sling yang dikencangkan ke bak trailer dengan rantai dengan jarak per-3m. Gunakan ganjal kayu pada bagian atas Gelagar yang bersentuhan dengan rantai pengikat dan antar Gelagar untuk mencegah gompal pada Gelagar.

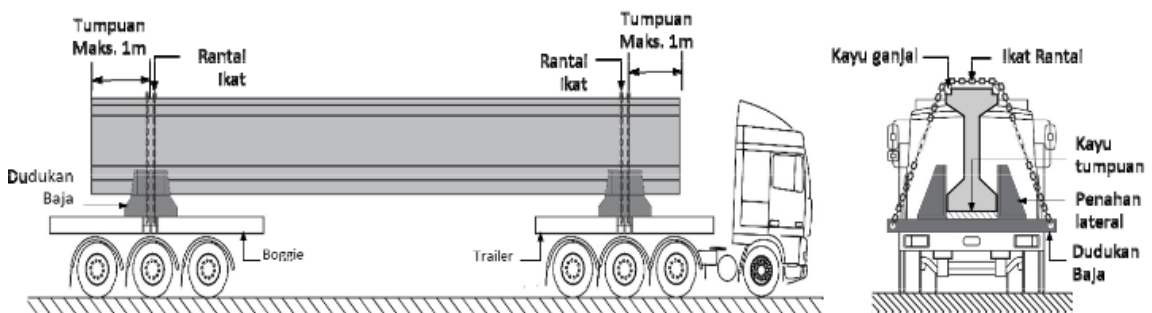
Ketentuan alat angkut sesuai Permenaker No :PER.05/MEN/1985 tentang Pesawat angkat (*Crane*) dan angkut Bab V pasal 98 – 107.



**Gambar 6.3 - Pengangkutan Segmen Dengan Trailer**

c) Pengangkutan Gelagar Dengan *Bogie*

Gelagar diletakkan stabil diatas kayu ganjal pada dudukan baja di atas *Bogie*-trailer kemudian Gelagar diikat dengan rantai/sling yang dikencangkan dan dipasang penahan lateral pada kedua sisi Gelagar. Gunakan pengganjal kayu pada bagian atas Gelagar yang bersentuhan dengan rantai pengikat. Ketentuan alat angkut sesuai Permenaker No :PER.05/MEN/1985 tentang Pesawat angkat (*Crane*) dan angkut pasal 98 – 107.

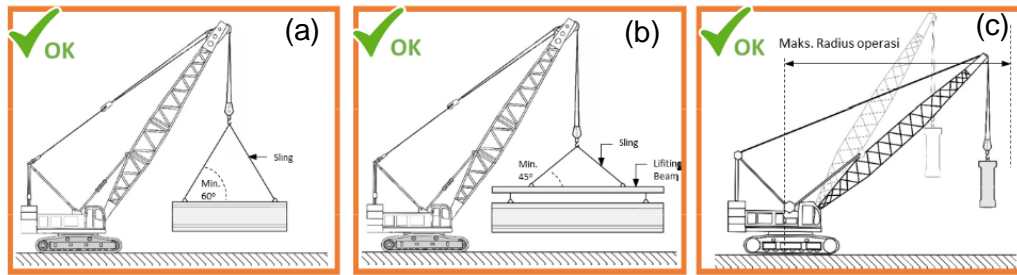


**Gambar 6.4 - Pengangkutan gelagar dengan bogie**

d) Pengangkutan Segmen dengan *Crane*

Kapasitas alat angkut sesuai tabel kapasitas angkat terhadap radius boom. Untuk kondisi cuaca tidak hujan, angin tidak mengganggu operasi pengangkutan dan penerangan dan area sekitar yang berdampak pada manuver pengangkutan dan beresiko tinggi saat kegagalan pengangkutan Gelagar harus steril dari orang yang tidak berkepentingan.

Titik angkat Gelagar dalam kondisi balik dan layak digunakan. Untuk penggunaan titik angkat multi *Strand*, posisi *Strand* harus rata sehingga beban yang diangkat terdistribusi merata. Segmen Gelagar yang diangkat pada titik angkat yang sudah disiapkan dengan posisi segmen Gelagar saat pengangkutan rata horizontal dengan toleransi 4%.

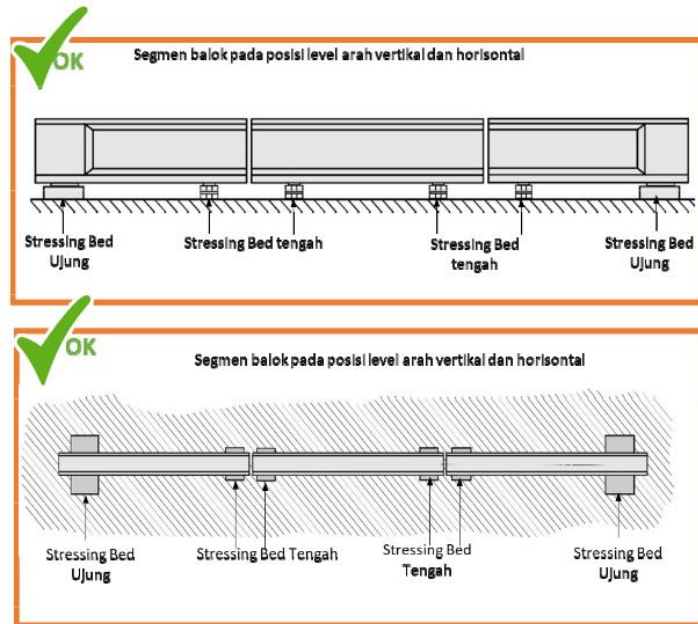


**Gambar 6.5 - Pengangkatan Segmen dengan Crane; (a) Sudut kemiringan sling terhadap segmen Gelagar minimal 60°. Pengangkatan dengan sudut sling dibawah 60° beresiko putus pada titik angkat segmen Gelagar, (b) Pengangkatan menggunakan lifting beam apabila sudut kemiringan angkat terhadap segmen Gelagar kurang dari 60°. Sudut kemiringan sling terhadap lifting beam minimum 45°, (c) Operasi boom Crane masih dibawah jarak maksimum operasi radius untuk menghindari overturning Crane angkat.**

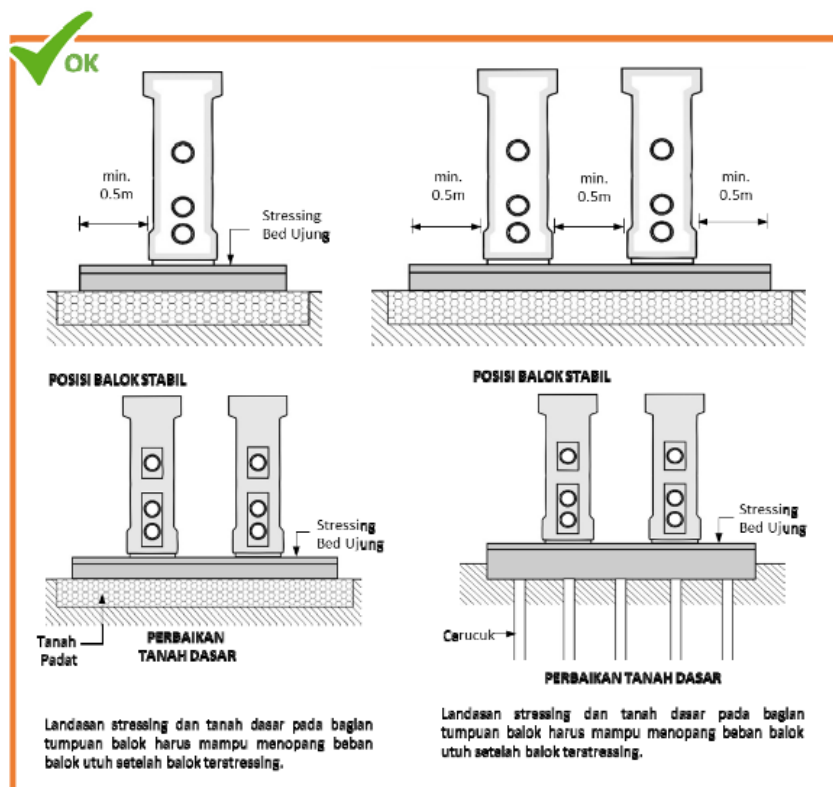
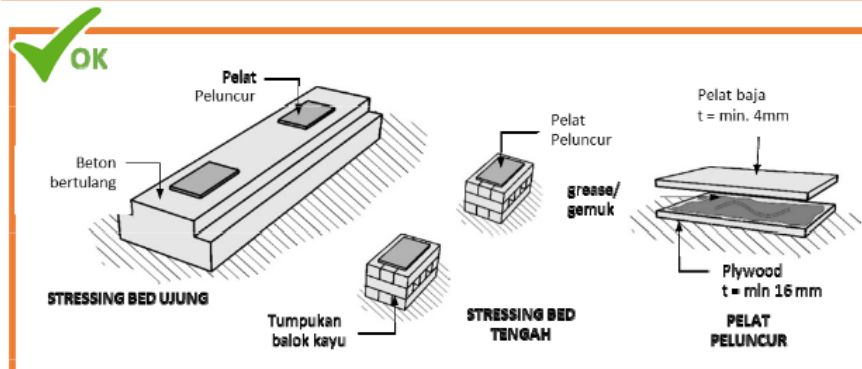
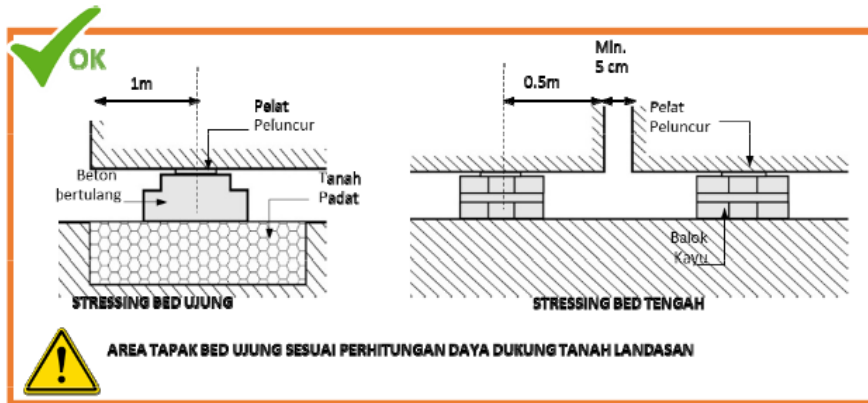
c. Penyimpanan Unit Pracetak

1. Pastikan areal penyimpanan material, dan peralatan pekerja yang diperlukan untuk pemindahan dari alat pengangkut dan penyimpanan unit-unit pracetak telah siap.
2. Pelaksana harus memeriksa unit-unit Gelagar serta membuat laporan tertulis kepada Pengawas Pekerjaan perihal penerimaan paling lambat 7 hari setelah penerimaan.
3. Tempatkan unit-unit segemen Gelagar pada penyangga kayu di atas tanah keras dan bebas dari kontak langsung dengan permukaan tanah.
4. Penyangga dipasang pada jarak tidak lebih dari 20% dari ukuran panjang unit, yang diukur dari setiap ujung.
5. Penyusunan Gelagar di tempat penyimpanan tidak boleh saling bersentuhan satu sama lain, dan harus dalam posisi tegak.
6. Operasi penyambungan Gelagar pracetak segmental harus sesuai dengan ketentuan spesifikasi.
7. Penyedia Jasa harus menyerahkan detail rancangan stresssing, metode penyambungan dan perakitan, paling sedikit 4 minggu sebelum tanggal memulai perakitan segmen-segmen beton pracetak.
8. Segmen-segmen harus dirakit pada permukaan perkerasan yang datar (*stressing bed*), atau pada penyangga di atas tanah lapang. Persyaratannya adalah sebagai berikut;

- a) Tanah dasar pada bagian landasan *stressing bed* Gelagar harus mampu menompang beban segmen untuk *stressing bed* tengah dan beban Gelagar utuh setelah segemen Gelagar ter*stressing* untuk *stressing bed* ujung.
- b) Dongkrak untuk melevel segmen Gelagar diatas *stressing bed* dalam kondisi layak pakai.
- c) Segemen Gelagar diletakkan diatas landasan (*bed*) *stressing* pada posisi level/rata antar segmen pada arah vertikal dan horizontal.
- d) Posisi urutan segmen Gelagar sesuai pasangan pertemuan segmen saat produksi.



**Gambar 6.6 - Segmen unit Gelagar pada *stressing bed* sebelum *stressing***

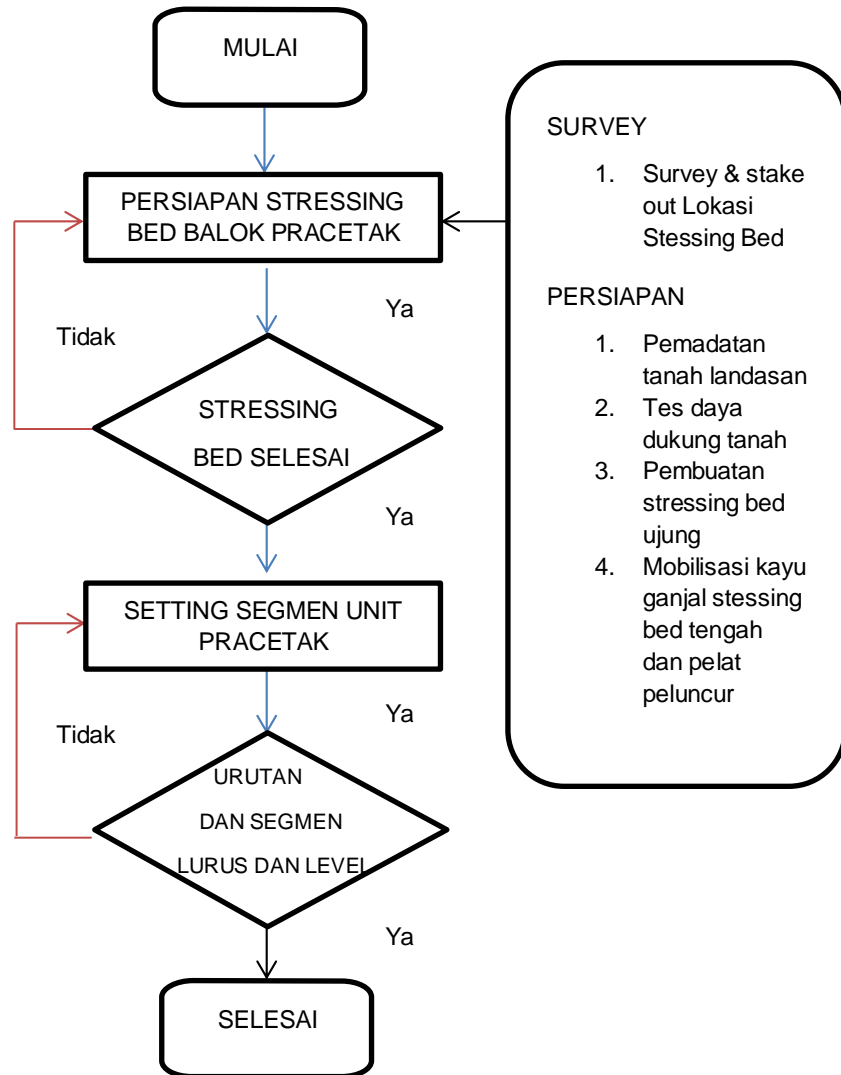


Gambar - 6.7 Lantai Kerja



9. Untuk menghindari rusaknya beton waktu penarikan tendon, maka operator harus selalu berpedoman pada urutan pekerjaan (point b), memperhatikan panjang stroke dongkrak, dan pengukur camber yang dibentuk setiap penarikan tendon dilakukan.

10. Bagan Alir



Gambar 6.8 - Bagan alir *stressing bed*

d. Pemberian Gaya Prategang

1. Pemasangan Angkur

Pengangkuran harus mampu menahan paling sedikit 95% kuat tarik minimum baja prategang, dan harus memberikan penyebaran tegangan yang merata dalam beton pada ujung tendon. Perlengkapan harus disediakan untuk perlindungan angkur dari korosi. Perkakas pengangkuran untuk semua sistem pasca-tarik Pasca Tarik (*Post-Tension*) akan dipasang tepat tegak lurus terhadap semua arah sumbu tendon untuk pasca-tarik.

a) Blok Angkur Mati

Pemasangan akur mati dilakukan dengan memasang *wedge plate* pada untaian *Strand* baja, kemudian kunci *Strand* baja menggunakan *wedge*, tahap selanjutnya *stressing*, maka angkur mati akan mengunci dirinya sendiri akibat gaya tekanan yang diberikan.

b) Angkur Hidup

Pemasangan angkur hidup dilakukan di sisi bagian yang akan diberikan gaya tekanan, pasang angkur hidup dengan memasang *plate wedge*, kemudian pasang *wedge* yang berfungsi pengunci. Angkat *Jack hydraulic* hidraulic dengan menggunakan *Crane* kemudian dilakukan penarikan tendon.

2. Persyaratan/Persiapan *Stressing*

a) *Strand* yang digunakan harus sesuai dengan diameter dan spesifikasi material *Strand* pada gambar Acuan.

b) *Strand* Dipotong sesuai dengan panjang tambahan untuk kebutuhan alat tarik.

c) *Strand* bersih dari material yang dapat mengganggu lekatan antara *Strand* dan material *grouting* beton seperti oli, minyak, lapisan lilin, debu, cat, karat permukaan atau material lain.

d) Satu persatu *Strand* dimasukkan kedalam tendon pada posisi tendon yang benar.

e) Blok angkur yang digunakan sesuai dengan tipe pelat tumpuan (*Casting/bearing plate*) yang terpasang pada Gelagar.

f) Pengunci *Strand* (*Wegde*) yang digunakan sesuai tipe blok angkur.

3. Epoxy

a) Pencampuran adukan *epoxy* dilakukan saat segmen sudah dirapatkan.

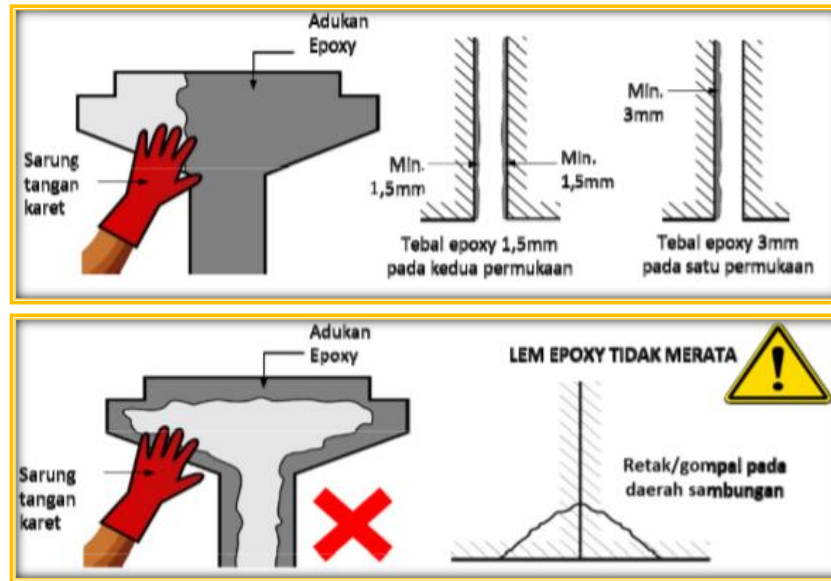
b) Permukaan pertemuan segmen dalam kondisi kering dan bersih serta bebas dari debu, minyak, oli dan lain-lain.

c) Gunakan komponen material *epoxy* baru yang kemasannya belum dibuka.

d) *Epoxy* dicampur merata dengan mixer hingga warna adukan seragam.

e) Jumlah dan pembagian pertuhas poles memperhitungkan lamanya proses pemolesan dan waktu setting material *epoxy*.

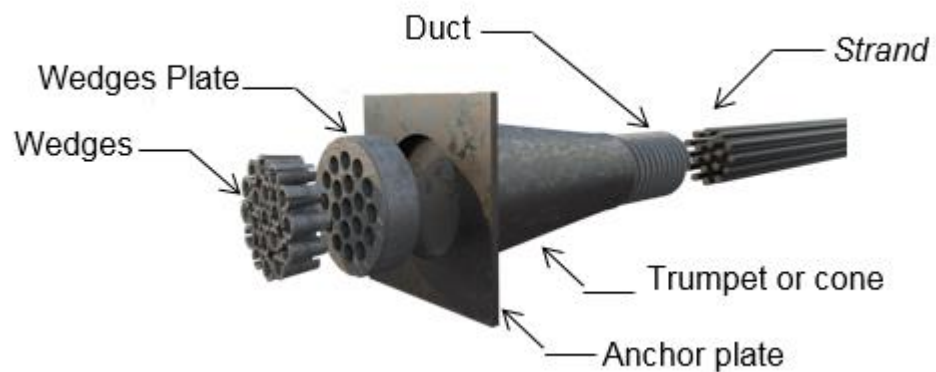
- f) Pemolesan di satu sambungan dilakukan oleh 2 (dua) petugas dengan posisi yang bersebrangan agar setiap petugas dapat memoles satu sisi muka sepenuhnya.



**Gambar 6.9 - Pengolesan Epoxy**

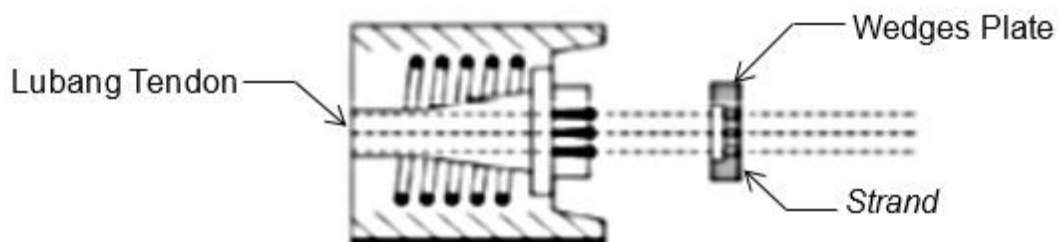
- g) Gunakan sarung tangan karet saat melumuri adukan *epoxy*.
- h) *Epoxy* dioleskan merata pada seluruh permukaan penampang dengan ketebalan minimum 1,5 mm.
- i) Perapatan segmen dilakukan maksimal 70% dari open time adukan *epoxy* atau 45 menit setelah pengolesan pertama.
- j) Tekanan pada penampang permukaan saat perapatan min 3,5 kg per *epoxy* dicampur hingga memiliki warna seragam dengan menggunakan alat mixer dengan kecepatan maksimal 600 RPM selama 3 menit, kemudian kecepatan adukan maksimal 300 RPM selama 1 menit agar tidak ada udara terperangkap dalam adukan *epoxy*.
4. *Stressing* Segmen Gelagar
- a) Pekerja *stressing* harus dikerjakan oleh personel yang terlatih dan paham tentang peralatan *stressing Jack hydraulic* dan persyaratan untuk keselamatan kerja saat proses penarikan.
- b) Saat proses penarikan harus selalu waspada dan memastikan bahwa tidak ada siapapun berada pada beberapa jarak yang jauh dibelakang *stressing Jack hydraulic*.
- c) Segmen-segmen Gelagar yang akan dirapatkan dapat bebas bergerak pada arah horinsontal dan vertikal saat proses penarikan tendon.
- d) Kuat tekan beton sudah mencapai kekuatan minimal yang disyaratkan untuk kondisi *stressing* Gelagar.
- e) Kondisi pompa, pembacaan tekanan dan *stressing Jack hydraulic* dalam keadaan dapat berfungsi dan sudah dikalibrasi.

- f) Tipe pompa hidrolik dan kapasitas alat *stressing Jack hydraulic* yang digunakan mencukupi terhadap rencana gaya penarikan.
  - g) Ruang yang mencukupi untuk pergerakan piston alat tarik (*stressing Jack hydraulic*).
  - h) Pastikan Lem *Epoxy* dioleskan merata pada seluruh permukaan penampang sambungan segmen.
  - i) Penarikan tendon sesuai dengan spesifikasi tarikan dan tahapan penarikan rencana.
  - j) Setelah *stressing*, lakukan pengamatan 24 jam untuk memastikan tidak terjadinya "slip lambat" *Strand* pada angkur blok.
5. Stressing Tendon Gelagar
- a) Perangkat angkur Pasca Tarik (Post-Tension)



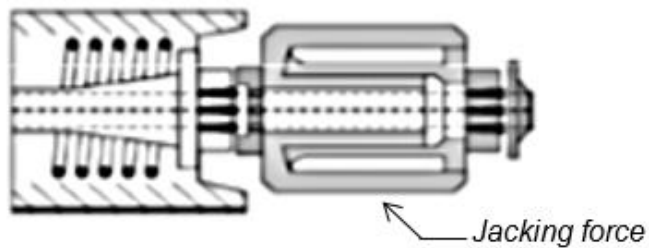
**Gambar 6.10 - Perangkat angkur**

- b) Persiapan



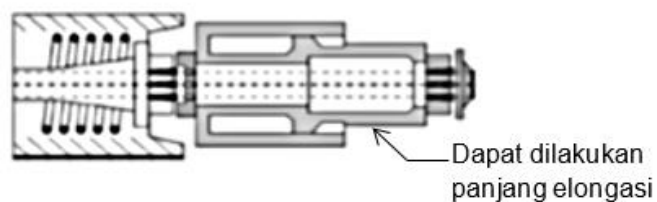
**Gambar 6.11 - Persiapan pemasangan**

- 1) Bersihkan kotoran pada ujung Strand
  - 2) Masukkan Stand kedalam lubang tendon terlihat pada gambar 6.18
  - 3) Tendon dicoba untuk ditarik keluar dan masuk ke dalam selongsong agar dapat kelengketan akibat kebocoran selongsong dapat segera diketahui dan diambil langkah-langkah seperlunya.
  - 4) Pasang blok angkur tendon pada gambar 6.19
  - 5) Pasang dan kencangkan pengunci Strand (wedge) pada blok angkur.
  - 6) Pasang front spacer dibelakang blok angkur.
- c) Instalasi Stressing Jack hydraulic



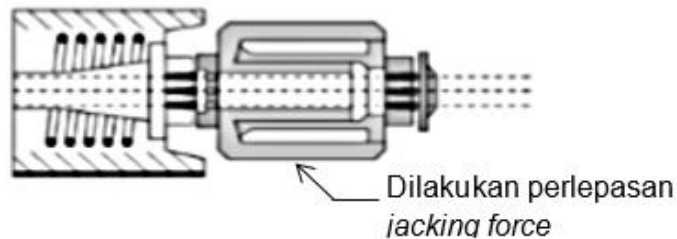
**Gambar 6.12 - Instalasi *Stressing Jack hydraulic***

- 1) Pasang alat stressing Jack hydraulic pada blok angkur
  - 2) Sambung stressing Jack hydraulic ke pompa elektrik
  - 3) Pasang blok penarik Strand
  - 4) Pasang pengunci Strand (wedge) pada blok penarikan
- d) Penarikan Strand



**Gambar 6.13 - Penarikan *Strand***

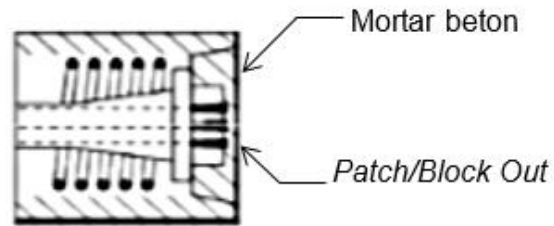
- 1) Berikan tegangan initial pada Strand
  - 2) Sesuaikan posisi alat stressing sehingga segaris (Coaxial) dengan angkur blok.
  - 3) Oleskan sambungan segmen Gelagar dengan epoxy.
  - 4) Rapatkan segmen dengan menarik Strand.
  - 5) Lakukan penarikan sesuai tahapan sampai tekanan pompa sudah mencapai rencana.
  - 6) Ukur panjang elongasi Strand dan rekam hasil proses penarikan.
  - 7) Bilamana Pengawas Pekerjaan menghendaki untuk menentukan kesalahan pembacaan pemuluran (zero error in measuring elongation) selama proses penegangan (stressing), data bacaan dynamometer dan pengukuran pemuluran harus dicatat dan dibuat grafiknya untuk setiap tahap penegangan (stressing).
- e) Perlepasan Stressing Jack hydraulic



**Gambar 6.14 - Perlepasan *stressing* Jack hydraulic**

- 1) Perlahan turunkan tekanan pompa sehingga piston Jack hydraulic stressing turun dan Strand mengunci pada wedge.
- 2) Lepas pengunci Strand pada blok penarik.
- 3) Lepas blok penarik, alat stressing dan front spacer.
- 4) Amati 24 jam untuk memastikan tidak terjadi slip lambat Strand pada angkur blok.
- 5) Bilamana slip terjadi pada satu tendon atau lebih dari sekelompok tendon, Pengawas Pekerjaan dapat mengizinkan untuk menaikkan pemuluran tendon yang belum ditegangkan asalkan gaya yang diberikan tidak akan melebihi 85 % kekuatannya maksimumnya.
- 6) Bilamana tendon slip atau putus, yang mengakibatkan batas toleransi yang diizinkan dilampaui, tendon tersebut harus dilepas, atau diganti jika perlu, sebelum ditarik ulang.

f) Grouting (Block out)



**Gambar 6.15 - Grouting**

- 1) Potong kelebihan Strand dengan jarak 20 mm dari blok angkur.
- 2) Tutup angkur blok dengan mortar beton.
- 3) Isi lubang tendon dengan mortar grouting hingga min. 48 jam.
- 4) Tutup dan rapikan ujung dengan beton



**Gambar 6.16 - Landasan *Stressing* atau lantai kerja**





**Gambar 6.17 - Penyusunan Gelagar sesuai nomor kode produksi**



**Gambar 6.18 - Memasukkan *Strand* ke lubang tendon.**





**Gambar 6.19 - Pemasangan angkur**



**Gambar 6.20 - Pengolesan epoxy**



**Gambar 6.21 - Persiapan *stressing* Gelagar**

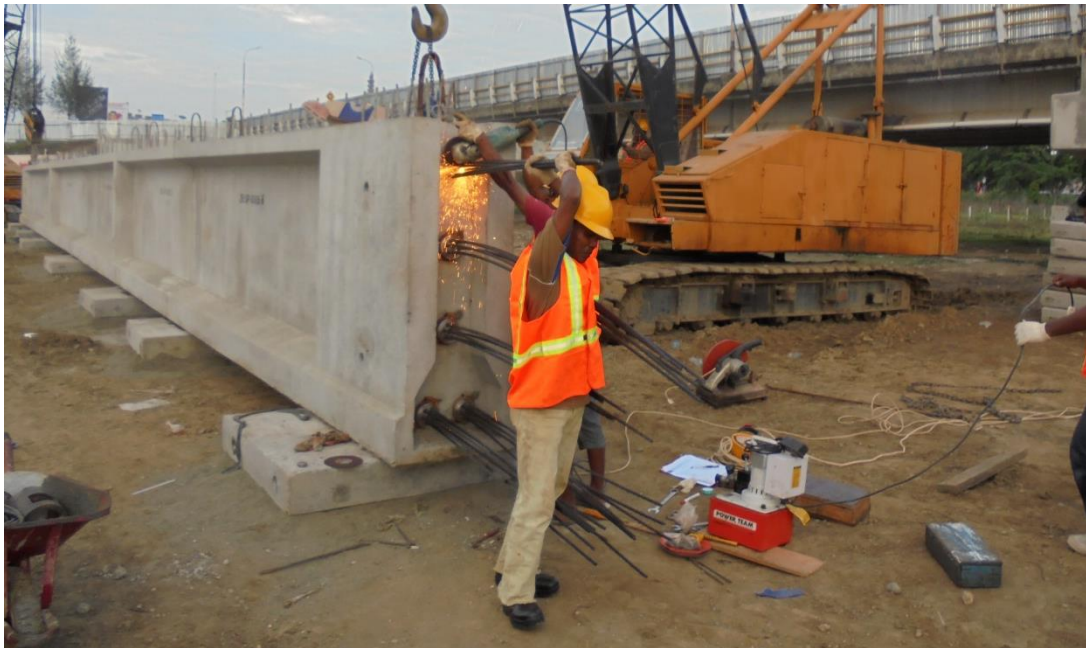


**Gambar 6.22 - *Stressing***



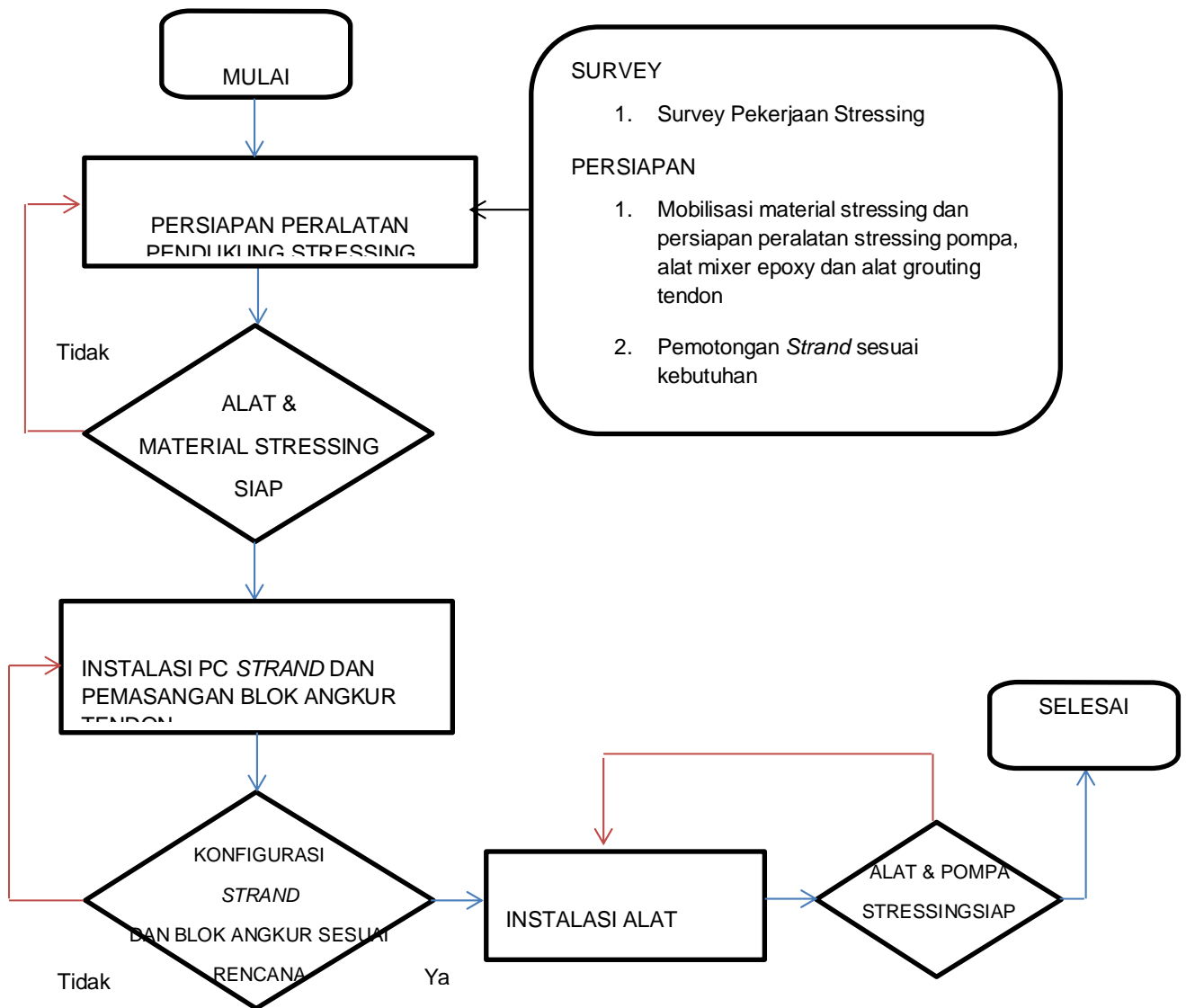


**Gambar 6.23 - Pengukuran elongation**

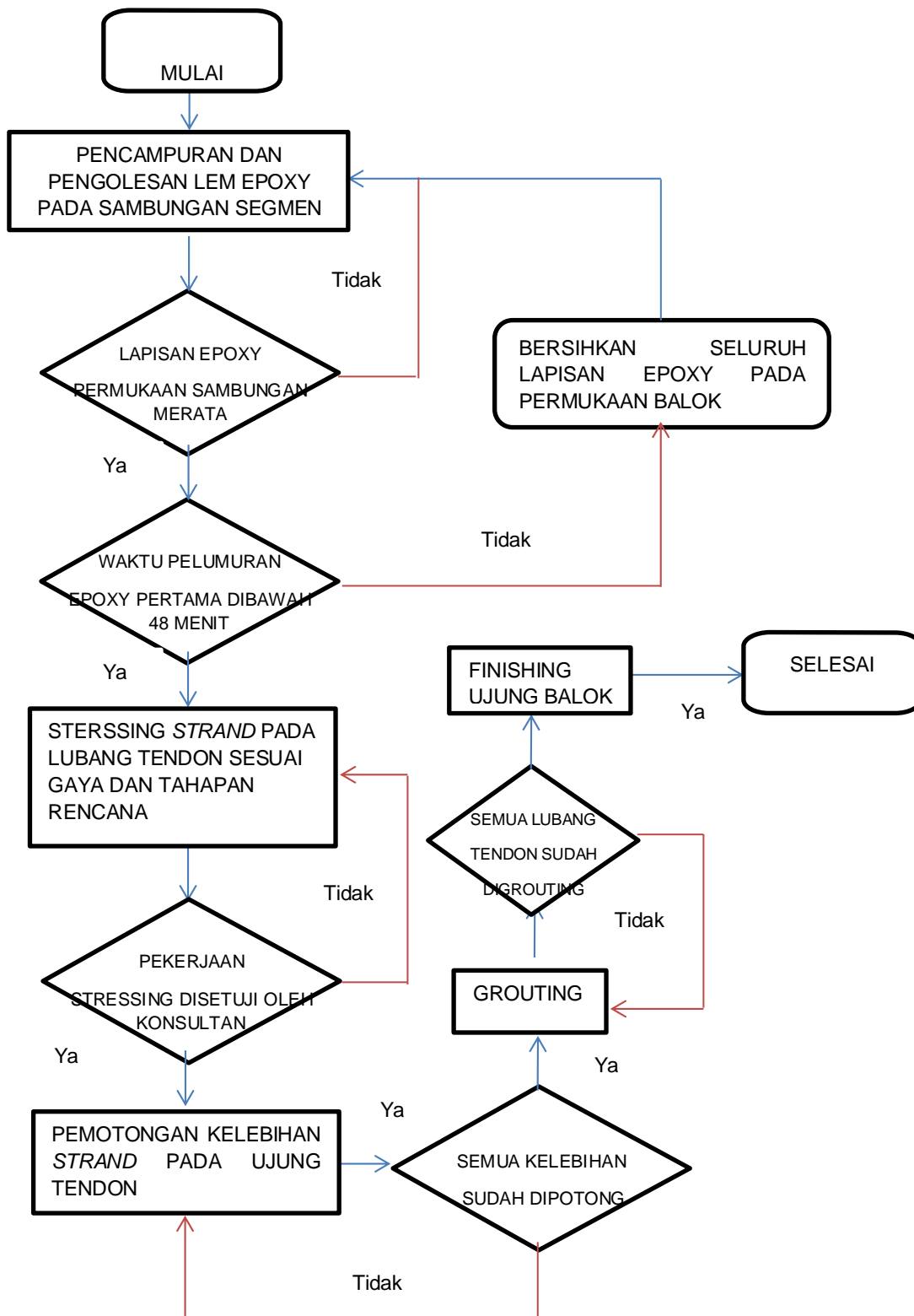


**Gambar 6.24 - Pemotongan *Strand* yang lebih**

## 6. Bagan Alir



**Gambar 6.25 - Bagan Alir Stressing Gelagar**



Gambar 6.26 - Bagan Alir Stressing dan Grouting

e. Grouting

Lubang penyuntikan harus disediakan pada angkur, pada titik atas dan bawah profil tendon dan pada titik-titik lainnya yang cocok. Jumlah dan lokasi titik-titik ini harus disetujui oleh Pengawas Pekerjaan tetapi tidak boleh lebih dari 30 meter pada bagian dari panjang selongsong. Lubang penyuntikan dan lubang pembuangan udara paling tidak harus berdiameter 10 mm dan setiap lubang harus ditutup dengan katup atau perlengkapan sejenis yang mampu menahan tekanan 10 kg/cm<sup>2</sup> tanpa kehilangan air, suntikan atau udara

Tendon harus disuntik dalam waktu 24 jam sesudah penegangan (*stressing*) selesai, Lubang penyuntikan harus diuji dengan diisi air bertekanan 8 kg/cm<sup>2</sup> selama satu jam sebelum penyuntikan. Selanjutnya selongsong harus dibersihkan dengan air dan udara bertekanan. Berdasarkan percobaan penyuntikan (*grouting*), maka graut harus terdiri dari semen portland biasa dan air. Rasio air - semen haruslah serendah mungkin sesuai dengan sifat kelecakan (*workability*) yang diperlukan tetapi tidak melebihi 0,45.

Bahan tambah kimia (*admixture*) dapat digunakan bilamana disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan *plasticizer* yang umum diperdagangkan untuk penyuntikan (*grouting*) harus digunakan sesuai dengan petunjuk pabrik pembuatnya. Bahan ini tidak boleh mengandung chlorida, nitrat, sulfat atau sulfida.

f. Alat pompa *grouting*

1. Memiliki monitor tekanan skala pembacaan sampai dengan 20 kg/cm<sup>2</sup> (2 MPa)
2. Mampu menghasilkan tekanan 10 kg/cm<sup>2</sup> (1 MPa) saat proses pemompaan material *grouting*.



Gambar 6.27 - Peralatan *Grouting*

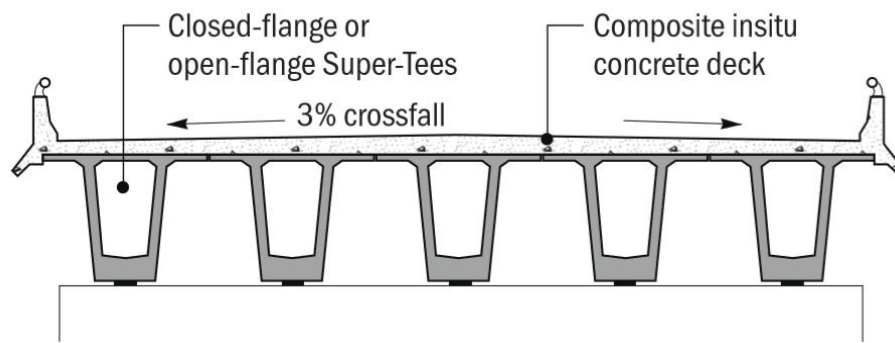
g. Pemilihan Proporsi *grout*

1. Proporsi bahan untuk *grout* harus didasarkan pada salah satu ketentuan berikut;
2. Hasil pengujian pada *grout* yang masih segar dan yang sudah mengeras yang dilaksanakan sebelum pekerjaan *grout* dimulai, atau
3. Catatan pengalaman sebelumnya dengan bahan dan peralatan yang serupa dan pada kondisi lapangan yang sebanding.
4. Semen yang digunakan untuk pekerjaan harus sesuai dengan jenis semen yang digunakan dalam penentuan *grout*.
5. Kandungan air haruslah merupakan nilai minimum yang cukup untuk menjamin tercapainya pelaksanaan pemompaan *grout* dengan baik, tetapi nilai rasio air-semen (dalam perbandingan berat) tidak boleh melampaui 0,45.
6. Penurunan kemampuan air *grout* akibat penundaan pelaksanaan *grouting* tidak boleh diatasi dengan penambahan air.

h. Langkah dan Persyaratan *Grouting*

1. Pemotongan Kelebihan *Strand* menggunakan alat potong gerinda.
2. Pastikan material patching penutup blok angkur sudah mengeras.
3. Pastikan tidak ada kebocoran lubang tendon pada bagian segmen dan tendon tidak tersumbat.
4. Material *grouting* dicampur menggunakan mixer mekanik yang mampu untuk mencampur dan berintegritas secara menerus sehingga akan menghasilkan distribusi bahan yang merata dan seragam. Selanjutnya, adukan dilewatkan melalui saringan.
5. Alat mixer harus terus mengaduk campuran material *grouting* sampai material tersebut di pompa.
6. Pompa *grouting* dalam kondisi yang siap digunakan dan mampu menghasilkan tekanan yang dibutuhkan saat proses pemompaan material *grouting*.
7. Pipa injeksi *grouting* harus terhubung baik dengan keran pompa *grouting*.
8. Material *grouting* mulai dipompa secara menerus dengan tekan tidak melebihi 7 kg/cm<sup>2</sup> (0.7 MPa) sampai *grouting* yang keluar dari outlet tidak terlihat air atau gelembung udara. Suhu komponen struktur pada saat pelaksanaan *grout* harus 2°C dan arus dijaga agar tetap diatas 2°C hingga kubus *grout* ukuran 50 mm yang dirawat di lapangan mencapai suatu kuat tekan minimum sebesar 6 MPa.
9. Selama pengadukan dan pemompaan, suhu *grout* tidak boleh tinggi dari 30°C.

### Ilustrasi gambar Gelagar Super Tee



**Gambar 6.28 - Super Tee Gelagar**

#### 6.3.2 Gelagar Pratarik (Pre-Tension)

Tatacara pelaksanaan Pre-Tensioning Bridge adalah, Cara kerja metode ini baja prategang diberi gaya prategang dahulu sebelum beton dicor, oleh karena itu disebut pre-tension method. Setelah gaya prategang ditransfer ke beton. Tendon ditarik dan diangkur tetap. Kemudian beton dicor pada cetakan dengan melingkupi tendon yang sudah ditarik tersebut. Jika kekuatan beton sudah mencapai yang disyaratkan maka tendon dipotong atau angkurnya dilepas. Pada saat baja yang ditarik berusaha untuk berkontraksi, beton akan tertekan. Pada cara ini tidak digunakan selongsong tendon.

##### a. Besarnya Gaya Prategang Yang Dikehendaki

1. Gaya yang diperlukan adalah sisa gaya tendon pada tengah-tengah setiap unit segera setelah semua tendon diangkur pada dudukan dari landasan dan berada dalam posisi lendutan akhir. Perbedaan gaya adalah 5 persen dari gaya yang diperlukan. Besar gaya dongkrak yang diberikan harus dapat sudah termasuk pengurangan gaya akibat slip pada perkakas angkur, masuknya baji (*wedge draw-in*) dan kehilangan akibat gesekan (*friction losses*).
2. Cara penarikan tendon termasuk pemasangan dan penempatan setiap garis lengkung tendon, perhitungan yang menunjukkan gaya-gaya pada angkur dan setiap titik lendutan, dan perkiraan kehilangan gaya akibat gesekan, harus diserahkan kepada Pengawas Pekerjaan untuk mendapat persetujuan sebelum dimulainya pembuatan elemen-elemen.
3. Penyedia Jasa harus melaksanakan percobaan operasi penegangan (*stressing*) untuk memperoleh besarnya tahanan geser yang diberikan alat pelengkung (*hold down*) dan juga memastikan bahwa masuknya baji yang disebutkan masih konsisten dengan jenis dongkrak dan teknik yang diusulkan.



4. Tendon harus dilengkungkan bilamana ditunjukkan dalam gambar rencana, dengan perkakas yang cukup kuat untuk memegang tendon dalam posisi yang sesuai, terutama selama pengecoran dan operasi penggetaran. Kecuali disebutkan lain oleh Pengawas Pekerjaan, maka alat pelengkung (hold down) harus diletakkan memanjang dalam 200 mm dan vertikal dalam 5 mm dari lokasi yang ditunjukkan dalam gambar rencana.
  5. Alat pelengkung (hold down) harus dirancang sedemikian hingga pelengkung (deflec-tors) yang dalam keadaan kontak langsung dengan untaian kawat (*Strand*) berdiameter tidak kurang dari diameter tendon atau 15 mm, mana yang lebih besar.
  6. Pelengkung (deflectors) harus dibuat dari bahan yang tidak lebih keras dari baja mutu 36 sesuai dengan ketentuan dari SNI 6764:2016
  7. Penyedia Jasa harus menyerahkan perhitungan yang menunjukkan bahwa alat pelengkung telah dirancang dan dibuat untuk menahan beban terpusat yang diakibatkan dari gaya pratarik yang diberikan.
  8. Cara penarikan harus dapat menjamin bahwa gaya yang diperlukan dihasilkan dari semua tendon di tengah-tengah bentang setiap unit, terutama bilamana lebih dari satu tendon atau satu unit ditarik dalam suatu operasi penarikan.
  9. Beton tidak boleh dicor lebih dari 12 jam setelah penarikan.
  10. Bilamana waktu dilampaui, maka Penyedia Jasa harus memeriksa apakah kebutuhan gaya tarik tendon masih dipertahankan.
  11. Bilamana penegangan ulang (*re-stressing*) diperlukan, maka perpanjangan tendon yang terjadi harus ditahan dengan menggunakan pelat pengunci (shims) tanpa mengganggu baji yang telah tertanam.
  12. Pengukuran pemuluran, hanya boleh dilaksanakan setelah Pengawas Pekerjaan memeriksa perhitungan dan menentukan bahwa sistem tersebut telah memenuhi ketentuan.
  13. Bacaan alat pengukur tekanan dari dongkrak harus digunakan sebagai pembanding penguluran pemuluran.
  14. Bilamana bacaan tekanan dongkrak dan pengukuran pemuluran berbeda lebih dari 3 %, Pengawas Pekerjaan harus diberitahu sebelum pengecoran dimulai, dan jika dipandang perlu, tendon harus diuji ulang dan peralatan dikalibrasi ulang sebagaimana diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.
- b. Prosedur Pra-tegang
- Operasi penarikan harus dikerjakan oleh tenaga yang terlatih dan berpengalaman dibidangnya.
1. Tendon harus ditandai untuk pengukuran pemuluran setelah tegangan awal diberikan.

2. Bilamana diperlukan oleh Pengawas Pekerjaan, maka tendon harus ditandai pada kedua ujungnya, ujung yang ditarik dan ujung yang mati serta pada kopel (bila digunakan), sedemikian hingga slip dan masuknya tendon (draw-in) dapat diukur.
  3. Bilamana terjadi slip pada salah satu kelompok tendon yang ditarik secara bersama-sama, maka penarikan pada seluruh tendon harus dikendorkan, tendon-tendon diatur lagi dan kelompok tendon tersebut ditarik kembali. Sebagai alternatif, jika tendon yang slip tidak lebih dari dua, penarikan kelompok tendon dapat diteruskan sampai selesai dan tendon yang kendor ditarik kemudian.
  4. Gaya pra-tegang harus dipindahkan dari dongkrak penarik ke abutment landasan pra-tegang segera setelah gaya yang diperlukan (atau pemuluran) dalam tendon telah tercapai, dan tekanan dongkrak harus dilepas sebelum setiap operasi berikutnya dimulai.
  5. Bilamana untaian kawat (*Strand*) yang dilengkungkan disyaratkan, maka Pengawas Pekerjaan dapat memerintahkan pengukuran pemuluran atau regangan pada berbagai posisi sepanjang tendon untuk menentukan gaya pada tendon pada masing-masing posisi.
- c. Pemandahan Gaya Pra-tegang
1. Persetujuan
  2. Penyedia Jasa harus menyerahkan kepada Pengawas Pekerjaan usulan terinci cara pemindahan gaya pra-tegang untuk mendapat persetujuan sebelum pemindahan gaya dimulai.
  3. Ketentuan Kekuatan Beton
  4. Tidak ada tendon yang dilepas sebelum beton mencapai kuat tekan yang lebih besar dari 85 % kuat tekan beton berumur 28 hari yang disyaratkan dalam Gambar dan didukung dengan pengujian benda uji standar yang dibuat dan dirawat sesuai dengan unit-unit yang dicor.
  5. Bilamana, setelah 28 hari, kuat tekan beton gagal mencapai kekuatan minimum yang disyaratkan, maka tendon segera dilepaskan dan unit beton tersebut harus ditolak.
- d. Metode Pelaksanaan
- Pelaksanaan pemberian prategang dengan cara pratarik (*pre-tension*) didefinisikan dengan memberikan prategang pada beton dimana tendon ditarik untuk ditegangkan sebelum dilakukan pengecoran adukan beton ke dalam bekisting yang telah disiapkan. Pelaksanaan cara pratarik ini, umumnya dilakukan pada suatu tempat khusus di lapangan pencetakan (*casting yard*). Adapun langkah-langkah pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Pertama-tama tendon dipasang memanjang di antara dua jangkar di tempat pengecoran mengikuti pola tertentu sesuai dengan perhitungan.
2. Semua tendon harus diperiksa sebelum dilepas untuk memastikan bahwa tidak terdapat tendon yang kendur.
3. Bilamana terdapat tendon yang kendur, maka Penyedia Jasa harus segera memberitahu Pengawas Pekerjaan sehingga Pengawas Pekerjaan dapat memeriksa unit tersebut dan menentukan apakah unit tersebut dapat dipakai terus atau harus diganti.
4. Semua tendon harus diberi tanda pada kedua ujung Gelagar pratekan, agar dapat dilakukan pencatatan bilamana terjadi slip atau masuknya tendon (draw-in).
5. Tendon tersebut kemudian ditarik hingga mencapai nilai tegangan tarik (fsi) tidak lebih besar dari 85% kuat tarik ultimitnya (fpu) dan tidak lebih dari 94% kuat lelehnya (fpy). Kemudian, tendon dalam keadaan tertarik tersebut di angkur kuat-kuat pada kedua ujungnya sedemikian rupa sehingga gaya tarik tetap tertahan pada tendon tersebut.
6. Apabila bekisting belum dipasang di tempatnya, segera dipasang mengitari beton sesuai dengan bentuk komponen yang direncanakan. Kemudian, dilakukan pengecoran adukan beton ke dalam bekisting berisi tendon dalam keadaan tertarik dan dilanjutkan dengan pekerjaan perawatan pengerasan beton.
7. Dalam pelaksanaannya harus disertai upaya pengendalian keamanan dan kualitas pekerjaan mengingat resiko bahaya kecelakaan yang dihadapi, termasuk pelaksanaan perawatan pengerasan beton yang harus dijaga sebaik mungkin, sedemikian rupa sehingga didapat hasil akhir berupa beton mutu tinggi yang melekat dengan baik pada tendon yang sudah ditegangkan (ditarik).
8. Apabila beton telah mencapai kekerasan dan kekuatan  $f_c$  tertentu, yang memerlukan waktu  $\pm 24$  jam, tendon dipotong di tempat penjangkarannya. Karena tendon terikat kuat dengan beton, maka seketika setelah dipotong atau dilepas pada angkurnya akan terjadi pelimpahan gaya prategang tinggi ( $T_0$ ) kepada beton.
9. Gaya prategang mengakibatkan beton cenderung memendek apabila letak tendon sentris terhadap penampang, atau melengkung akibat desakan apabila letak tendon tidak sentris.
10. Tegangan-tegangan yang timbul sesaat setelah tendon dipotong dari angkurnya disebut sebagai tegangan pada saat transfer (pelimpahan tegangan). Dengan diputusnya tendon dan berlangsung pelimpahan tegangan, beban mati (berat sendiri) diperhitungkan bekerja serentak bersamaan dengan gaya prategang. Keadaan tersebut merupakan keadaan tegangan paling kritis yang timbul sesaat setelah berlangsung pelimpahan, tetapi sebelum terjadi kehilangan gaya prategang.
11. Untuk keadaan bersifat sementara ini, SNI 03-2874-2002 memberikan batasan tegangan tarik di bagian atas Gelagar tidak melampaui  $\frac{1}{4} \sqrt{f_c}$  (sekitar 40% kuat tarik) dan tegangan tekan di bagian tepi bawah tidak melebihi  $0.6 f_{ci}$ .
12. Apabila tegangan tarik terhitung melampaui nilai tersebut, harus dipasang tulangan tambahan (nonprategang atau prategang) di daerah tarik untuk memikul gaya tarik total dalam beton yang dihitung berdasarkan asumsi penampang utuh.

13. Setelah cukup kuat dan sesuai persyaratan, komponen prategang dapat dilepas dan diangkat dari cetakannya untuk dipindahkan ke lapangan penyimpanan sehingga tempat pencetakan dapat dipakai untuk proses prategang berikutnya.
14. Setelah proses hilangnya gaya prategang berlangsung, pada tahap pelayanan beban kerja tersusun suatu kombinasi beban mati, beban hidup dan gaya prategang. SNI 03–2874–2002 memberikan batasan tegangan tarik pada bagian tepi bawah Gelagar tidak boleh melebihi  $\frac{1}{2}\sqrt{f_c}$ , sedangkan tegangan tekan pada bagian tepi atas tidak melebihi  $0.45f_c$ .
15. Nilai tegangan tarik ijin tersebut diambil hanya sedikit di bawah nilai modulus runtuh beton normal, yaitu  $f_r=0.7\sqrt{f_c}$ , karena kemungkinan bahaya retak atau tekuk secara tiba-tiba di daerah tersebut hanya kecil karena umumnya posisi tendon berada di dekat serat bawah.
16. Pelepasan tendon harus secara berangsur-angsur dan tidak boleh terhenti pada waktu pelepasannya.
17. Dengan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan, pelepasan tendon dapat dilakukan dengan pemanasan, asalkan ketentuan berikut ini dilaksanakan :
  - a) Penyedia Jasa harus menyerahkan kepada Pengawas Pekerjaan rincian cara pemindahan gaya pra-tegang termasuk panjang tendon bebas di antara unit-unit, panjang tendon bebas pada kedua ujung landasan, tempat-tempat di mana tendon akan diberikan pemanasan, akhir urutan tendon (the order of severance of tendons) dan pelepasan alat untuk tendon yang dilengkungkan, cara pemanasan tendon dan peralatan yang diusulkan untuk digunakan.
  - b) Pemanasan harus dilaksanakan merata pada seluruh panjang tendon dalam waktu yang cukup untuk menjamin bahwa seluruh tendon telah regang (relax) sepenuhnya sebelum dilakukan pemotongan.
  - c) Beton tidak boleh dipanaskan secara berlebihan, dan pemanasan tidak boleh dilakukan langsung pada setiap bagian tendon yang berjarak kurang dari 10 cm dari permukaan beton unit tersebut.
  - d) Pengawas Pekerjaan harus hadir dalam setiap pelepasan tendon dengan pemanasan. Setelah gaya pra-tegang telah dipindahkan pada unit-unit, tendon-tendon antara unit-unit harus bekerja baik sepanjang garis dari titik pelepasan.
  - e) Setelah gaya pra-tegang dipindahkan seluruhnya pada beton, kelebihan panjang tendon harus dipotong sampai ujung permukaan unit dengan pemotong mekanis. Setiap upaya harus dilakukan untuk mencegah kerusakan pada beton.
- e. Masuknya (*Draw-in*) Tendon Yang Diizinkan.  
 Masuknya tendon pada setiap tendon tidak boleh melampaui 3 mm pada setiap ujung, kecuali disebutkan lain dalam gambar rencana. Bilamana masuknya tendon melampaui toleransi maksimum maka pekerjaan tersebut harus ditolak.

### 6.3.3 Sistem Pengaku Gelagar Beton

Diafragma merupakan elemen yang ditempatkan pada elemen lain atau pada sistem *superstructure* untuk mendistribusikan gaya-gaya serta untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan sistem. Lebih khusus pada jembatan, diafragma berarti komponen transversal atau horisontal jembatan yang menghubungkan Gelagar-Gelagar pada arah memanjang yang

bersebelahan sehingga berfungsi untuk memberikan ikatan antara Gelagar sehingga memberikan kestabilan pada masing-masing Gelagar dalam arah horisontal.

Pengikatan tersebut dilakukan dalam bentuk *stressing* pada diafragma dan Gelagar untuk diafragma dengan sistem *precast*, sedangkan untuk sistem *cast in place* Gelagar dan diafragma dihubungkan secara monolit dengan cara dicor dengan stek tulangan diafragma yang sudah disiapkan sebelumnya pada Gelagar, sehingga dapat bekerja sebagai satu kesatuan.

a. Pengecoran Diafragma *Cast in Place*

Tahapan pelaksanaan diafragma adalah sebagai berikut ;

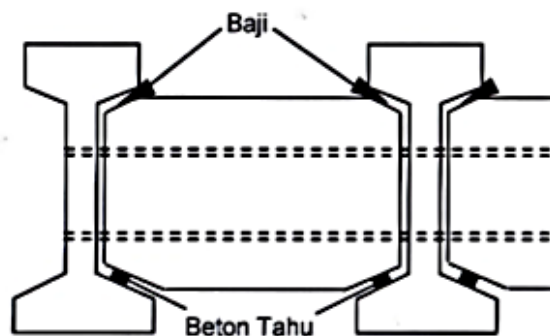
Adapun cara pekerjaan diafragma sistem *cast in place* atau cor ditempat adalah sebagai berikut;

1. Pastikan Gelagar sudah berada posisi sesuai rencana atau sesuai dengan gambar rencana.
2. Stek tulangan diafragma pada Gelagar yang sudah disiapkan sebelumnya dirapihkan untuk dapat disambung dengan tulangan diafragma sesuai dengan gambar rencana.
3. Potong dan fabrikasi baja tulangan diafragma sesuai ukuran gambar rencana.
4. Pemasangan dan perakitan baja tulangan diafragma di lapangan dengan bersih dari kotoran.
5. Pastikan posisi ikatan antar baja tulangan sudah cukup kuat dan pada tempatnya.
6. Pelaksanaan fabrikasi dan pemasangan bekisting diafragma di lapangan dengan kuat dan tepat sesuai gambar rencana.
7. Pastikan bekisting bersih dari segala macam kotoran.
8. Olesi dengan pelumas bagian dalam bekisting yang akan dilapisi beton basa, agar mudah untuk membuka dan menghasilkan beton keras yang bagus dan tidak keropos.
9. Cek bersama dengan pengawas dan direksi sebelum dilakukan pekerjaan pengecoran.
10. Lakukan pengecoran dan setiap melakukan pengecoran maka campuran beton sudah harus dilakukan pengecekan terhadap kadar airnya dengan slump test dan buat silinder untuk pengujian kuat tekan beton tersebut.
11. Lakukan pemeliharaan atau perawatan beton sampai beton mencapai kuat rencana.

b. Diafragma Pracetak

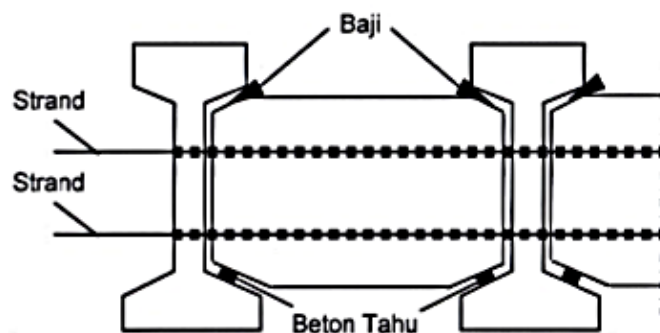
Tahapan pemasangan diafragma dapat dilihat dengan langkah berikut ini ;

1. Pemasangan diafragma dilakukan urut posisi diafragma tepi dulu.
2. Dilanjutkan pemasangan diafragma tengah.
3. Jika prestress, pemasangan diafragma selalu diikuti dengan instal *Strand* dan di stress setelah kondisi siap.
4. Diafragma pracetak diletakkan di posisinya. Beton tahun dan wegde kayu digunakan sebagai penahan agar diafragma tetap pada posisinya.



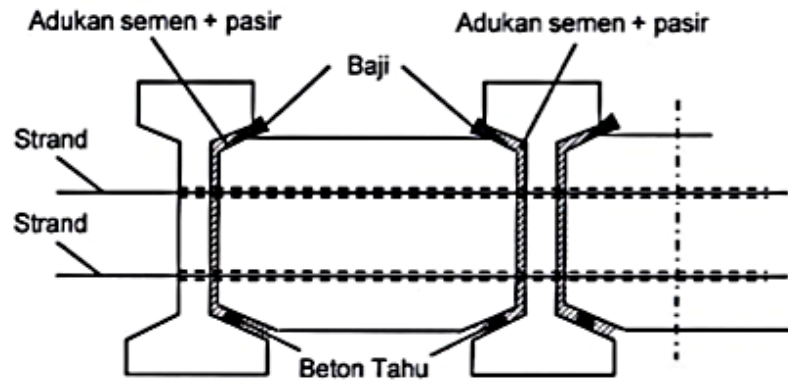
**Gambar 6.29 - Pemasangan diafragma**

5. Instalasi *Strand* diafragma pracetak.



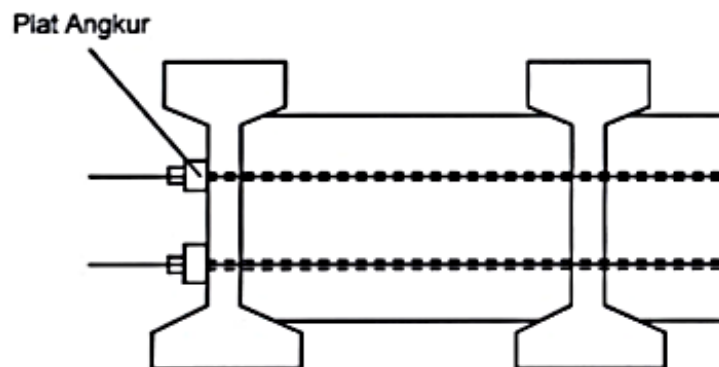
**Gambar 6.30 - Instalasi *Strand***

- Patching dilakukan dengan menggunakan campuran semen pasir dengan perbandingan rasio campuran 1:4.



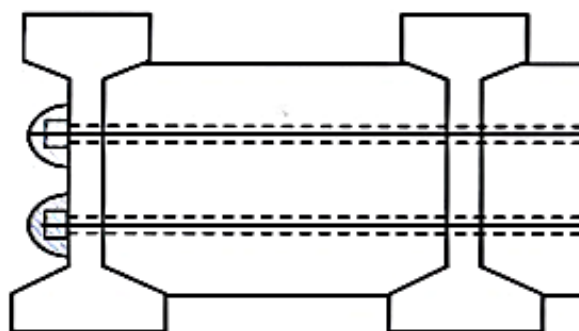
**Gambar 6.31 - Patch dengan semen pasir dengan rasio 1:4**

- Stessing diafragma dilakukan setelah umur patching minimal 2 hari.



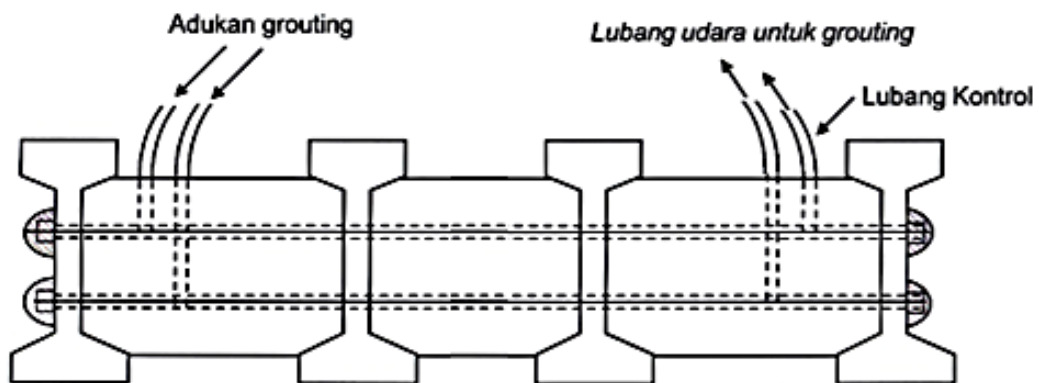
**Gambar 6.32 - *Stressing* dan angkur**

- Kelebihan *Strand* pada ujung dipotong, kemudian angkur ditutup menggunakan campuran semen pasir.



**Gambar 6.33 - Potong *Strand* dan Angkur di tutup**

9. *Grouting* lubang diafragma melalui selang yang telah disiapkan pada diafragma ujung. Bila lubang diafragma telah terisi penuh oleh adukan *grouting* maka adukan *grouting* akan keluar melalui lubang kontrol.



**Gambar 6.34 - Grouting Diafragma**



**Gambar 6.35 - Bentangan siap dipasang diafragma**





**Gambar 6.36 - Pemasangan diafragma dengan Crane**



**Gambar 6.37 - Stressing Lateral**

#### **6.3.4 Gelagar Baja Komposit**

Jembatan Gelagar Baja Komposit Tipe I memiliki bentangan panjang 20 m – 60 m (SE 05/SE/Db/2017), dengan Tahapan pelaksanaan secara umum dari setiap elemen jembatan Gelagar komposit tahap demi tahap harus dilakukan sebagai berikut :

Bagi jembatan Gelagar komposit yang profil bajanya perlu disambung, maka kegiatan pertama setelah paket elemen baja berada di lapangan adalah melakukan penyambungan profil baja,

bersamaan dengan kegiatan penyambungan dilakukan pemasangan/penyetelan perletakan (Elastomeric Bearings) pada bangunan bawah jembatan yang telah dibangun dengan kekuatan, bentuk dan posisi yang sesuai dengan rencana. Kegiatan selanjutnya adalah meletakkan profil Gelagar induk pada perletakan bersama-sama dengan diafragma dengan posisi yang tepat. Pemasangan acuan beton di atas kerangka profil baja yang disusul dengan penyetelan baja tulangan beton. Setelah acuan dan tulangan terpasang dengan benar, rapih dan kuat menerima beban dari beton lunak dan dari pelaksanaan, maka dilakukan pengecoran lantai kendaraan dampai ke dinding sandaran sekaligus. Setelah beton berumur 28 hari, maka kegiatan selanjutnya adalah pemasangan kerb, pemasangan kerb pracetak dari pabrik harus benar-benar lurus dan rapih. Akhir dari kegiatan adalah pengecoran trotoir dan pengaspalan lantai kendaraan.

a. Komponen Jembatan Baja

Komponen jembatan baja terdiri dari:

1. Gelagar Komposit

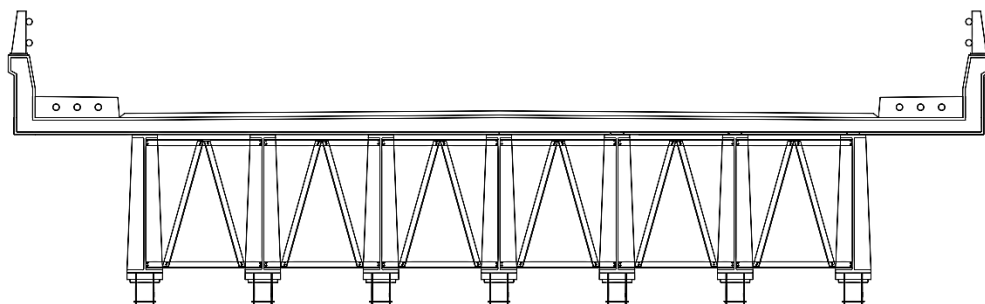
Penggunaan Gelagar komposit baja beton telah lama dikenal di Indonesia, khususnya yang menggunakan baja profil standar (hot rolled sheet). Untuk bentang-bentang relatif panjang penggunaan baja profil standar tidak lagi efektif dan para ahli mulai dengan mengenalkan baja profil yang dilas di pabrik dan dibuat sesuai dengan perencanaan. Dari sini mulailah banyak jembatan komposit dengan profil Gelagar baja ramping dan tipis. Jumlah yang digunakan pun berkurang drastis. Untuk memperkaku antar Gelagar agar konstruksi tetap stabil khususnya pada saat konstruksi dimana beton lantai kendaraan belum mengeras dipasang diafragma atau bracing yang digunakan.

2. Perkuatan (Bracing)

Ada tiga jenis perkuatan yang biasa digunakan jembatan baja komposit, berikut penjelasan penggunaannya.

a) Support Bracing

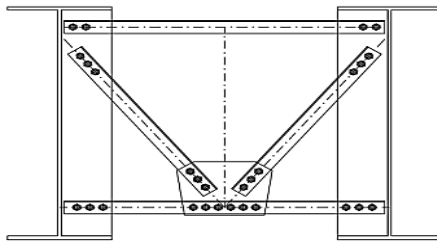
*Support bracing* adalah perkuatan yang berada di kedua ujung jembatan yaitu didaerah perletakan, teknis perkuatan dengan biasa menggunakan profil baja L yang disusun melintang menghubungkan antara satu Gelagar dengan Gelagar yang lainnya. Fungsi dari perkuatan ini adalah untuk stabilitas jembatan dan alat transfer beban horizontal (beban angin dan gaya selip) ke bantalan yang menyediakan tahanan transversal yang terletak pada daerah perletakan jembatan



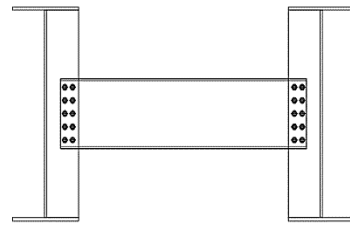
**Gambar 6.38 - Potongan Melintang**

b) Intermediate Bracing

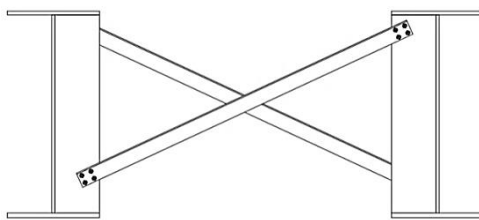
*Intermediate bracing* biasa disebut juga dengan diafragma jembatan yaitu berupa pelat yang menghubungkan antar Gelagar pada arah memanjang jembatan. Fungsi dari diafragma adalah untuk menjaga Gelagar supaya tidak menekuk atau memuntir akibat dari beban yang dipikul oleh baja Gelagar. Sistem bracing yang digunakan pada *intermediate bracing* menggunakan sistem rangka segitiga yaitu dengan menyusun baja profil L membentuk susunan segitiga diantara 2 Gelagar Gelagar yang berdekatan. System bracing rangka segitiga dapat mengakibatkan kekangan yang sangat kaku pada bidang pelat dek sampai ke bagian bawah flens, namun bila system ini tidak dikombinasikan dengan plan bracing dapat mengakibatkan munculnya gaya torsi. Untuk mengatasi masalah tersebut maka digunakan *intermediate bracing* dengan menggunakan baja profil chanel karena baja profil chanel lebih kaku dan dapat membentuk koneksi yang kaku dengan Gelagar-Gelagar Gelagar utama.



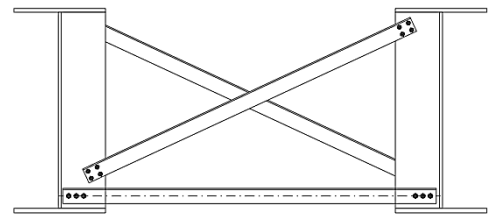
(a) K-Bracing



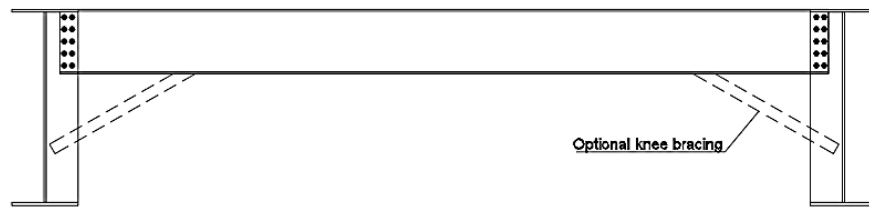
(a) Channel Bracing



(b) Another Style of X-Tipe Bracing



(c) X-Tipe Bracing

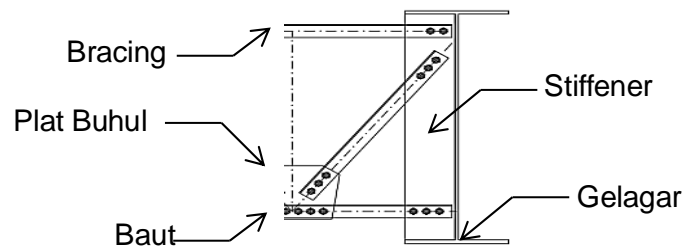


(d) Ladder Beam Bracing

### Gambar 6.39 - Tipe Perkuatan yang digunakan

c) Stiffener

Berfungsi menghindari tekuk lokal baik karena kompresi atau geser. Gelagar jembatan biasanya rentan terhadap tekuk lokal, tetapi flens biasanya lebih tebal dan secara inheren lebih tahan terhadap tekuk lokal. Secara tradisional, rasio lebar dan tebal yang kaku telah dibatasi hingga tidak lebih dari 10 untuk menghindari tekuk lokal. Namun, Eurocodes tidak memiliki batasan pada rasio ini, dan pengaku yang lebih ramping diizinkan, meskipun pemeriksaan mungkin perlu dibuat bahwa pengaku tidak akan berisiko tekuk lokal. Tidak masalah jika pengaku lebih tebal dari web, pada umumnya biasanya pengaku yang lebih tebal direkomendasikan.



Gambar 6.40 - Pengaku Tekuk Lokal

d) Stud Bolt

Persyaratan teknis Stud Bolt (*shear connector*)

- 1) Jenis Shear Connector : Stud Bolts
- 2) Diameter stud sesuai dengan gambar atau produksi pabrik
- 3) Mutu baja untuk bahan stud Medium Carbon Steel dengan spesifikasi standar JIS B 1173 atau sederajat.
- 4) Stud Bolts dipasang dengan cara di las.
- 5) Pengelasan yang digunakan adalah sistem stud welding gun dengan jenis IJS – 233.6 Dengan spesifikasi : Diameter stud = 12 mm – 22 mm : Arus Listrik = DC 200A

b. Pelaksanaan Jembatan Baja Komposit

Bilamana diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan maka unit-unit harus dirakit di bengkel sebelum dikirim ke lapangan.

1. Sambungan Dengan Baut Standar (selain Baut Geser Mutu Tinggi)

- a) Baut yang tidak dikencangkan terhadap beban tarik sebelum baut mengalami deformasi permanen (proof load - sekitar 65% terhadap kuat leleh mutu baut) harus mempunyai mur tunggal yang dapat mengunci sendiri. Ring serong harus digunakan di mana bidang kontak mempunyai sudut lebih dari 1 : 20 dengan salah satu bidang yang tegak lurus sumbu baut.
- b) Baut harus mempunyai panjang sedemikian hingga seluruh mur dapat dimasukkan ke dalam baut tetapi panjang baut tidak boleh melebihi 6 mm diluar mur.
- c) Baut harus dimasukkan ke dalam lubang tanpa adanya kerusakan pada uliran. Suatu "snap" harus digunakan untuk mencegah kerusakan kepala baut.
- d) Kepala baut dan mur harus dikencangkan sampai rapat pada pekerjaan dengan tenaga manusia yang menggunakan sebuah kunci yang cocok dengan panjang tidak kurang dari 380 mm untuk diameter nominal baut 19 mm atau lebih.
- e) Kepala baut harus diketuk dengan palu pada saat mur sedang dikencangkan.
- f) Seluruh uliran baut harus berada di luar lubang.
- g) Ring harus digunakan kecuali ditentukan lain.

2. Baut Geser Mutu Tinggi

- a) Kelandaian permukaan bidang kontak dengan kepala baut dan mur tidak boleh melebihi 1 : 20 terhadap suatu bidang yang tegak lurus sumbu baut.
- b) Bagian-bagian yang akan dibaut harus dijadikan satu bilamana dirakit dan tidak boleh diberi gasket (lem paking mesin) atau setiap bahan yang dapat didesak lainnya.
- c) Bilamana dirakit, maka semua permukaan yang akan disambung, termasuk yang berdekatan dengan kepala baut, mur, atau ring harus bebas kerak kecuali kerak pabrik yang keras dan juga harus bebas dari bagian yang tajam seperti duri akibat pemotongan atau pelubangan dan benda-benda asing lainnya, yang menghambat elemen-elemen tersebut untuk dapat duduk sebagaimana mestinya.

3. Penyelesaian Permukaan Bidang Kontak

- a) Permukaan bidang kontak dan tempat-tempat yang berdekatan dengan sekeliling elemen-elemen baja harus dibersihkan dari semua karat, kerak pabrik, cat, gemuk, cat dasar, dempul atau benda-benda asing lainnya.
- b) Setiap bagian yang tajam seperti duri akibat pemotongan atau pelubangan, atau kerusakan lain yang akan menghambat elemen-elemen tersebut untuk duduk sebagaimana mestinya atau akan mempengaruhi gaya geser diantara elemen-elemen tersebut harus dibersihkan.
- c) Permukaan bidang kontak harus dikerjakan sampai mencapai suatu kekasaran yang sesuai. Tidak ada sambungan yang akan dibuat sampai permukaan yang akan dihubungkan telah diperiksa dan diterima oleh Pengawas Pekerjaan.

#### 4. Kekencangan Baut

Persyaratan kekencangan baut mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 Pasal 7.4.2.2) dan/atau Surat Edaran Menteri PUPR No.14/SE/M/2015 dan/atau SNI 8458:2012.

#### 5. Pengelasan

- a) Prosedur pengelasan baik di bengkel maupun di lapangan, termasuk keterangan tentang persiapan permukaan-permukaan yang akan disambung harus diserahkan secara tertulis, untuk persetujuan dari Pengawas Pekerjaan sebelum memulai fabrikasi.
- b) Tidak ada prosedur pengelasan yang disetujui atau detail yang ditunjukkan dalam Gambar yang harus dibuat tanpa persetujuan dari Pengawas Pekerjaan.
- c) Cara menandai setiap pelengkap sementara harus disetujui terlebih dahulu oleh Pengawas Pekerjaan.
- d) Setiap goresan pada pelengkap sementara harus diperbaiki sampai diterima oleh Pengawas Pekerjaan.
- e) Bilamana perbaikan dengan pengelasan diperlukan, maka perbaikan ini harus dilaksanakan atas persetujuan Pengawas Pekerjaan.
- f) Permukaan las yang tampak harus dibersihkan dari residu kerak.
- g) Semua percikan pengelasan yang mengenai permukaan harus dibersihkan. Agar dapat memperoleh ketebalan elemen baja yang penuh pada sambungan dengan pengelasan maka harus digunakan pelat penyambung "run-on" dan "run-off" pada bagian ujung elemen.
- h) Syarat dan ketentuan lain terkait pengelasan merujuk pada AWS D1.1/D1.1M:2015 : Structural Welding Code – Steel dan AWS D1.5M/D1.5:2015 : Bridge Welding Code.

#### 6. Pengecatan dan Galvanisasi

- a) Manual sesuai dengan SE No.26/SE/M/2015: Perlindungan Komponen Baja Jembatan dengan Cara Pengecatan.
- b) Semua permukaan baja lainnya harus dicat atau digalvanis sesuai dengan desain ketebalan cat atau galvanis yang telah ditentukan sesuai lokasi di mana struktur baja tersebut akan dipasang dan/atau disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- c) Untuk semua elemen struktur baja termasuk elemen Gelagar Baja Komposit termasuk Gelagar, pelat, baut, mur, ring, dan sejenisnya harus dicat atau digalvanisasi dengan sistem pencelupan panas sesuai dengan AASHTO M111M/M111-15 atau ASTM A123/123M-17.

#### 7. Pengangkutan

- a) Setiap elemen harus dicat atau ditandai dengan suatu tanda pemasangan untuk identifikasi dan Penyedia Jasa harus memberikan suatu diagram pemasangan atau manual pemasangan dengan tanda-tanda pemasangan yang ditunjukkan di dalamnya.

- b) Elemen struktur harus diangkat dengan cara sedemikian rupa sehingga elemen struktur pada waktu diangkat dan dibongkar di tempat tujuannya tidak mengalami tegangan, deformasi yang berlebihan, atau kerusakan lainnya. Baut dengan panjang dan diameter yang sama, serta mur dan ring harus dijadikan satu set (mur dan ring dimasukkan dalam uliran baut) dan harus sudah diberi pelumas Molibdenum Disulfida (MoS<sub>2</sub>) untuk dikemas dalam tempat/kemasan.
  - c) Pen (pin), bagian-bagian yang kecil, harus dikirim dalam wadah yang dapat berupa kotak, krat atau tong, dan berat kotor dari setiap kemasan tidak boleh melebihi 150 kg.
  - d) Daftar dan uraian dari bahan-bahan yang terdapat di dalam setiap kemasan harus tertulis dan disebutkan pada bagian luar kemasan dan diusahakan tidak mudah hilang atau tersobek pada waktu pengiriman.
  - e) Pemasangan Landasan Jembatan
  - f) Landasan jembatan dapat berupa jenis landasan karet elastomerik atau landasan sendi yang terpasang pada pelat landasan dan Gelagar kisi-kisi. Tiap jenis landasan harus dipasang pada elevasi dan posisi yang benar dan harus pada landasan yang rata dan benar di atas seluruh bidang kontak.
  - g) Untuk landasan jembatan yang dipasang di atas adukan mortar semen, tidak boleh terdapat beban apapun yang diletakkan di atas landasan setelah adukan mortar semen terpasang dalam periode paling sedikit 96 jam, perlengkapan yang memadai harus diberikan untuk menjaga agar adukan mortar semen dapat dipelihara kelembabannya selama periode ini.
  - h) Adukan mortar semen harus terdiri dari satu bagian semen portland dan satu bagian pasir berbutir halus.
8. Perakitan Pekerjaan Jembatan Baja
- a) Setiap bagian harus dirakit dengan akurat sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar atau manual pemasangan yang disediakan oleh Penyedia Jasa serta mengikuti semua tanda yang telah diberikan.
  - b) Bahan struktur baja harus dikerjakan pada saat proses instalasi (handling) harus dengan hati-hati sedemikian rupa sehingga tidak terjadi kerusakan seperti terdapat bagian-bagian yang bengkok, patah, atau kerusakan lainnya.
  - c) Tidak boleh digunakan palu besi yang dapat melukai atau mengubah posisi elemen-elemen, kecuali palu karet.
  - d) Permukaan bidang kontak dan permukaan yang akan berada dalam kontak permanen harus dibersihkan sebelum bagian-bagian tersebut dirakit. Sebelum perakitan semua bidang kontak harus dibersihkan, bebas dari kotoran, minyak, kerak yang lepas, bagian yang tajam seperti duri akibat pemotongan atau pelubangan, bintik-bintik, dan cacat lainnya yang akan menghambat pemasangan yang rapat atas elemen-elemen yang dirakit.
  - e) Pada elemen struktur baja yang akan dipasang dengan cara kantilever, harus dipastikan bahwa semua elemen struktur baja sudah tersedia dan dipasang dengan seksama sehingga akan didapat lendutan balik (camber) yang sebagaimana mestinya sesuai dengan desain atau yang tertulis dalam manual pemasangan. Perlu diperhatikan bahwa pada cara pemasangan dengan cara kantilever ini, apabila telah selesai penyambungan atau perakitan pada titik buhul, maka baut pada bagian titik buhul tersebut harus dikencangkan dengan kekencangan 100% sesuai dengan kekencangan baut yang disyaratkan.
  - f) Setiap pengencangan baut sementara harus dibiarkan sampai sambungan tarik telah dibaut dan semua lubang pada titik buhul telah dijepit dan dibaut.

- g) Baut permanen untuk sambungan elemen-elemen tekan tidak boleh dimasukkan atau dikencangkan sampai seluruh bentangan berayun.
  - h) Sambungan (splices) dan penyambungan di lapangan (field connections) harus mempunyai setengah jumlah lubang yang diisi dengan baut dan pen (pin) silindris untuk pemasangan (setengah baut dan setengah pin) sebelum dibaut dengan baut tegangan tinggi.
  - i) Sambungan dan penyambung yang akan dilewati lalu-lintas (Personel) selama pemasangan, lubang baut harus telah terisi semuanya.
  - j) Untuk jembatan baja yang disediakan oleh Pengguna Jasa, baut penyambung harus dipasang dengan panjang dan diameter sesuai dengan manual dan sebagaimana yang ditunjukkan dalam spesifikasi baut.
  - k) Ring harus ditempatkan di bawah elemen-elemen (mur atau kepala baut) yang berputar dalam pengencangan.
  - l) Bilamana permukaan luar bagian yang dibaut mempunyai kelandaian 1 : 20 terhadap bidang tegak lurus sumbu baut, maka ring serong yang halus harus dipakai untuk mengatasi ketidaksejajarannya.
  - m) Dalam segala hal, hanya boleh terdapat satu permukaan tanpa kelandaian, elemen yang diputar harus berbatasan dengan permukaan ini.
9. Pengaku Gelagar Baja (Diafragma).
- a) Pastikan tipe pengaku sudah sesuai gambar rencana.
  - b) Komponen yang di potong sesuai dengan gambar rencana.
  - c) Lubang pada komponen dilubangi sesuai dengan gambar.
  - d) Komponen dipasang pada gusset plate atau stiffner, kemudian di kunci dengan kunci torsi atau dengan menggunakan kunci tangan.
  - e) Pastikan kekencangan baut telah 100% .
10. Bekisting dan Perancah
- a) Penyedia Jasa harus menyediakan setiap peralatan dan perancah yang diperlukan untuk pemasangan struktur baja. Perlengkapan pemasangan ini termasuk pengaku sementara, semua perkakas, mesin, dan peralatan termasuk pasak pengungkit (*drift*) dan baut penyetel. Perancah dan pengaku sementara harus dirancang, dibuat dan dipelihara sebagaimana mestinya agar dalam tahap pemasangan semua perancah dan pengaku-pengaku berfungsi dan dapat menahan semua gaya dan beban struktur baja selama pemasangan. Merujuk pada bab Kontruksi Beton bagian.
  - b) Untuk perhitungan kekuatan perancah dapat dilihat pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.3.6. mengenai analisis kekuatan struktur perancah atau *scaffolding*.
  - c) Urutan/prosedur pelaksanaan frame scaffolding merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.3.7. Tahap Pelaksanaan Pekerjaan Perancah (*Scaffolding*).
  - d) Pemasangan bekisting atau cetakan beton (*formwork*) merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.6. Prosedur pelaksanaan pekerjaan pemasangan bekisting (*Formwork*)
  - e) Tahap pelaksanaan pekerjaan bekisting (*formwork*) merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.6 untuk tahap pekerjaan acuan kerja (*formwork*).
  - f) Mengenai sambungan bekisting kedap terhadap air dapat dilakukan sesuai dengan rujukan pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.2.7. antisipasi terjadinya keropos pada beton.

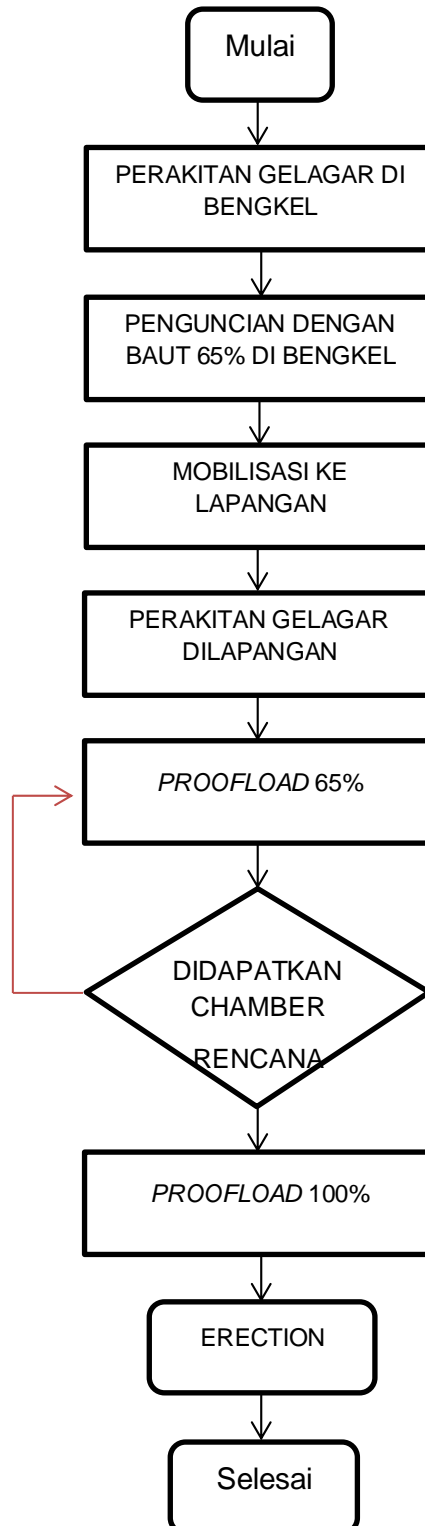


## 11. Pekerjaan Beton Bertulang

- a) Tahap persiapan bekisting untuk pengecoran dilakukan sebelum pengecoran dilakukan dengan pembersihan bekisting, penggunaan bahan pelepas sebagai kemudahan pembongkaran, dan pembongkaran dan pembersihan pasca pengecoran merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.8 tentang Persiapan Acuan Untuk Pengecoran.
- b) Prosedur penulangan baja tulangan merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, Penulangan 3.2.4 menjelaskan tahapan, material, jenis baja tulangan beton, kawat pengikat dan syarat, mutu bahan, jenis-jenis pembengkokan tulangan, mengenai jenis pembengkokan tulangan hal yang diperhatikan merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.4.
- c) Instalasi baja tulangan lantai dan struktur Gelagar membahas mengenai penyimpanan dan penanganan, pengajuan kesiapan kerja, dan penempatan dan pengikatan merujuk Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.4. Tahapan Pekerjaan Persiapan Penulangan atau Bab 6 Bangunan Atas Jembatan 6.6.8 Instalasi Tulangan Lantai.
- d) Prosedur selimut beton untuk konstruksi beton bertulang merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.7. mengenai selimut penutup penulangan (Concrete Cover). Menjelaskan toleransi yang digunakan sesuai tempat pelaksanaan.
- e) Pengecoran beton pada jembatan beton bertulang merujuk pada Bab 2 Material, 2.2.9.5 Pengecoran Beton Bertulang, menjelaskan pelaksanaan persiapan pengecoran, kesiapan tempat kerja, peralatan pengecoran, pemadatan beton dan teknik pemadatan beton, penjelasan sambungan (join), sambungan pelaksanaan selama konstruksi, dan perawatan beton pascapengecoran.
- f) Untuk pengambilan sampel pengujian beton, persyaratan pengambil sampel pengujian di lapangan, cara pengangkutan sampel ke laboratorium. Dapat dilihat pada Bab 2 Material 2.2.10.4.
- g) Slump test adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur tingkat kekakuan dari beton segar. Dengan cara mengukur penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Cara melakukan pengujian slump test merujuk pada Bab 2 Material, Slump Test 2.2.3.3

c. Erection Gelagar Baja

Metode ini juga bisa diterapkan juga dengan Gelagar pracetak Pasca Tarik (*Post-Tension*) tipe I dan SuperTee, dapat dilihat pada subbab 6.3.6 Metode-Metode Instalasi Gelagar, Gelagar dengan bentang 20 – 50 meter dan pengangkatan Gelagar yang berurutan pada beberapa bentang



Gambar 6.41- Bagan Alir Perakitan Gelgar Baja

### 6.3.5 Persiapan Pemasangan Gelagar Pada Jembatan

#### a. Umum

1. Pemasangan Gelagar dapat/bisa dilakukan dengan *Crane*, dengan launcher, atau gabungan antara *Crane* dengan launcher.
2. Pemilihan metoda dan alat instalasi Gelagar ditetapkan berdasarkan analisa teknis yang memenuhi persyaratan K-3, dan telah disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
3. Penyedia Jasa wajib memastikan kesiapan dan kesesuaian peralatan dan operator yang meliputi:
  - a) Tipe dan kapasitas peralatan angkat berikut aksesoris sling angkat, transport Gelagar dan atau perangkat launcher Gelagar yang digunakan dalam kondisi baik dan sesuai dengan yang diajukan pada dokumen rencana pemasangan Gelagar yang sudah disetujui Pengawas Pekerjaan. Peralatan *Crane* wajib memiliki sertifikat laik operasi yang dikeluarkan instansi yang berwenang.
  - b) Operator yang mengendalikan peralatan *Crane* wajib memiliki sertifikat pengoperasian sesuai peralatan yang dioperasikan dan dalam kondisi yang sehat serta memahami tahapan pekerjaan pemasangan Gelagar sesuai yang direncanakan. Operator memiliki SIM dan SKA yang dikeluarkan instansi yang berwenang.

#### b. Persiapan Dudukan Elastomer/Bearing Pad pada Abutment/Pier

Penyedia Jasa wajib memastikan kesiapan bearing pad pada abutment/pier

1. Pastikan mutu mortar sudah mencapai kekuatan yang disyaratkan.
2. Pastikan posisi dan level dudukan elastomer sesuai dengan posisi dan Spesifikasi pada Gambar Kerja.
3. Pastikan aksesoris angkur pada abutment/pier untuk pemasangan temporary bracing saat Gelagar sudah duduk pada elastomer sudah terpasang dan kuat menopang beban angin (jika menggunakan pengaman dengan anchor belt fasteners/Chain Block).
4. Metode Pemasangan Elastomer/bearing pad.

##### a) Pelaksanaan Pemasangan Bantalan Karet Pada Jembatan

Pelaksanaan Pemasangan Bantalan Karet Pada Jembatan Gelagar Beton, Gelagar Baja Komposit dan Gelagar Beton Prategang pada umumnya sama dengan pelaksanaan pada pemasangan jembatan rangka, hanya dongkrak diletakan pada masing-masing Gelagar. Kemiringan memanjang/tanjakan yang diperbolehkan pada jembatan Gelagar tidak boleh lebih dari 2%, sedangkan kemiringan melintang tidak diperkenankan. Apabila kemiringan memanjang melampaui 2% dan dibutuhkan adanya kemiringan melintang maka harus dipasang baji agar bidang sentuh terhadap bantalan karet sejajar dengan permukaan bantalan.

Peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pemasangan bantalan karet pada jembatan adalah:

- 1) Dial gauge dengan ketelitian 0.01 mm
- 2) Termometer 00 C - 1000 C.
- 3) Tracker atau *Jack hydraulic* hidrolik single *stressing*, lengkap sertifikat kalibrasi.
- 4) Kabel sling atau *stressing* secukupnya sesuai kondisi bentang jembatan.
- 5) *Jack hydraulic* hidrolik kapasitas disesuaikan dengan beban jembatan minimum 200 ton. lengkap sertifikasi kalibrasi.
- 6) Format pencatatan perubahan/deformasi, temperatur terhadap waktu pengamatan.
- 7) Alat ukur To dengan alat leveling lengkap sertifikat kalibrasi.
- 8) alat tulis dan mm meter bloknot untuk mencatat hasil pengamatan.

b) Pemilihan Landasan Perletakan

Pemilihan bahan landasan harus berdasarkan cara pemasangan perletakan, ukuran telah yang akan diisi, kekuatan yang diperlukan dan waktu pengerasan (*setting time*) yang diperlukan. Dalam pemilihan bahan landasan, maka faktor-faktor berikut harus dipertimbangkan: jenis perletakan; ukuran Perletakan; pembebanan pada perletakan; urutan dan waktu pelaksanaan; pembebanan dini; ketentuan geser (*friction*); pengaturan dowel; ruangan untuk mencapai perletakan; tebal bahan yang diperlukan; rancangan dan kondisi permukaan pada lokasi perletakan; penyusutan bahan landasan. Untuk menjamin agar pembebanan yang merata pada perletakan dan struktur penyangga, maka perlu digaris bawahi bahwa adalah setiap bahan landasan, baik di atas maupun di bawah perletakan, harus diperluas keseluruhan daerah perletakan.

c) Pemasangan Bantalan Sementara

Apabila diperlukan, pengaturan yang cocok harus dilaksanakan untuk menampung pergerakan termal dan deformasi elastis dari bangunan atas jembatan yang belum sesuai. Bilamana penyangga sementara di bawah pelat dasar peletakan disediakan, maka penyangga harus tahan terhadap tekanan menurut beban rancangan atau dikeluarkan sewaktu bahan landasan telah mencapai kekuatan yang diperlukan penyangga sementara ini biasanya terbuat dari kayu yang memainkan peran yang penting selama berlangsungnya pengecoran lantai karena lenturan struktur atas melentur dengan penambahan beban yang besar disebabkan oleh masa beton. Defleksi/lentur itu mengakibatkan pasangan/rakitan bantalan-bantalan itu bergerak saling menjauh pada arah membujur. Konstruksi kisi dari kayu dapat dipakai guna mendukung bentang rangka pada waktu menaik turunkan, maupun untuk pendukung pertama dari bentang utama selama seluruh metode pemasangan. Pada setiap kasus, bangunan kisi itu harus dibangun terlepas dari tempat tumpuan atau puncak pangkal - jembatan. Konstruksi kisi dari kayu ini akan dibebani oleh muatan vertikal yang besar, oleh karena itu bangunan pendukung dari kayu ini harus cukup kuat untuk dapat menahan beban vertikal dimaksud. Kayu yang dipakai harus kayu keras dengan; daya dukung tidak kurang dari 100 kg/cm<sup>2</sup>. Kayu digergaji persegi rata dengan potongan melintang yang berukuran maksimal 10x10cm. Gelagar-Gelagar lintangnya harus bertumpu rapat dan diratakan permukaannya. Ukuran alasnya tidak lebih kecil dari 1,0 meter. Lapisan berikutnya harus dipasang melintang terhadap lapisan yang terdahulu dan harus dirapihkan dengan cermat sampai pas sehingga setiap lapisan menjadi rata dan persegi. Plat bantalan rangka tersebut harus menekan kepada

seluruh luas permukaan kayu. Bentangan, baik rangka maupun Gelagar, harus didukung oleh bantalan bantalan penahan dari kayu yang bersifat sementara pada lokasi - lokasi penahan permanen setelah penyetulan serta selama pengerjaan pengecoran beton pada lantai kendaraan.

d) Pemasangan Bantalan Permanen

Penopang-penopang sementara untuk bantalan yang terbuat dari kayu harus diganti dengan bantalan-bantalan elastomerik yang permanen setelah selesai melakukan pengecoran beton lantai kendaraan, tetapi sebelum pengecoran dinding-dinding abutment (*back wall*).

e) Penempatan Dongkrak

Dongkrak harus ditempatkan bersebelahan dengan bantalan, langsung dibawah *flens* tepat pada plat pengaku badan profil dari Gelagar melintang pada ujung bentang rangka. Apabila dongkrak tidak ditempatkan pada posisi ini, akan terjadi kerusakan pada *flens* dasar dan badan profil Gelagar melintang karena *flens* dan badan profil akan menerima beban yang sangat besar Untuk pemasangan bantalan pada bentangan-bentangan Gelagar, dongkrak harus ditempatkan di bawah Gelagar badan profil/plat Gelagar sedekat mungkin dengan plin-plin untuk bantalan yang akan dipasang.

f) Penempatan Bantalan

Sebelum bantalan permanen dipasang, harus dilakukan pemeriksaan akhir dari plin-plin tumpuan beton. Harus dipastikan bahwa permukaan Gelagar dalam keadaan rata (satu level), dan didapatkan ketebalan minimum dari mortar 2,0 cm pada setiap bantalan tumpuan. Ini dapat dilakukan dengan memakai alat ukur optis yaitu alat ukur *waterpass*. Sebagai contoh, misalkan bila tumpuan A memiliki elevasi +0,00, tumpuan B - 3,00 cm, tumpuan C -5,00 cm dan tumpuan D 1,00 cm, berarti bahwa jumlah ketebalan mortar akhir setiap bantalan tumpuan dari jembatan rangka tersebut haruslah:

- 1) Tumpuan A = + 2,00 cm
- 2) Tumpuan B = + 5,00 cm
- 3) Tumpuan C = + 7,00 cm
- 4) Tumpuan D = + 3,00 cm

Pada saat ketinggian/elevasi dari permukaan-permukaan plin tumpuan beton telah ditetapkan, penggantian dari penopang-penopang bantalan kayu sementara dapat dilaksanakan untuk setiap ujung tumpuan rangka baja dan dilakukan dengan tahapan-tahapan pekerjaan sebagai berikut:

- 1) Sisipkan plat-plat bantalan / ganjal cekung yang sesuai tepat di titik pendongkrakan pada ujung Gelagar melintang, dongkrak dipasang langsung pada abutmen.
- 2) Naikan kedua dongkrak itu secara bersamaan, sehingga ujung dari bentangan itu terangkat sampai cukup untuk melepas lapisan penopang sementara paling atas setebal 10 cm, yaitu kira-kira 3 cm.
- 3) Pasanglah ganjal dibawah Gelagar melintang berdampingan dengan dongkrak dengan memakai kayu pada setiap ujung dan kuncilah dongkrak sebagai usaha pencegahan/ keselamatan.
- 4) Pasanglah sepotong triplek dengan ketebalan 6 mm yang luasnya sama atau sedikit lebih luas dari bantalan pada permukaan lapian penopang kayu sementara yang disisakan. Potongan triplek ini dimaksudkan untuk

- menghilangkan distorsi terhadap bantalan yang diakibatkan ketidakrataannya dari kayu penopang dibawahnya.
- 5) bersihkan permukaan bantalan dengan memakai sikat kawat kemudian diberi lem formika, bersamaan dengan itu bersihkan plat bantalan baja dari perangkat bantalan itu sambil memastikan bahwa bagian-bagian itu betul-betul bersih dan kering sebelum menempatkan bantalan-bantalan itu pada posisinya, tempatkan bantalan-bantalan itu diatas triplek.
  - 6) lepaskan ganjal pengaman dari kayu itu dan turunkan bentangan itu secara merata ke atas bantalan-bantalan serta tinggalkan dalam posisi ini selama 15 sampai 20 menit untuk membiarkan lem itu menjadi kering.
  - 7) Setelah lem kering angkatlah bentang secukupnya untuk melepaskan kayu-kayu pendukung sementara yang tersisa. Pada tahap ini bantalan akan tergantung lepas.
  - 8) Pasanglah ganjal di bawah Gelagar melintang disisi/sebelah dongkrak dengan kayu dan kuncilah dongkrak untuk pengaman.
  - 9) Bersihkan tempat landasan bantalan dengan menyikat dan mencuci dengan air
  - 10) Siapkan adukan dalam perbandingan 1 (satu) bagian semen dan 3 (tiga) bagian pasir bersih dicampur dengan air sampai konsistensi plastis. Kalau tersedia, sebaiknya ditambahkan bahan mempercepat pengerasan yang telah disetujui. Buatlah suatu tumpukan/adukan yang tebalnya +5 cm setelah permukaan dibasahi. Alas adukan itu harus 3 cm lebih lebar dari bantalan. pada saat ini harus disesuaikan dengan lantai jalan yang direncanakan.
  - 11) Sementara adukan masih berbentuk plastis, cabutlah ganjalan kayu. Bukalah kunci dongkrak dan turunkan rangka perlahan-lahan sampai bantalan itu masuk ke dalam adukan sejauh 3 cm. Hal ini akan memberikan syarat minimal ketebalan adukan sebanyak 2 cm di bawah bantalan itu. Kedua bantalan itu harus berakhir pada ketinggian yang sama dengan ketelitian +0,5 cm. Ketinggian lantai jalan. Pada tahapan ini beban masih didukung oleh dongkrak.
  - 12) Ganjal jembatan ini dengan bantalan sementara (kayu keras) yang diletakan tepat dibawah Gelagar-Gelagar memanjang, lalu kuncilah dongkrak. Adukan yang berlebihan disingkirkan sehingga yang tertinggal hanya lapisan rapih sebesar 3 cm di sekeliling bantalan dengan pinggirnya dibuat miring 45o. Kemudian dongkrak dongkrak disingkirkan tetapi jembatan itu tetap ditopang oleh kayu pengganjal.
  - 13) Setelah pengerasan awal, tutuplah adukan dengan pasir selama 7 hari. Peliharalah agar penopang-penopang kayu itu tetap pada tempatnya sampai adukan itu mencapai kekuatannya.
  - 14) Singkirkan penopang-penopang kayu itu setelah adukan mencapai kekerasan yang diperlukan dan tidak kurang dari 3 hari. Ulangi proses itu pada ujung lainnya.

- c. Pengangkutan Segmen Pracetak dari Areal *Stressing* ke Lokasi Jembatan/Langsir Gelagar
1. Pastikan Penyedia Jasa telah mengajukan detail metode pengangkutan dan pemasangan serta peralatan yang akan digunakan untuk pemasangannya.
  2. Periksa selama pengangkutan unit-unit dari areal penyimpanan ke lokasi jembatan, harus disiapkan penyangga (bracing) untuk menghindari tergulingnya unit-unit.
  3. Jika terdapat cacat atau kerusakan, buat laporan tertulis kepada Pengawas Pekerjaan.
  4. Penyedia Jasa wajib memastikan pengaman proses langsir Gelagar dari lokasi *stressing* bed ke area pemasangan Gelagar meliputi:
  5. Pastikan akses jalan dan rute yang sudah direncanakan akan dilalui oleh *Bogie* trailer relatif rata dan memiliki alinyemen vertikal maksimum 10% dan alinyemen horizontal maksimum 2%.
  6. Angkat Gelagar menggunakan lifting frame atau lifting loop yang dikalungkan pada ujung Gelagar dengan posisi titik pengangkatan dekat dengan rencana posisi perletakan Gelagar.
  7. Pastikan posisi Gelagar saat pengangkatan dalam kondisi vertikal dan rata untuk level horizontal antar kedua ujung.
  8. Pastikan Gelagar diatas *Bogie* trailer dalam kondisi tegak dan bertumpu pada kayu ganjal dan diikat kencang dengan rantai/sling untuk menjaga posisi dan kestabilan Gelagar saat proses langsir.
  9. Pastikan safety plan dilaksanakan oleh semua pekerja yang terlibat.
- d. Pengangkutan Segmen Pracetak dari Areal *Stressing* ke Lokasi Jembatan/Langsir Gelagar
1. Pastikan Penyedia Jasa telah mengajukan detail metode pengangkutan dan pemasangan serta peralatan yang akan digunakan untuk pemasangannya.
  2. Periksa selama pengangkutan unit-unit dari areal penyimpanan ke lokasi jembatan, harus disiapkan penyangga (bracing) untuk menghindari tergulingnya unit-unit.
  3. Jika terdapat cacat atau kerusakan, buat laporan tertulis kepada Pengawas Pekerjaan.
  4. Penyedia Jasa wajib memastikan pengaman proses langsir Gelagar dari lokasi *stressing* bed ke area pemasangan Gelagar meliputi:
  5. Pastikan akses jalan dan rute yang sudah direncanakan akan dilalui oleh *Bogie* trailer relatif rata dan memiliki alinyemen vertikal maksimum 10% dan alinyemen horizontal maksimum 2%.
  6. Angkat Gelagar menggunakan lifting frame atau lifting loop yang dikalungkan pada ujung Gelagar dengan posisi titik pengangkatan dekat dengan rencana posisi perletakan Gelagar.

7. Pastikan posisi Gelagar saat pengangkatan dalam kondisi vertikal dan rata untuk level horizontal antar kedua ujung.
  8. Pastikan Gelagar diatas *Bogie* trailer dalam kondisi tegak dan bertumpu pada kayu ganjal dan diikat kencang dengan rantai/sling untuk menjaga posisi dan kestabilan Gelagar saat proses langsir.
  9. Pastikan safety plan dilaksanakan oleh semua pekerja yang terlibat.
- e. Persiapan Sebelum Pemasangan / Instalasi Gelagar.
1. Pastikan Gelagar sudah di *stressing* dan angkur sudut ditutup.
  2. Pastikan panjang perletakan sesuai dengan Spesifikasi pada Gambar Kerja dan sesuai dengan panjang Gelagar.
  3. Pasang dudukan elastomer/bearingpad dengan luasan lebih besar dari dimensi elastomer.
  4. Pastikan elevasi mortar/bearingpad sesuai dengan rencana elevasi lantai jembatan dikurangi tinggi total Gelagar.
  5. .Pastikan kekerasan mortar/bearingpad sudah 100 % / sesuai Spesifikasi.
  6. Pastikan angkur-angkur untuk elastomer yang menggun
  7. akan plat baja sudah terpasang.
  8. Apabila menggunakan metode *Crane* maka pastikan waktu pelaksanaan pekerjaan memadai dan kondisi lingkungan sekitar seperti cuaca dan kecepatan angin kondusif untuk pekerjaan pemasangan Gelagar

### 6.3.6 Pemasangan Gelagar Pada Jembatan

#### a. Umum

Instalasi Gelagar dilaksanakan sesuai pilihan dan kondisi setempat, dengan berbagai pertimbangan. Instalasi Gelagar yang cocok dilakukan pada petunjuk ini meliputi Instalasi Gelagar dengan satu *Crane*, dengan dua *Crane*, launcher dan double launcher. Untuk instalasi Gelagar menggunakan *Crane* lebih cocok digunakan untuk Gelagar tipe I dan tipe Super Tee dan Gelagar I baja Komposit. Sedangkan U-Shape lebih cocok menggunakan double laucher karena pertimbangan berat dan kondisi setempat.

#### b. Pemasangan Gelagar dengan Satu *Crane* Angkat (Pilihan)

Instalasi Gelagar untuk metode pemasangan satu *Crane* angkat adalah sebagai berikut ini ;

1. Pastikan waktu pelaksanaan pekerjaan memadai dan kondisi lingkungan sekitar seperti cuaca dan kecepatan angin kondusif untuk pekerjaan pemasangan Gelagar.
2. Pastikan *Crane* sudah di posisi yang direncanakan.

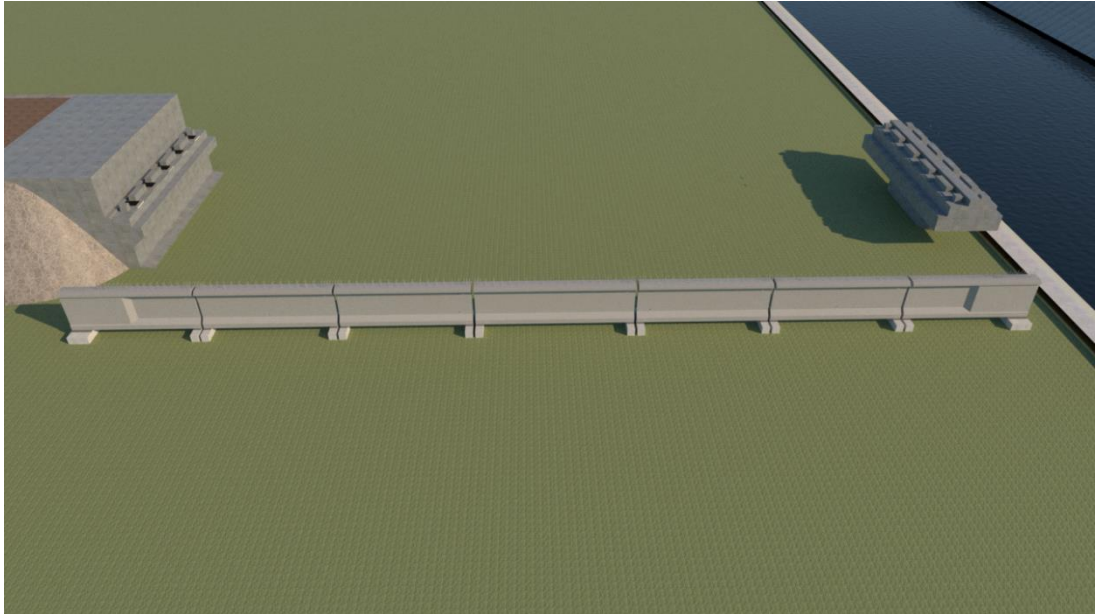


3. Pastikan posisi Gelagar saat pengangkatan dalam kondisi tegak dan rata untuk level horisontal antar kedua ujung.



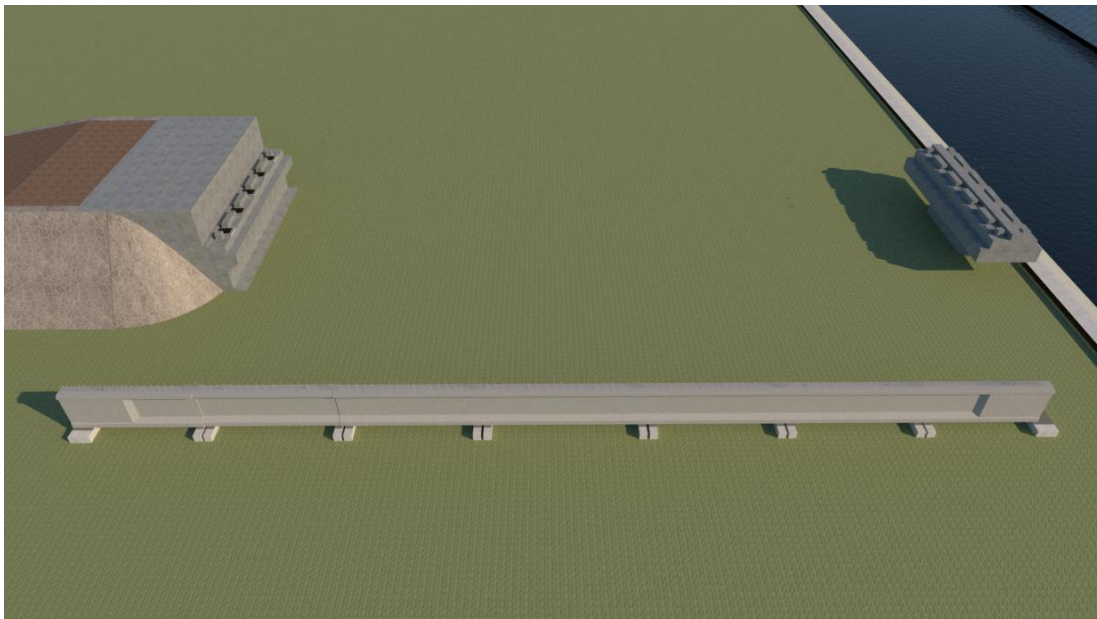
**Gambar 6.42- Proses Erection dengan satu Crane angkat**

4. Pastikan Gelagar bertumpu sempurna pada elastomer dengan posisi vertikal di posisi sesuai dengan Gambar Kerja.
  5. Jaga kestabilan Gelagar Gelagar ke-1 diatas abutment/pier dengan mengekang posisi Gelagar pada kedua ujung Gelagar dengan cara mengencangkan rantai/block yang dikaitkan pada titik angkat segmen Gelagar dan temporary angkur pada abutment pier Pastikan tahapan pemasangan Gelagar ke-2 pada posisi sesuai Gambar Kerja dengan proses yang sama seperti pemasangan Gelagar ke-1 Segera pasang pengaku antara Gelagar ke-1 dan ke-2 menggunakan kayu dengan jarak per 6m sebagai batang tekan dan koneksi antar Gelagar dengan bracing dari besi beton.
- c. Pemasangan Gelagar Dengan Dua Crane Angkat (Pilihan)
1. Pastikan waktu pelaksanaan pekerjaan memadai dan kondisi lingkungan sekitar seperti cuaca dan kecepatan angin kondusif untuk pekerjaan pemasangan Gelagar.
  2. Pastikan Crane sudah di posisi yang direncanakan.
  3. Angkat Gelagar pada titik-titik angkat dengan Crane yang sesuai dan memiliki kapasitas angkat 2,0 kali berat Gelagar (jika menggunakan 2 Crane untuk mengangkat satu Gelagar).
  4. Pastikan posisi Gelagar saat pengangkatan dalam kondisi tegak dan rata untuk level horisontal antar kedua ujung. .
  5. Penyusunan dengan Crane di atas landasan kerja sementara.



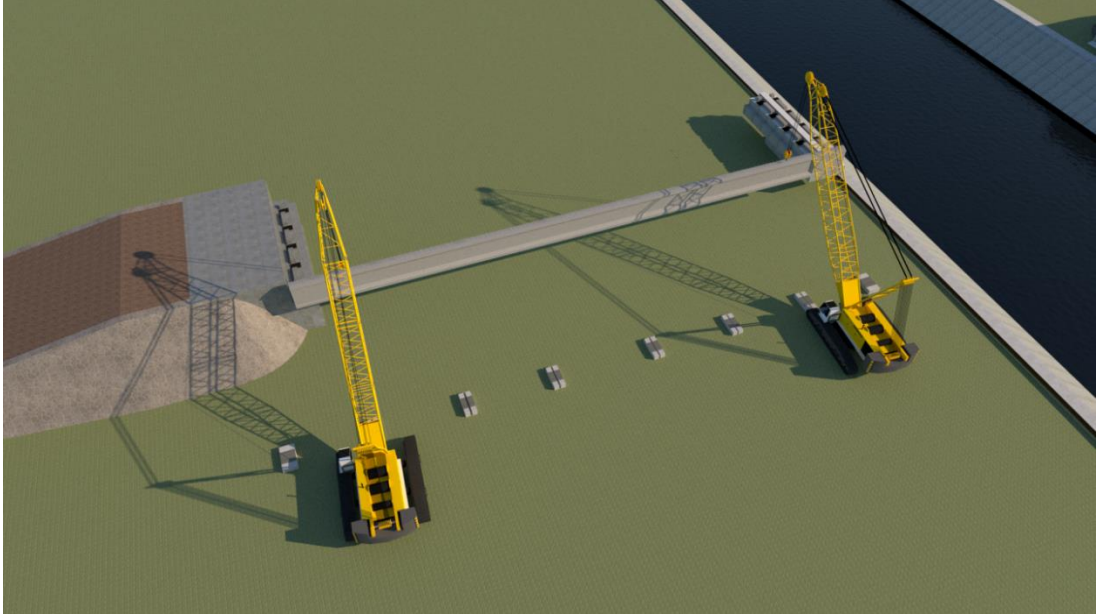
**Gambar 6.43- Penyusunan Gelagar**

6. Gelagar setelah di *stressing*, dan siap di erection dengan dua *Crane* angkat.



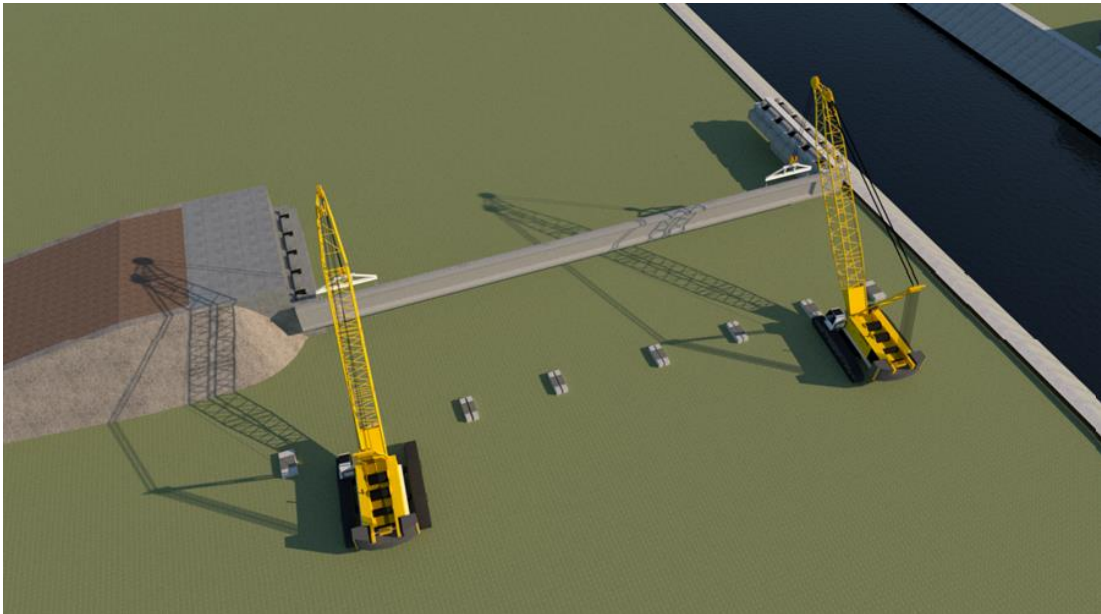
**Gambar 6.44- Gelagar siap di Erection**

7. Sistem Pemasangan dengan 2 *Crane* dengan lifting loop



**Gambar 6.45- roses Erection dengan satu *Crane* angkat**

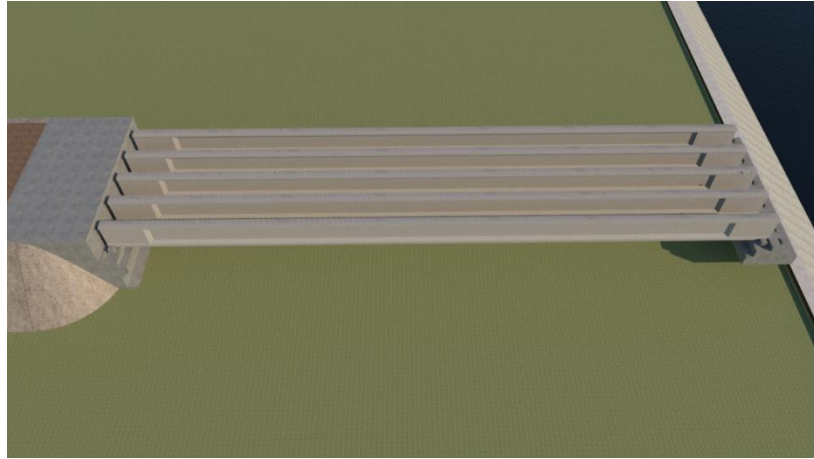
8. Sistem pemasangan dengan dua *Crane* angkat dengan bantuan frame.



**Gambar 6.46- Proses Erection dengan satu *Crane* angkat**

9. Pastikan Gelagar bertumpu sempurna pada elastomer dengan posisi vertikal di posisi sesuai dengan Gambar Kerja.

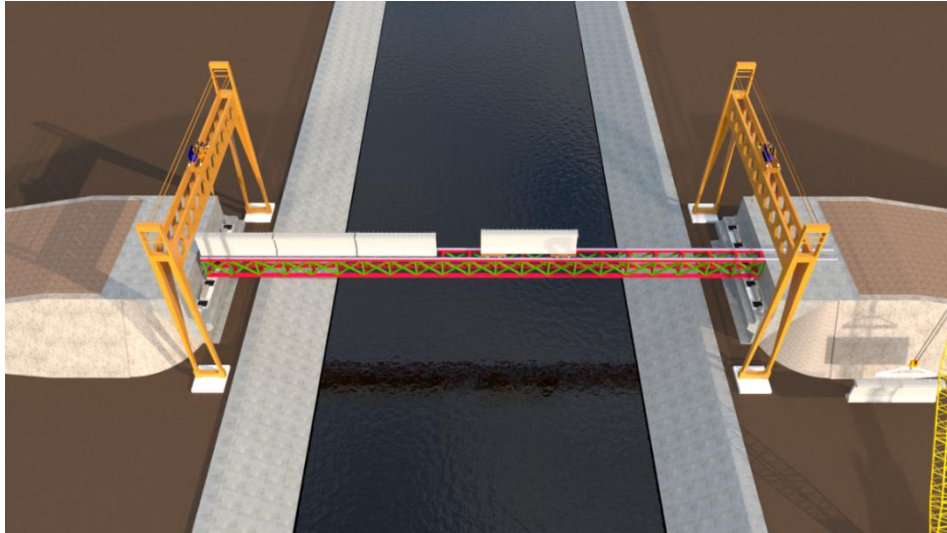
10. Jaga kestabilan Gelagar Gelagar ke-1 diatas abutment/pier dengan mengekang posisi Gelagar pada kedua ujung Gelagar dengan cara mengencangkan rantai/chain block yang dikaitkan pada titik angkat segmen Gelagar dan temporary angkur pada abutment pier dapat dilihat pada subbab 6.3.7 Pemberian Pengaman Setelah Terpasang (Pilihan). Pastikan tahapan pemasangan Gelagar ke-2 pada posisi sesuai Gambar Kerja dengan proses yang sama seperti pemasangan Gelagar harus segera dilakukan pemasangan pengaku antara Gelagar ke-1 dan ke-2 menggunakan kayu dengan jarak per 6m sebagai batang tekan dan koneksi antar Gelagar dengan bracing dari besi beton. Pastikan pemasangan bracing sementara dilaksanakan sampai semua Gelagar sudah terpasang.



**Gambar 6.47- Kondisi semua Gelagar terpasang**

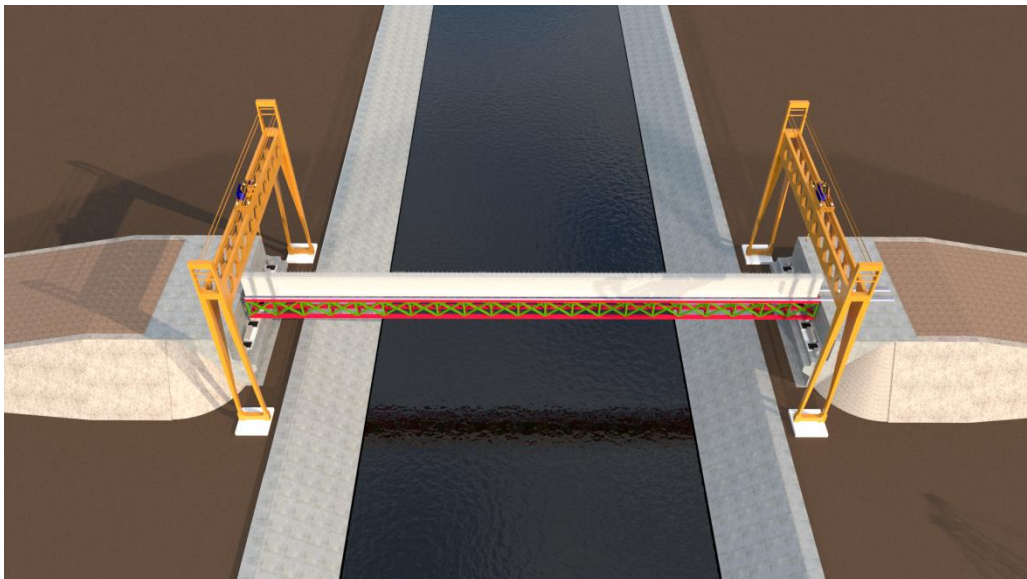
- d. Pemasangan Gelagar Segmental Dengan Single Launcher (Pilihan)
  1. Pastikan waktu pelaksanaan pekerjaan memadai dan kondisi lingkungan sekitar mendukung.
  2. Pastikan portal telah terpasang, dan pastikan portal stabil dan kuat sesuai dengan perencanaan.
  3. Pasang launcher diatas kepala jembatan atau pilar. Pastikan launcher sudah pada dudukan stabil. Dan launcher dipastikan kuat sesuai dengan perhitungan perencanaan.
  4. Letakkan segmen Gelagar diatas stroller launcher, dorong Gelagar ke ujung sebelah dengan menggunakan stroller.





**Gambar 6.48- Penyusunan Segmen Gelagar**

5. Angkat Gelagar dengan portal, dengan menggunakan lifting frame atau lifting loop yang dikalungkan pada ujung Gelagar dengan posisi titik pengangkatan dekat dengan rencana posisi perletakan Gelagar.



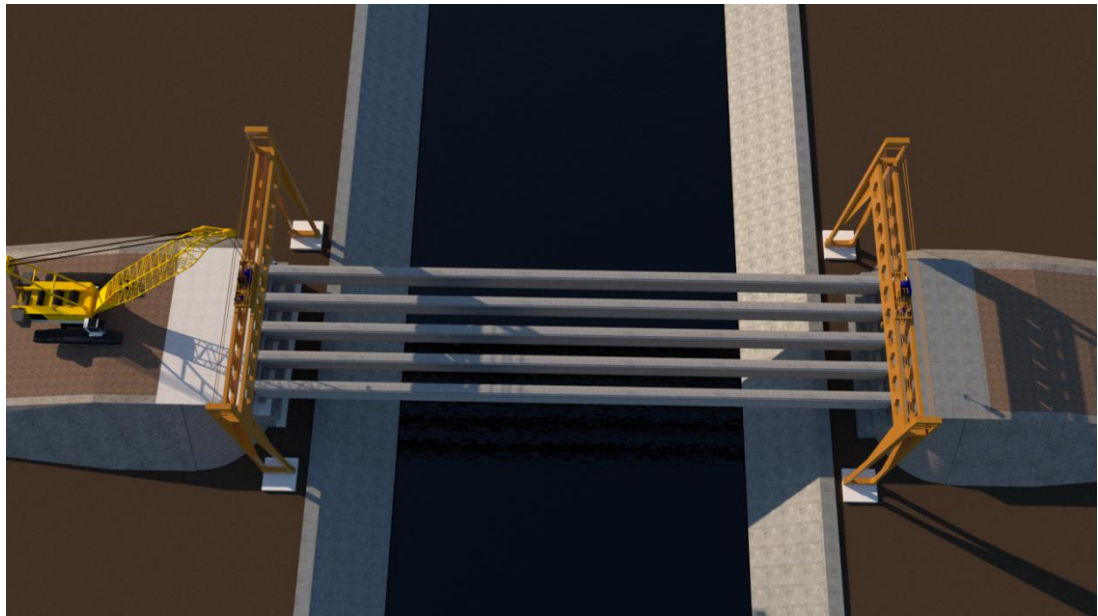
**Gambar 6.49- Setelah di *Stressing***

6. Pastikan posisi Gelagar saat pengangkatan dalam kondisi tegak dan rata untuk level horisontal antar kedua ujung.



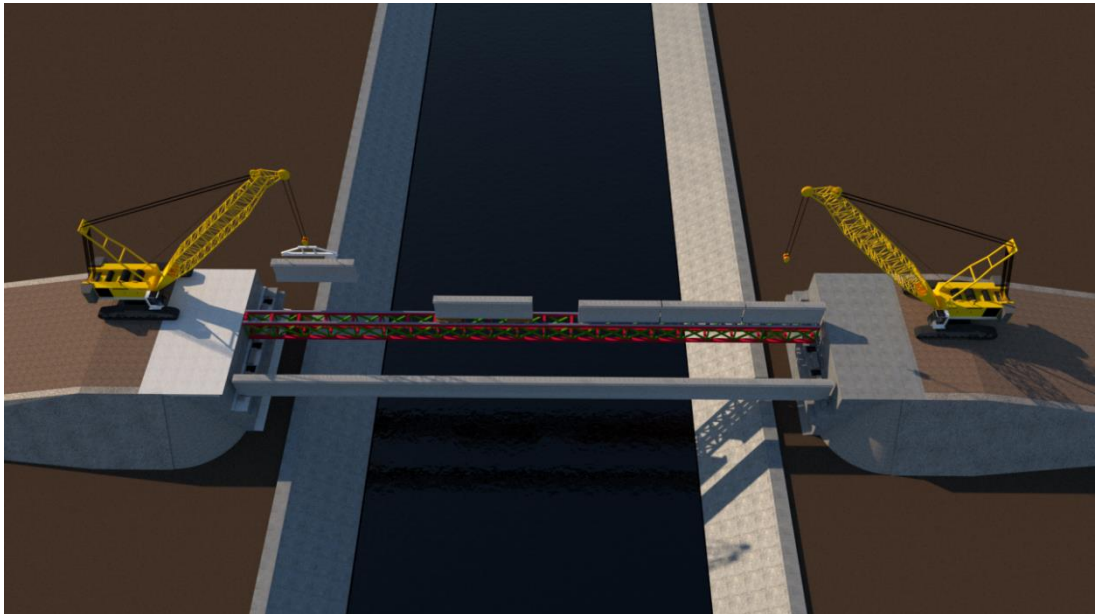
**Gambar 6.50- Proses Erection dengan Portal**

7. Posisikan Gelagar ke tepat diatas perletakan/tumpuan/elastomer.
8. Turunkan Gelagar perlahan lahan hingga menumpu tepat pada perletakan , lalu berikan penyokong ujung sementara agar Gelagar tidak terguling. Pasang semua Gelagar, dan berikan koneksi sementara antar Gelagar.



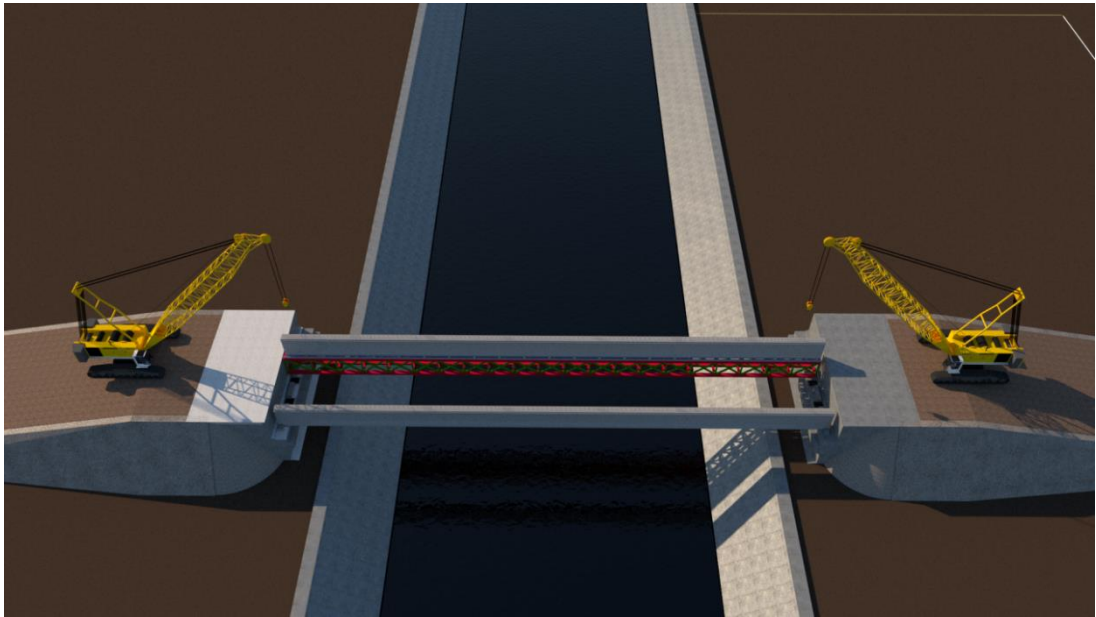
**Gambar 6.51- Selesai**

9. Pasang semua diafragma, dan lepas penyokong ujung. Dan beri pengaman pada Gelagar sesuai dengan subbab 6.3.7 tentang pemberian pengaman setelah terpasang.
- e. Pemasangan Gelagar Dengan Gabungan *Crane* Dan Launcher (Pilihan)
1. Pastikan waktu pelaksanaan pekerjaan memadai dan kondisi lingkungan sekitar mendukung.
  2. Pastikan *Crane* sudah di posisi yang direncanakan (di awal jembatan 1 *Crane*, dan di akhir jembatan 1 *Crane*).
  3. Angkat Gelagar pada titik-titik angkat dengan *Crane* yang sesuai dan memiliki kapasitas angkat 2,0 kali berat Gelagar (jika menggunakan 2 *Crane* untuk mengangkat satu Gelagar).
  4. Pasang launcher diatas kepala jembatan atau pilar dengan stabil. Pastikan launcher dapat memikul berat Gelagar sesuai dengan kekuatan perencanaan untuk kekuatan launcher.
  5. Dorong segmen Gelagar dengan menggunakan trolley.



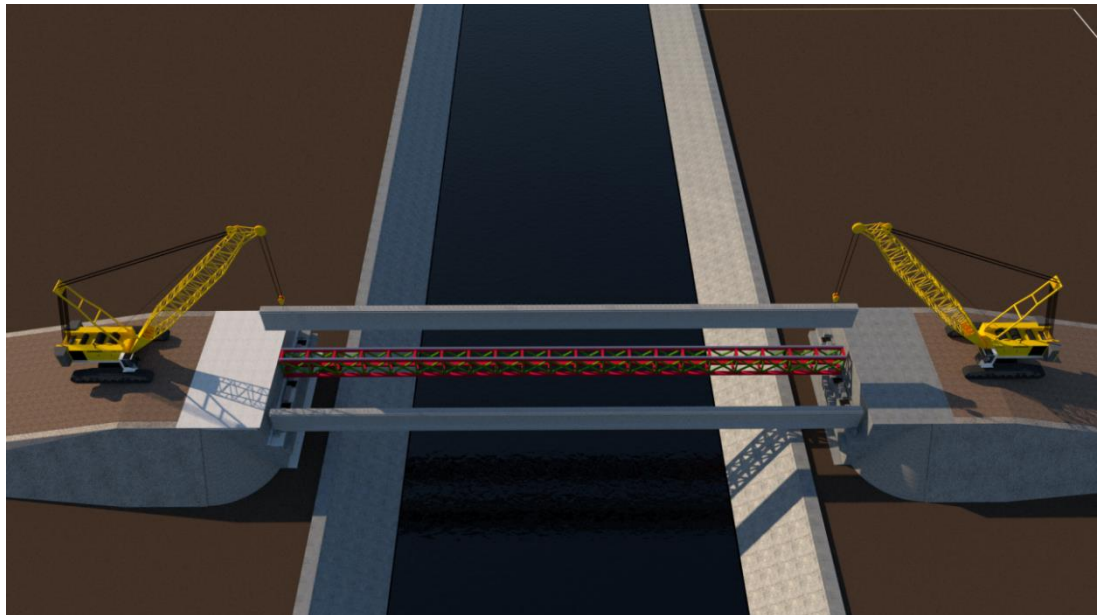
**Gambar 6.52 - Proses Penyusunan diatas launcher**

6. *Stressing* segmen Gelagar diatas laucher. Kemudian siap diangkat dengan *Crane*.



**Gambar 6.53 - Proses Pengangkatan**

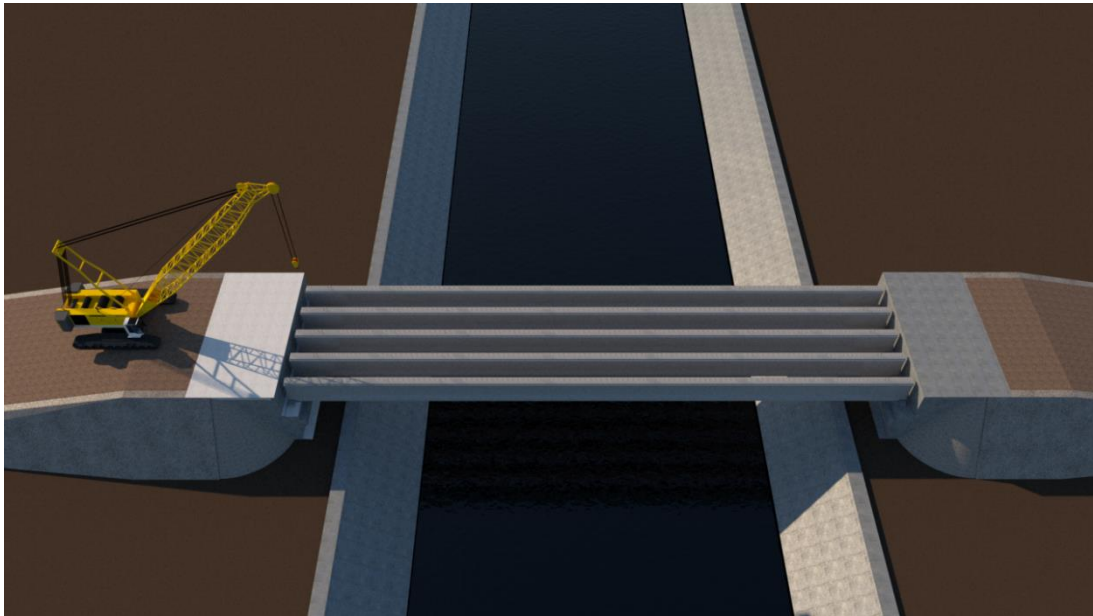
7. Angkat Gelagar dengan *Crane*, dengan menggunakan lifting frame atau lifting loop yang dikalungkan pada ujung Gelagar dengan posisi titik pengangkatan dengan rencana posisi perletakan Gelagar.



**Gambar 6.54 - Gelagar diangkat**



8. Pastikan posisi Gelagar saat pengangkatan dalam kondisi tegak dan rata untuk level horisontal antar ujung.
9. Posisikan Gelagar ke tepat diatas perletakan/tumpuan/elastomer.
10. Turunkan Gelagar perlahan lahan hingga menumpu tepat pada perletakan, lalu berikan penyokong ujung sementara agar Gelagar tidak terguling.



**Gambar 6.55 - kondisi semua Gelagar terpasang**

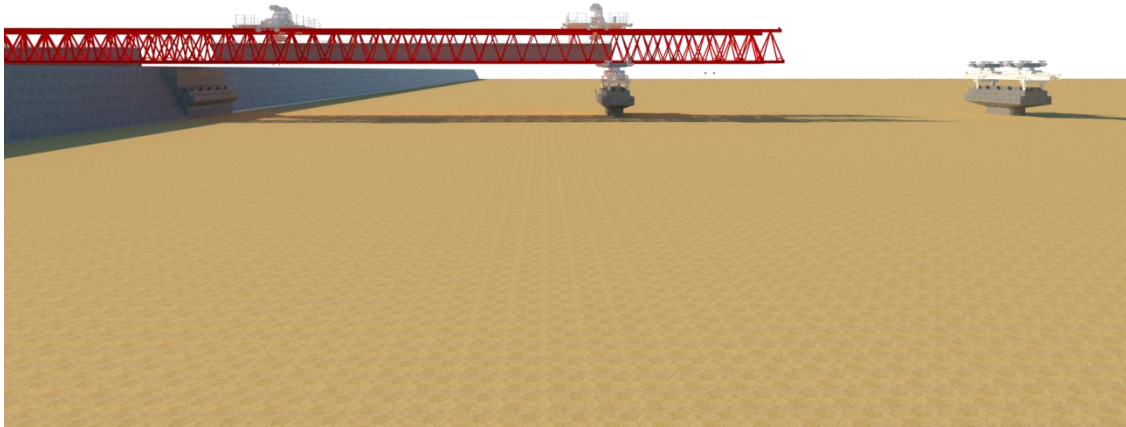
11. Pasang semua Gelagar, dan berikan koneksi sementara antar Gelagar, Pasang semua diafragma, dan lepas penyokong ujung sesuai dengan subbab 6.3.7.
- f. Pemasangan Gelagar Dengan Sistem Launching Gantry Double Truss
- Metode ini dapat dilakukan jika kondisi tidak memungkinkan menggunakan *Crane* misalnya bentang panjang atau ketinggian struktur yang tidak dapat dijangkau oleh boom *Crane*. Instalasi dengan metode ini cocok dilakukan dengan sistem, Tee-Gelagar dan I-Gelagar beton atau baja. Metode kerja dapat dilihat pada langkah berikut ;
1. Struktur launching truss kuat memikul beban Gelagar yang diangkat.
  2. Baut sambungan dikencangkan dengan torsimeter dan baut dalam kondisi baik dengan maksila penggunaan dua kali.
  3. Kapasitas gantri hoist dan sling angkat diperhitungkan sesuai dengan perencanaan.
  4. Alat angkat memiliki Surat Izin Alat (SIA) dan operator alat memiliki Surat Izin Operasi (SIO) untuk alat angkat.
  5. Hasil Pemeriksaan fisik lanching truss, holst angkat dan sling angkat sebelum pengangkatan dipastikan dalam kondisi baik dan layak digunakan.
  6. Kondisi cuaca tidak hujan, angin tidak mengganggu operasi pengangkatan dan penerangan mencukupi.

7. Area sekitar yang berdampak pada manuver pengangkatan dan beresiko tinggi saat kegagalan pengangkatan Gelagar harus steril dari orang yang tidak berkepentingan terhadap operasi alat.
8. Titik angkat Gelagar dalam kondisi baik dan layak digunakan, sedangkan untuk pengangkatan Gelagar dengan lifting frame baja, pastikan sudah terpasang dengan benar.
9. Gelagar diangkat setinggi 30 cm dan tunggu  $\pm 15$  menit untuk memastikan alat dan sling angkat mampu menahan beban dan tidak terjadi penurunan launching trust.
10. Posisi Gelagar saat pengangkatan rata dan horizontal dengan toleransi 4%.
11. Panjang truss minimal 2 kali bentang jembatan.
12. Dikarenakan penggunaan *Crane* tidak memungkinkan.
13. Panjang truss dua kali bentang jembatan.
14. Gelagar diangkat oleh *Jack hydraulic* hidraulic yang ditopang pada rangka melintang.



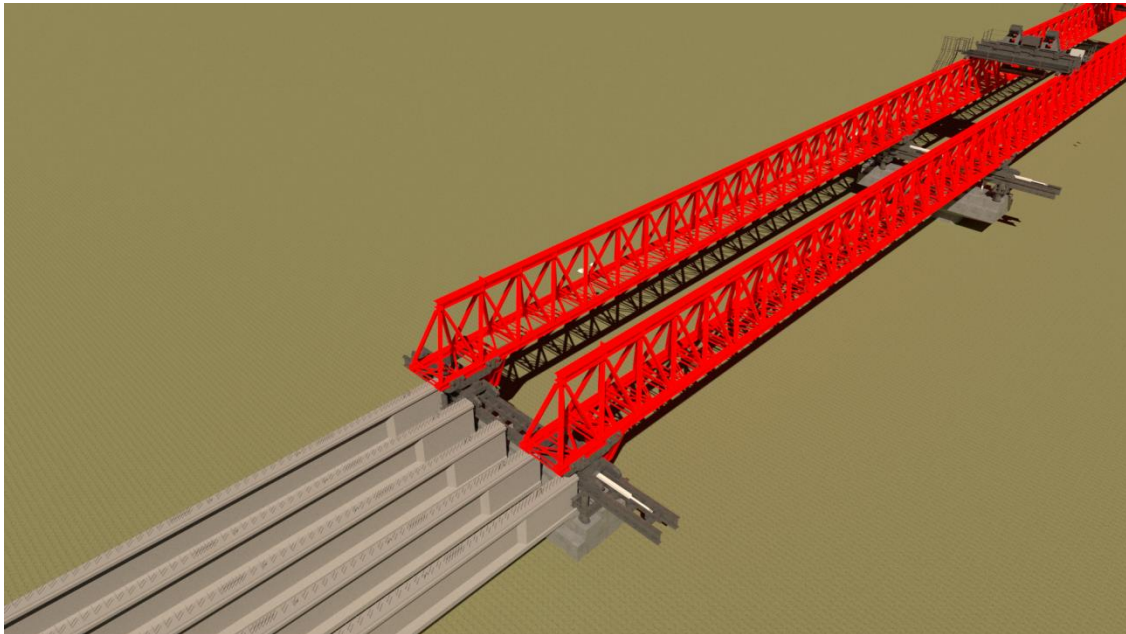
**Gambar 6.56 - Proses Erection dengan Double Launcher**

15. Gelagar digeser ke posisi rencana/bearing



**Gambar 6.57 - Launcher Bergerak**

16. Gelagar diletakkan pada posisi di atas abutment/pier.

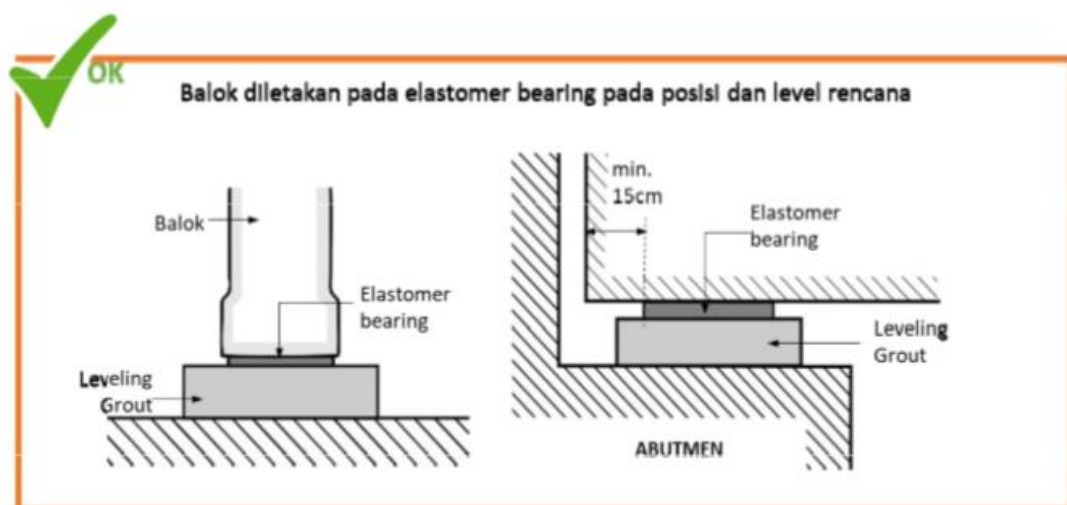


**Gambar 6.58 - Selesai**

17. Beri pengaman pada Gelagar sesuai pada 6.3.7 Pemberian pengaman Gelagar Setelah Terpasang.

### 6.3.7 Pemberian Pengaman Gelagar Setelah Terpasang

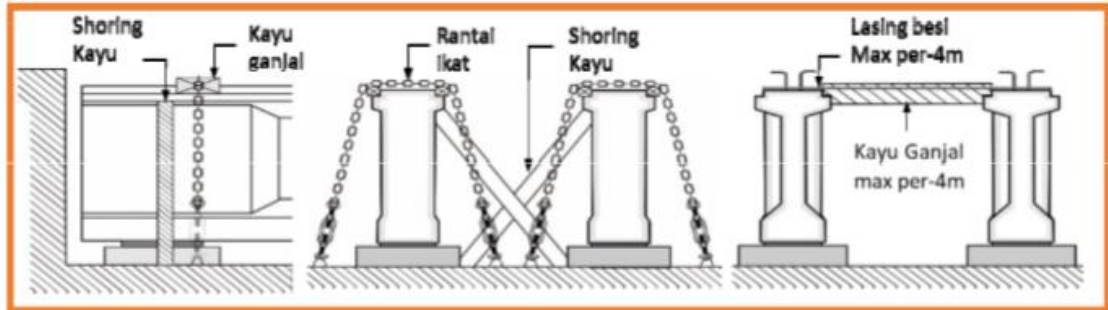
- a. Untuk menjaga agar Gelagar tidak terguling setelah instalasi dan sebelum diapragma terpasang, maka Penyedia Jasa harus memberikan pengaman dengan penyokong ujung Gelagar dan pengaku antar Gelagar.
- b. Ada 3 (tiga) tipe pengaman yang dapat digunakan / dijadikan referensi:
  1. Pengaman dengan menggunakan penyangga ujung Gelagar.
  2. Pengaman dengan ikatan besi tulangan (*bar bracing*).
  3. Pengaman dengan sabuk pengikat (*anchor belt fasteners/Chain Block*)
- c. Pemilihan tipe pengaman ditentukan oleh Penyedia Jasa, melalui pertimbangan dan persetujuan Pengawas Pekerjaan.
- d. Persyaratan.
  1. Kuat tekan leveling grout tumpuan elastomer bearing sudah mencapai kekuatan yang disyaratkan.
  2. Elastomer bearing pad dipasang pada posisi dan level rencana di abutmen jembatan.
  3. Elastomer bearing pad yang digunakan adalah tipe laminated (*steel reinforced*) elastomer bearing sesuai spesifikasi beban rencana.
  4. Dimensi lebar elastomer bearing minimal 90% dari lebar bawah Gelagar untuk menjaga kestabilan Gelagar tunggal.
  5. Aksesoris pengikat/shoring pada ujung Gelagar diatas abutmm/pier terpasang dengan benar.
  6. Aksesoris kayu ganjal dan lasing besi antar Gelagar dipasang dengan jarak maksimum 4m dan terpasang dengan benar.
- e. Metode Pelaksanaan.
  1. Gelagar diletakkan pada elastomer dengan alat pengangkat.



Gambar 6.59 - Perletakan Elastomer

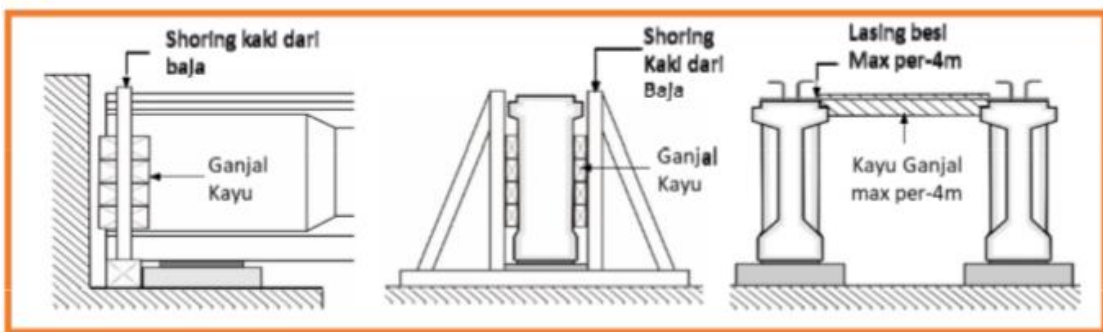
2. Gelagar Diatas pilar atau abutmen

Untuk menjaga stabilitas Gelagar diatas pier atau abutmen maka pada bagian ujung Gelagar diikat dengan rantai yang dikencangkan perjarak 4m, dipasang kayu ganjal dan lasing besi antar Gelagar.



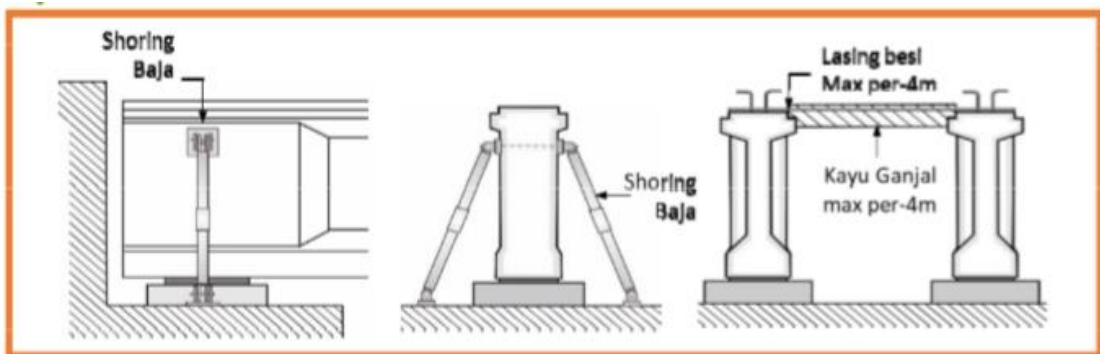
**Gambar 6.60 - Perkuatan dengan rantai dan shoring kayu**

3. Untuk menjaga stabilitas Gelagar diatas pier atau abutmen maka pada bagian ujung Gelagar dipasang shoring kaki dari baja untuk penahan guling Gelagar dan jarak pemasangan per 4 m, dipasang kayu ganjal dan lasing besi antar Gelagar.



**Gambar 6.61 - Shoring baja dengan kayu**

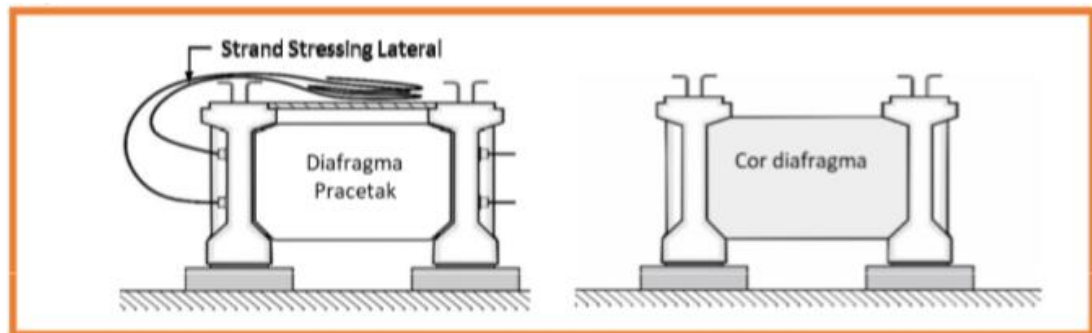
4. Untuk menjaga stabilitas Gelagar diatas pier maka pada bagian ujung Gelagar dishoring dengan baja dengan jarak pemasangan 4 meter, dipasang kayu ganjal dan lasing besi antar Gelagar.



**Gambar 6.62 - Shoring Baja**



5. Untuk menjaga stabilitas Gelagar pier maka pada bagian tengah segera dipasang diafragma pracetak atau dicor struktur penghubung antar Gelagar secara simultan dengan pemasangan Gelagar.

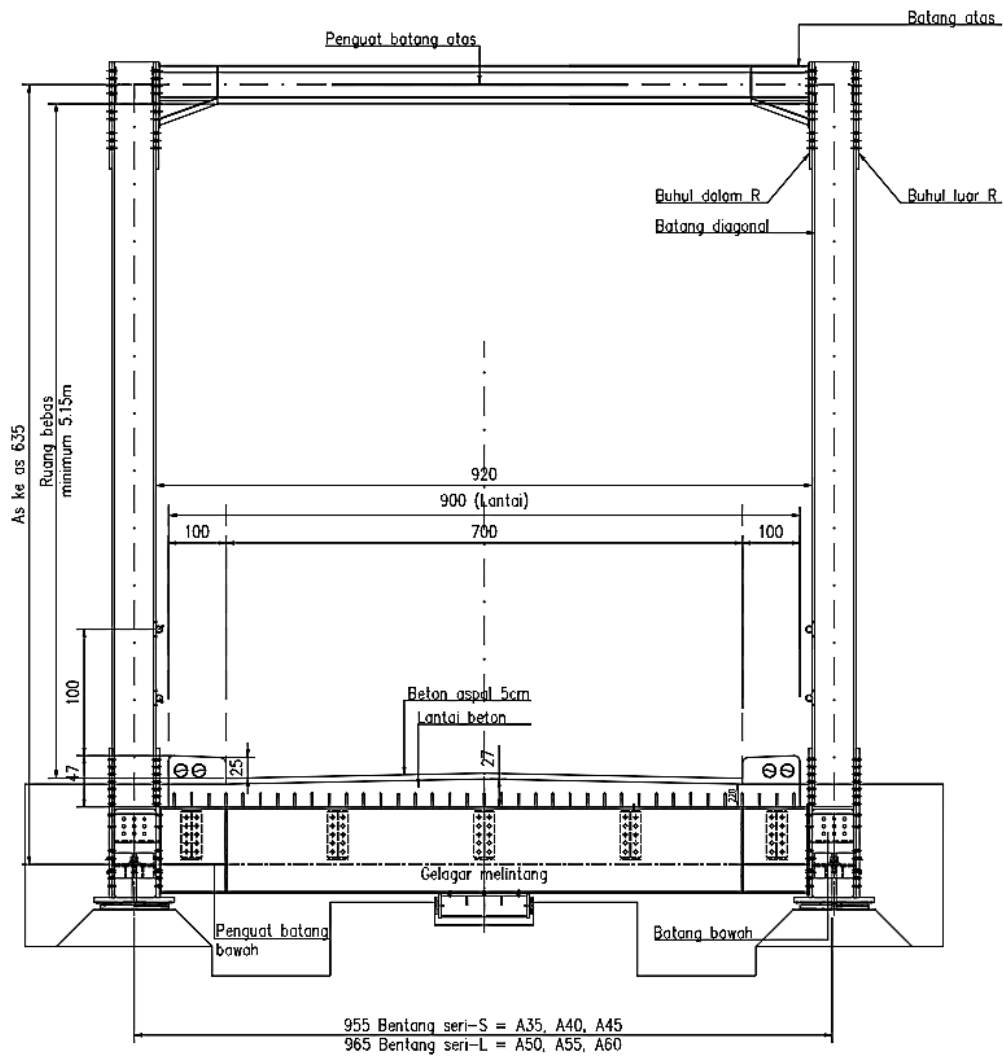


**Gambar 6.63 - Stressing lateral diafragma dan pengecoran**

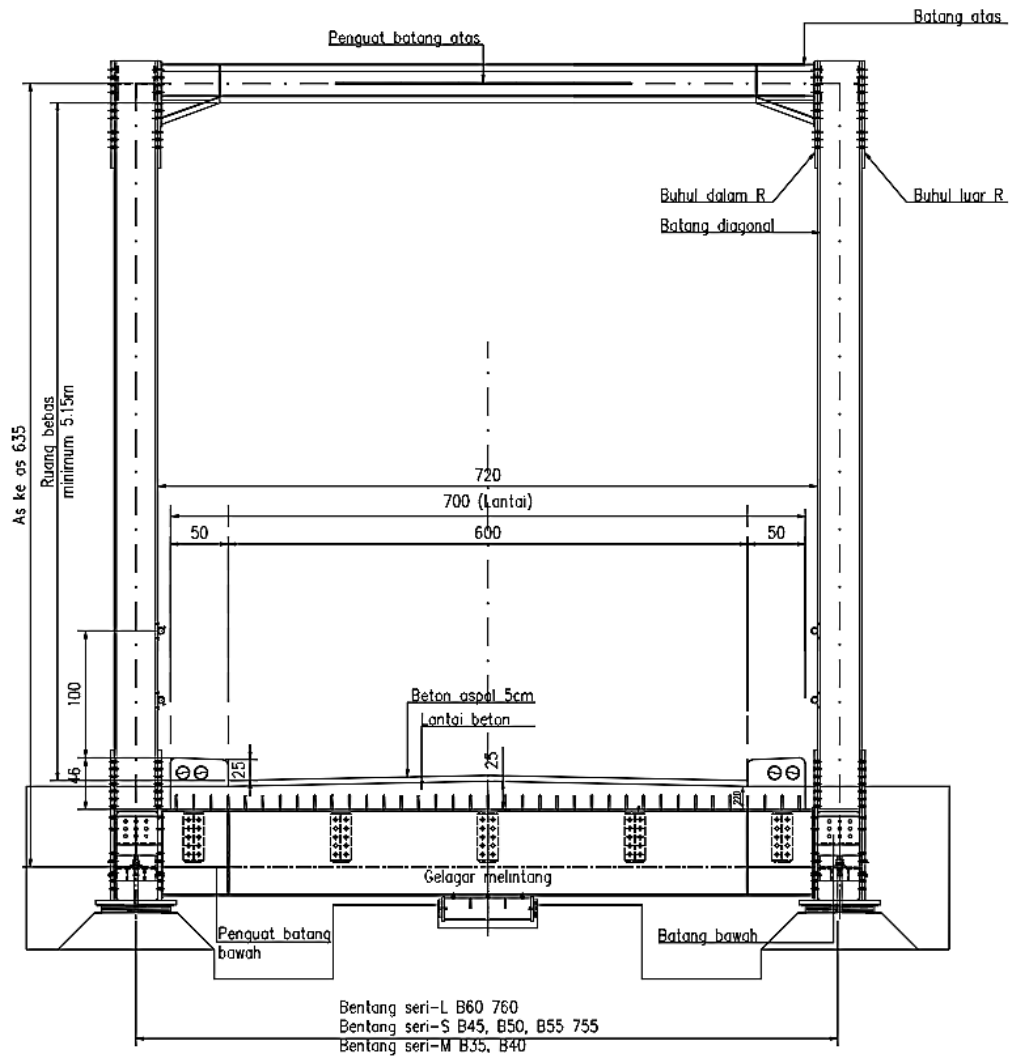
## 6.4 Jembatan Rangka Baja

### 6.4.1 Jembatan Rangka Tetap (Permanen)

Rangka baja jembatan pabrikan terdiri dari komponen-komponen, yang dirakit menggunakan Baut. Jenis komponen tersebut berupa Cross Gelagar, Chord, Diagonal, Gusset plate, Cross beam, Bracing, Stringer, Splice plate, Pack plate (Fill plate), Assemblie & Miscellaneous, Deck part, Handrail, dan Bearing & Buffer. Bentuk komponen seperti contoh gambar terlampir. Rencana urutan dan susunan pemasangan komponen-komponen tersebut, harus mengikuti aturan dan letak kedudukan masing-masing komponen, yang dijelaskan pada gambar rencana penandaan (Truss Marking Plan), dan gambar-gambar detail dalam buku Manual (Petunjuk Perakitan dan Pemasangan Jembatan Rangka Baja), dan sistem pemasangan (erection) yang sudah ditetapkan oleh pejabat pelaksana lapangan (atasan langsung) Mandor Pemasangan Rangka Baja Jembatan (Steel Erector of Bridge). Setelah dijelaskan hal-hal seperti tersebut di atas, maka penyusunan urutan pemasangan komponen rangka baja sesuai tipe bentangnya, dapat direncanakan.

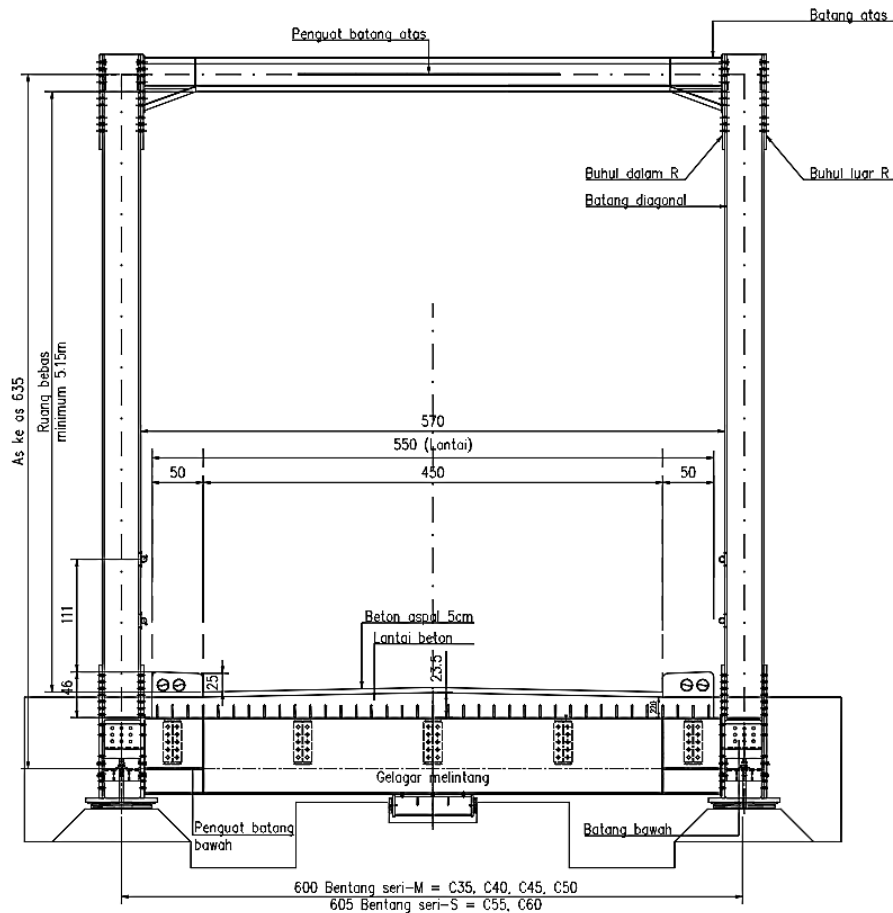


**Gambar 6.64 – Jembatan Rangka Permanen Standar Indonesia Kelas A**



**Gambar 6.65 – Jembatan Rangka Permanen Standar Indonesia Kelas B**





**Gambar 6.66 – Jembatan Rangka Permanen Standar Indonesia Kelas C**

Sistem ini telah dirancang untuk memungkinkan pemasangan ditempat secara berurutan dengan pengerjaan kantilever dari satu tebing, atau dorongan dengan metoda peluncuran bentang tunggal (SSL) tanpa menggunakan perancah di sungai. Keduanya memerlukan sebuah bentang standar sebagai suatu bentang angker dan baja penghubung yang disediakan pada sistem ini. Metoda SSL memerlukan peralatan peluncuran khusus selain baja penghubung (linking steel).

Metoda lain dari perakitan dan pemasangan seperti kantilever sebagian atau pemasangan pada perancah dapat juga dilakukan. Prinsip-prinsip yang diberikan untuk metoda yang dijelaskan dalam Panduan Pemasangan dapat diterapkan dalam kasus tersebut.

Konstruksi lantai beton dan pemasangan landasan dan penahan lateral seismis

Sistem jembatan ini direncanakan mempunyai ciri pemeliharaan yang rendah. Untuk maksud ini semua pekerjaan baja dan baut-baut digalvanisir dan landasannya adalah elastomer.

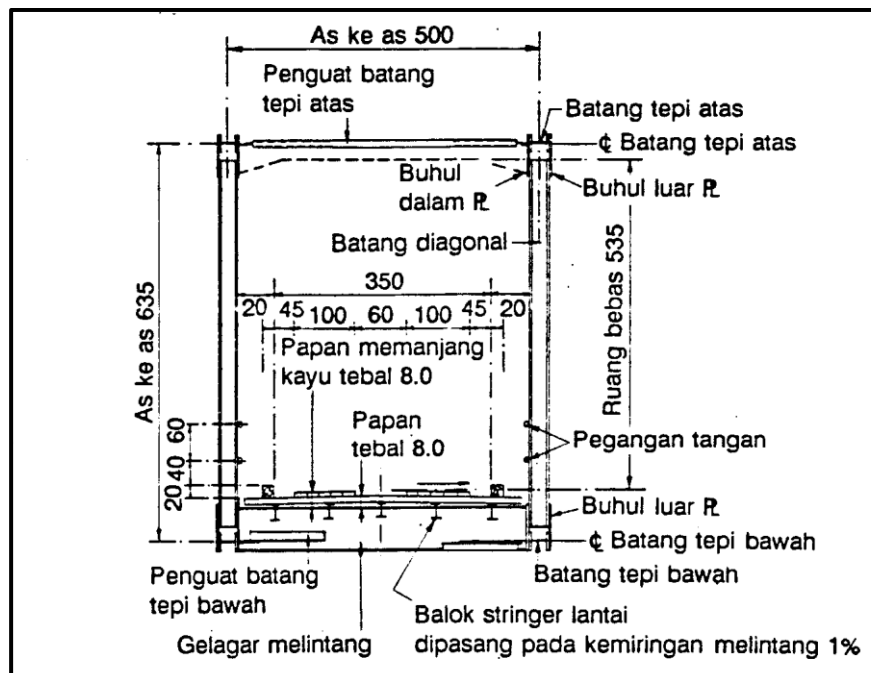
#### 6.4.2 Jembatan Rangka Semi Permanen

Sistem jembatan rangka terdiri atas komponen baja standar yang dibuat dengan tepat (presisi), yang dirakit dengan sistem baut untuk membentuk bentang jembatan desain rangka through tipe (lantai dibawah) dari 30 sampai 60 meter. Jembatan tersebut dilengkapi dengan landasan, penahan lateral seismik dan karet penahan, sandaran, alat-alat dan peralatan yang akan dipergunakan dalam perakitan komponen-komponen menjadi bentang jembatan, dan dengan Panduan Perakitan. Bentang yang diuraikan dalam Panduan Perakitan adalah kelas S.P (Semi

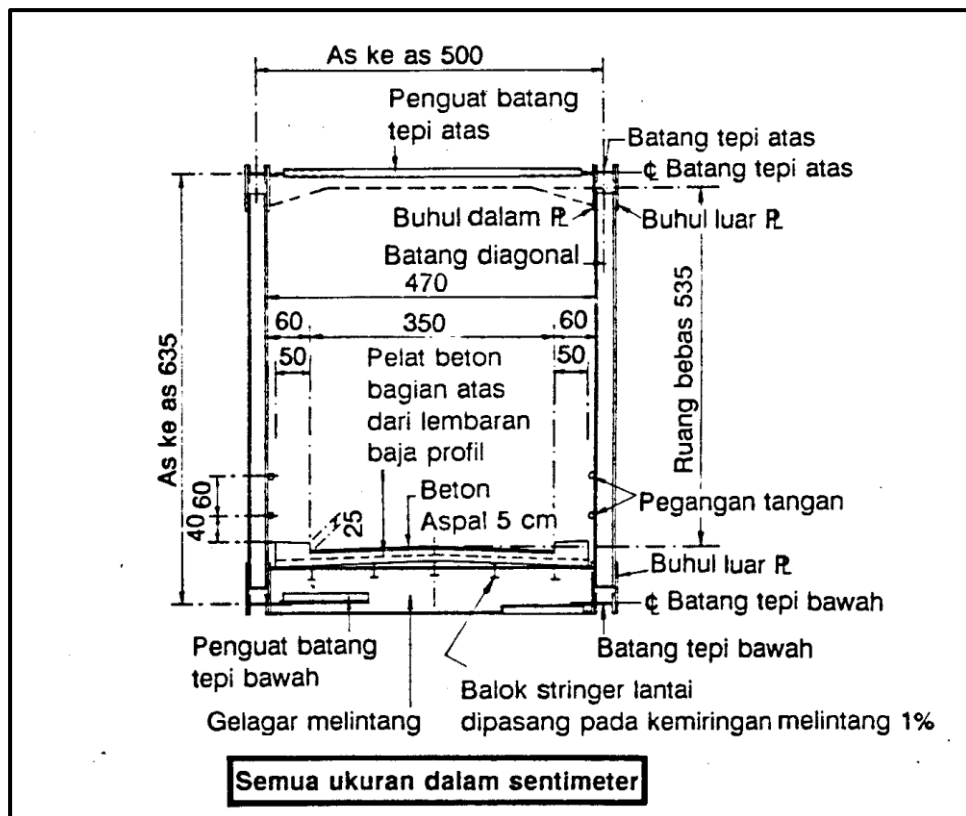
Permanen). Bentang ini berjalur tunggal, bentang 30 m, 35 m, 40 m, 50 m, 55 m dan 60m. Ini di disain pada semua kasus dengan lantai kayu tetapi dapat disediakan untuk lantai beton.

Komponen-komponen ditandai dengan jelas untuk dapat dirakit dengan urutan seperti ditunjukkan dalam gambar. Komponen-komponen yang bertanda sama dapat ditukar-tukar (interchangeable). Tidak ada komponen yang beratnya melebihi 0.55 ton dan perakitan dapat dilakukan dengan peralatan tangan (hand tools) yang disediakan bersamaan dengan material rangka baja.

Sistem ini sudah dirancang untuk dapat dilakukan bertahap dengan sistem kantilever dari satu tebing, tanpa menggunakan perancah disungai. Metoda ini diuraikan pada Panduan Pemasangan dan ini memerlukan penggunaan suatu bentang standar sebagai bentang angker dan baja penghubung (linking steel). Dua cars pemasangan/konstruksi kantilever yang lain yaitu peluncuran jalur tunggal (single lane launch - SSL) dan multi span launch (MSL) tersedia dengan sistem jembatan. Keduanya perlu peralatan peluncuran khusus selain baja penghubung, dan mengijinkan perakitan pada tebing dan peluncuran menyeberangi sungai. Dalam hal ini, petunjukpetunjuk diperlukan dari Konsultan Perencana.



**Gambar 6.67 – Potongan Melintang Rangka Semi Permanen dengan Lantai Kayu**



**Gambar 6.68 – Potongan Jembatan Rangka Semi Permanen dengan Lantai Beton**

Metoda-metoda lain untuk perakitan seperti perakitan dengan semi kantilever atau perakitan diatas perancah dapat juga dilakukan. Prinsip-prinsip dasar metoda yang dijelaskan dalam buku Manual ini akan dapat juga dilakukan dalam kasus-kasus ini. Konstruksi dari lantai kayu serta lantai seng gelombang dengan penutup beton termasuk pemasangannya pada Gelagar dijelaskan dan diperinci. Pemasangan landasan dan penahan lateral serta peredam juga diuraikan dalam Panduan Pemasangan. Sistem jembatan ini direncanakan hanya perlu sedikit pemeliharaan. Untuk maksud ini pekerjaan baja serta baut semuanya digalvanisasi dan landasan adalah elastomerik. Namun prosedur pemeliharaan mendasar telah diuraikan di dalam Panduan Pemasangan. Pada Panduan Pemasangan terdapat Gambar, lokasi dan jumlah komponen serta material dan komponen-komponennya, pembautan dan perakitan, dan cara pemasangan kantilever.

### 6.4.3 Persiapan Pelaksanaan Jembatan Rangka Baja

#### a. Penanganan Komponen Jembatan Rangka Baja

Penanganan komponen rangka pada saat dilapangan tidak langsung terpapar dengan media tanah yang menyebabkan material baja dapat rusak akibat terpapar, maka dari itu untuk penanganan dilapangan, komponen rangka di alas terpal pada permukaan tanah, kemudian susun dudukan berupa kaso-kaso atau yang berfungsi sebagai penyangga agar tidak langsung terpapar keterpal plastik. Kemudian susun komponen rangka baja batas maksimum yang telah dianjurkan pabrik. Tidak boleh melewati batas maksimum dapat menyebabkan kerusakan pada komponen.

- b. Komponen-komponen
- c. Ada 4 macam seri komponen-komponen yang berbeda digunakan untuk jembatan rangka. Salah satu yaitu seri H hanya digunakan untuk jembatan-jembatan rangka baja khusus yang permanen (Permanent Special Truss Bridges), secara umum komponennya tidak dapat saling dipertukarkan antara seri-seri yang berbeda. Tabel 6.1 menunjukkan bentangan-bentangan dimana tiap-tiap seri digunakan:

**Tabel 6.1 - Bentangan untuk Seri Jembatan Rangka**

Seri	Bentang
Seri - L	A50, A55, A60, B60
	A35, A40, A45
Seri - S	B45, B50, B55
	C55, C60
Seri - M	B35, B40
	C35, C40, C45, C50
Seri - H	A80, A100
	B80, B100

Dalam kebanyakan kasus, kode komponen diawali dengan M, L atau S untuk mengidentifikasi seri-seri komponennya. Perhatikan bahwa hal ini tidak berlaku pada komponen EP (pemasangan) yang dapat dibedakan oleh jumlah, sebagai contoh penghubung batang bawah untuk seri rangka M ke M adalah EP 48, sedangkan untuk komponen yang sama seri rangka M ke L adalah EP 57. Sebagai tambahan, komponen-komponen yang identik untuk semua seri rangka jembatan, sebagai contoh FSB (form work support beam/Gelagar pendukung acuan) atau THDB (holding down bolt/baut penahan) tidak diberi awalan tambahan dengan M, L atau S.

**Tabel 6.2 - Sistem Pemberian Nama Komponen-komponen Jembatan Rangka**

Kode	Uraian	Awalan
C	Batang tepi memanjang	*
X	Gelagar melintang	*
D	Diagonal	*
B	Penguat, Gelagar melintang (atas)	
G	Pelat buhul (Pelat Pertemuan)	*
S	Pelat Penyambung	*

<b>Kode</b>	<b>Uraian</b>	<b>Awalan</b>
BA	Pemasang landasan (kiri dan kanan)	*
RB	Landasan Karet atau Bantalan	
DA	Siku Pelindung Lantai	
FP	Pelat untuk Pejalan Kaki	
FSB	Gelagar Penyangga Acuan	
R	Pagar (Railing)	
THDB	Baut Penahan	
LS	Penahan Lateral	
TP	Plat Pengisi	
SP	Plat Pengisi	
EP	Komponen untuk Pemasangan (termasuk pula komponen-komponen sementara)	

d. Identifikasi Berat Setiap komponen

Setiap jenis tipe bentang rangka baja jembatan yang disuplai dari pabrikan, akan dilengkapi buku Manual (Petunjuk Perakitan dan Pemasangan Jembatan Rangka Baja) lengkap dengan gambar-gambar detainya. Berat setiap komponen khususnya komponen besar, harus diperhitungkan untuk rencana penentuan kapasitas alat angkat dan alat angkut yang memadai, yang akan digunakan di lokasi pekerjaan, dan untuk data perhitungan beban & momen kantiler (apabila menggunakan sistem kantilever). Untuk mengetahui berat setiap komponen, letak posisi masing-masing komponen dalam kelompok rakitan/simpul sambungan, dan untuk menentukan urutan pemasangan, dijelaskan dalam gambar rencana penandaan (Truss Marking Plan), gambar detail rakitan pada setiap simpul sambungan dan gambar-gambar detail sambungan lainnya, dalam buku Manual (Petunjuk Perakitan dan Pemasangan Jembatan Rangka Baja).

e. Pengelompokan Jenis Komponen Terhadap Urutan pemasangan

1. Untuk menyiapkan rencana pengelompokan komponen dan urutan pemasangannya, terlebih dahulu harus diketahui sistem pemasangan (erection) yang akan digunakan.
2. Rencana pemasangan menggunakan sistem perancah (falsework), untuk kelompok komponen bagian bawah, rencana pemasangannya dapat didahulukan sampai keempat perletakan bentang jembatan tertumpu di atas perletakan sementara. Komponen besar dalam kelompok tersebut di atas seperti, Assemblies, Cross Gelagars, Gusset Plates (bawah), Bottom Chords, Stringers. Untuk kelompok-kelompok berikutnya secara berurutan, kelompok samping (vertikal) berupa Diagonal + Gusset Plates (atas), kelompok bagian atas seperti, Top Chords, Cross Beams, dan Bracing, kelompok lantai (deck parts) berupa Profil lantai baja (Steel Deck), dan kelompok Sandaran (Handrail) berupa Pipa Baja (Steel Pipe) dll. Didalam setiap kelompok tersebut di atas, terdapat simpul-simpul rakitan (sambungan) yang terdiri dari beberapa jenis komponen

f. Jenis Peralatan Pengangkat

1. Untuk pelaksanaan pekerjaan pemasangan rangka baja jembatan, perlu direncanakan penyiapan peralatan pengangkat dengan kondisi baik dan kapasitasnya harus disesuaikan. Jenis Peralatan ini diperlukan untuk mengangkat komponen ke posisi kedudukannya, pada waktu pelaksanaan pemasangan (erection).
2. Komponen rangka baja jembatan ada yang beratnya sampai 2 ton yaitu berupa Cross Gelagar. Maka untuk dapat mengangkat komponen tersebut, harus direncanakan penyiapan / pengadaan peralatan pengangkat dengan kapasitas angkat tidak kurang dari 2 ton. Peralatan ini harus diadakan sendiri oleh kontraktor pelaksana, dapat berupa :
  - a) Alat berat (*Crane on Wheel, Crane on Track*).
  - b) Tiang / Portal *Crane*, yang menggunakan mesin atau tenaga manusia.
  - c) Rangka pengangkat sederhana, yang dilengkapi katrol rantai atau katrol tangan (light lifting frame)

Penggunaan alat berat (*Crane on Wheel, Crane on Track*), dipertimbangkan dengan kondisi lokasi pekerjaan.

g. Jenis Alat Bantu

Pekerjaan pemasangan rangka baja jembatan pabrikan, adalah jenis pekerjaan teknik sipil yang mempunyai spesifikasi khusus yang berbeda dengan pekerjaan teknik sipil lainnya. Hal ini karena jembatan sistem rangka baja pabrikan yang disuplai, terdiri dari komponen-komponen standar yang dibuat dengan ketelitian tinggi dan dirakit dengan Baut, sehingga membentuk jembatan dengan perbedaan bentang 5 meter dari bentang 40 meter s/d 60 meter. Untuk pekerjaan pemasangan rangka baja jembatan tersebut di atas, perlu direncanakan pengadaan/penyiapan alat bantu yang diperlukan. Rencana alat bantu yang diperlukan, adalah :

Alat bantu untuk perakitan komponen, pengencangan baut dan setting jembatan, berupa :

1. Perkakas (*Tool Kit*) dan Kunci Torsi, ukuran kunci-kunci sesuai dengan
2. ukuran diameter baut, untuk rangka baja jembatan yang disuplai.
3. Hydraulic *Jack hydraulic*, dengan kapasitas 150 ton (*semua bentang standar*).
4. Rangka penghubung (*Link Set*) yang sesuai, (hanya sistem kantilever).

Yang harus diadakan/disiapkan oleh kontraktor pelaksana sebagai alat bantu tambahan, Alat bantu untuk pengangkutan & pengangkatan komponen, dan tempat kerja, berupa :

1. Alat pengangkut, contoh : Lori, Trailer yang mampu memuat/mengangkut
  2. komponen. Ketentuan alat angkut sesuai Permenaker No :PER.05/MEN/1985
  3. tentang Pesawat angkat (*Crane*) dan angkat pasal 98 – 107.
  4. Alat pengangkat, bisa dari :
    - a) Alat berat (*Crane on Wheel, Crane on Track*), mengenai kapasitas alat angkat dan angkut sesuai dengan Permenaker No :PER.05/MEN/1985 tentang Pesawat angkat (*Crane*) dan angkat pasal 98 – 107.
    - b) Tiang / Portal *Crane*, yang menggunakan mesin atau tenaga manusia (*manual*), kesesuaian alat angkat sesuai Permenaker No :PER.05/MEN/1985 tentang Pesawat angkat (*Crane*) dan angkat Bab III pasal 6-32 tentang peralatan angkat.
    - c) Pylon Sementara
    - d) Rangka pengangkat sederhana, yang dilengkapi katrol rantai atau katrol tangan (*light lifting frame* kesesuaian alat angkat sesuai Permenaker No :PER.05/MEN/1985 tentang Pesawat angkat (*Crane*) dan angkat Bab III pasal 6-32 tentang peralatan angkat.
    - e) Winch, Jack hydraulic Hidrolik
    - f) Box tempat kerja bagian atas (*gondola*), kapasitas minimal untuk 2 orang.
- h. Kebutuhan Pendukung
1. Pemasangan rangka baja jembatan yang mempunyai lebih dari satu bentang, menggunakan sistem kantilever bertahap, untuk memasang bentang pertama, bahan rangka baja bentang kedua atau bentang yang lain, dapat dipasang di atas jalan pendekat (oprit) sebagai bentang pemberat (*counterweight*).
  2. Apabila permukaan badan jalan pendekat (oprit) sudah mendekati tinggi permukaan back wall atau abutment, maka pemasangan rangka baja bentang pemberat (*counterweight*) dan rangka baja bentang kantilever hanya membutuhkan Gelagar kayu untuk ganjal dan bantalan sementara (*timber cribwork*).

3. Pemasangan rangka baja bentang pemberat (*counterweight*), selain membutuhkan Gelagar kayu untuk bantalan sementara (*timber cribwork*) yang dipasang pada kedua perletakan awal bentang, juga memerlukan Gelagar kayu untuk ganjal yang ditempatkan di bawah kedua ujung setiap komponen Cross Gelagar, kecuali Cross Gelagar awal bentang. Untuk rangka baja bentang kantilever, diperlukan Gelagar kayu untuk bantalan sementara (*timber cribwork*) yang dipasang pada keempat perletakannya.
4. Tinggi masing-masing susunan ganjal disesuaikan dengan tinggi lawan lendut (*camber*), dan tinggi susunan bantalan sementara (*timber cribwork*) di kedua perletakan awal bentang kantilever (bertahap), disesuaikan dengan besar penurunan ujung bentang kantilever (defleksi) dan tinggi ruang pendongkrakan.
5. Setelah rangka penghubung (*Link Set*) lengkap terpasang, semua ganjal Gelagar kayu dibawah kedua ujung Cross Gelagar bentang pemberat (*counterweight*), dilepas, dan Gelagar kayu eks ganjal tersebut dapat dipersiapkan untuk bantalan sementara (*timber cribwork*) di kedua perletakan akhir bentang kantilever (bertahap) di atas pilar.
6. Dengan demikian rencana jumlah Gelagar kayu yang harus dipersiapkan, dapat diketahui. Apabila pelaksanaan pemasangan (*erection*) menggunakan sistem perancah (*falsework*) di bantaran sungai, selain memerlukan jumlah Gelagar kayu sebagai ganjal dan bantalan sementara (*timber cribwork*), diperlukan minimal 4 batang x (jumlah titik simpul sambungan bawah - 4 titik) bahan untuk tiang perancah berupa pipa pancang baja atau batang kelapa dengan skur Gelagar kayu.
7. Kebutuhan bahan pendukung selain tersebut di atas, perlu direncanakan bentuk dan jumlah berat bahan untuk beban penyeimbang (*kentledge*) pada pemasangan rangka baja jembatan sistem kantilever. Bahan tersebut bisa dari komponen jembatan yang belum dipasang, dengan total berat yang menimbulkan momen lebih besar ( $\gt$ ) dari momen guling maksimum yang terjadi pada rangka baja kantilever.

#### 6.4.4 Metode Pemasangan Rangka Baja

Bagian ini menjelaskan berbagai cara pemasangan untuk jembatan rangka permanen. Metoda-metoda ini membahas tentang metode perancah, Metode Kantilever Sebagian Demi Sebagian, Peluncuran Bentang Tunggal untuk Jembatan Baja. Pemilihan dari metoda pemasangan harus dipertimbangkan dengan seksama.

##### a. Metode Perancah

Metoda ini mungkin paling biasa dan dapat digunakan untuk struktur bentang tunggal ataupun lebih dari satu bentang (*multi*). Penyangga sementara digunakan sewaktu bangunan atas sedang dirakit. Perancah ditempatkan pada dasar sungai antara bangunan bawah seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.73. Perancah harus dibongkar setelah pemasangan selesai dan sebelum pengecoran lantai beton. Ini memungkinkan bangunan atas untuk melendut sesuai yang direncanakan ketika lantai selesai di cor.





**Gambar 6.69 - Perakitan Rangka Baja**

Metoda ini mempunyai sejumlah keuntungan untuk kebanyakan tempat. Keuntungan yang terbesar adalah bahwa tidak diperlukan pemakaian bentang angker, alat-alat penghubung dan kentledge (counter weight) yang diperlukan pada cara peluncuran ataupun cara kantilever bagian per bagian. Sebagai tambahan, tidak diperlukan peralatan angkat yang berat karena komponen yang terberat hanyalah 1,5 ton.

Dibeberapa tempat, jembatan yang ada dapat digunakan sebagai dasar guna menyokong perancah dan disini biaya yang dikeluarkan berkurang.

Salah satu kerugian ialah bahwa suatu jembatan perancah biasanya diperlukan untuk dipasang melintang sungai, yang menimbulkan gangguan kepada kapal yang melayari sungai. Umumnya, suatu pilar perancah atau rangka pendukung dipasang pada tiap Gelagar melintang dengan jarak kurang lebih 5 meter.

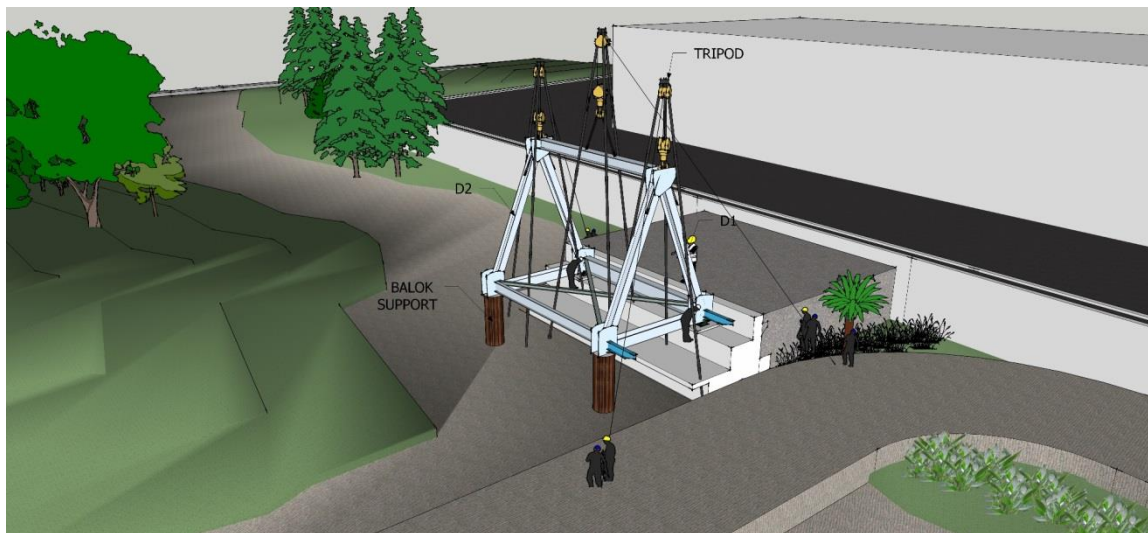
Sebagai tambahan, ada suatu kemungkinan satu perancah dapat turun akibat beban dari rangka, jika tidak ditopang. Satu pilar perancah jembatan kelas A harus mendukung kurang lebih 10 ton beban mati untuk rangka baja. Pemasangan perancah menyeberangi sebuah sungai sebelum atau selama musim penghujan harus dengan hati-hati dipertimbangkan sebab aliran sungai dapat menghancurkan perancah dan sebagian rangka yang telah diselesaikan.

Untuk kebutuhan peralatan pemasangan peralatan berikut ini diperlukan

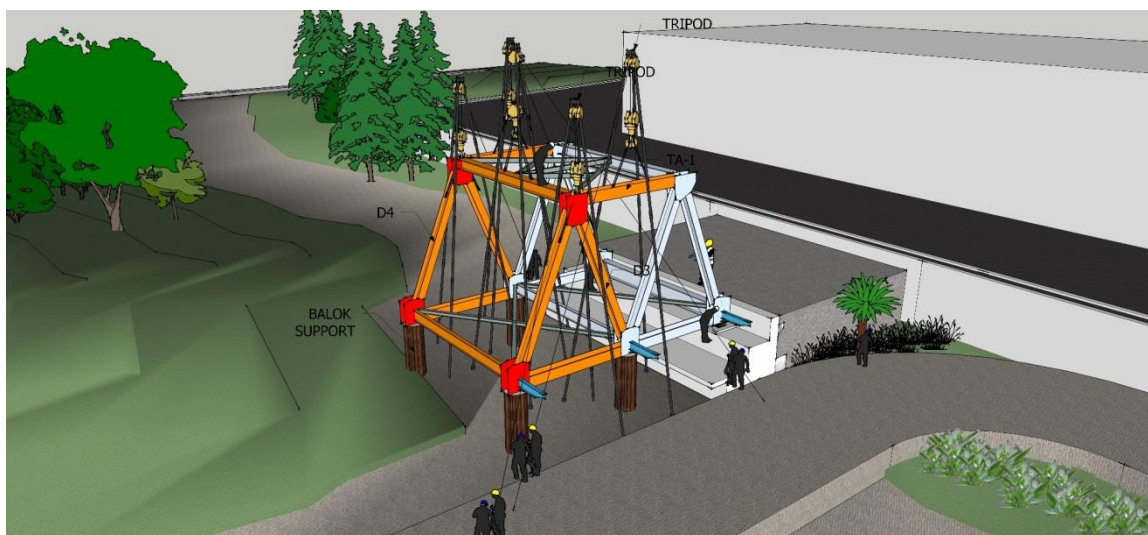
1. Manual Pemasangan.
2. Gambar-gambar rencana pemasangan.
3. Dongkrak Hidrolik kapasitas 25, 100 dan 150 ton.
4. Kotak Peralatan (guna merakit pekerjaan baja dan alat penghubung).

Sebagai tambahan terhadap peralatan di atas, Kontraktor harus menyediakan dan memasang item-item sebagai berikut :

1. Material untuk menopang perancah.
2. Paling sedikit 2 (dua) tackle untuk menaikkan komponen-komponen pada posisinya.
3. Peralatan untuk menarik komponen-komponen baja dari tebing keatas Perancah.
4. Pelat Dongkrak dan kayu pengisi digunakan dalam penurunan bentang.
5. Landasan kayu sementara.

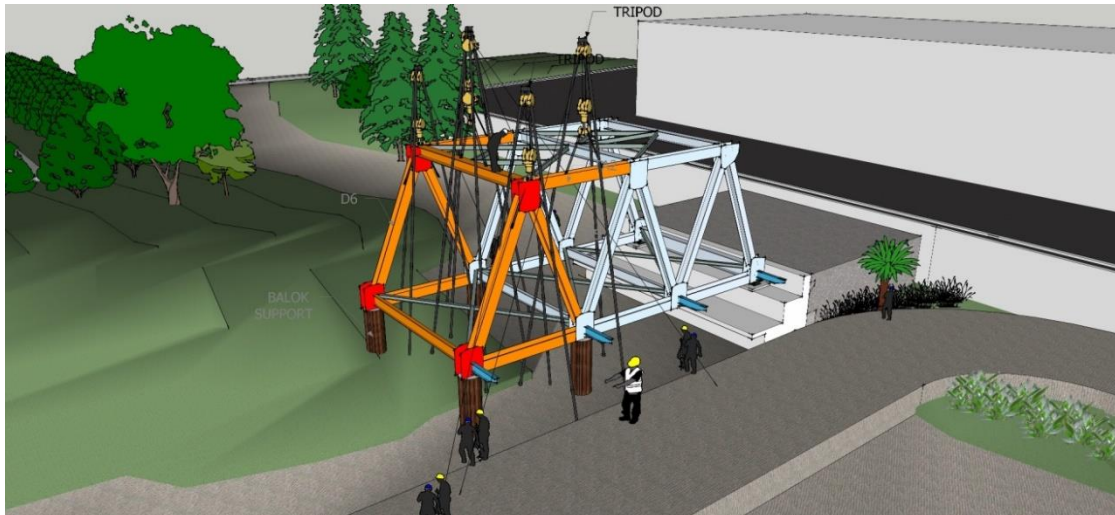


**Gambar 6.70 - Perakitan Rangka Baja panel kesatu**



**Gambar 6.71 - Perakitan Rangka Baja panel kedua**





**Gambar 6.72 - Perakitan Rangka Baja panel ketiga, dan panel seterusnya.**



**Gambar 6.73 - Rangka baja mencapai satu span penuh**

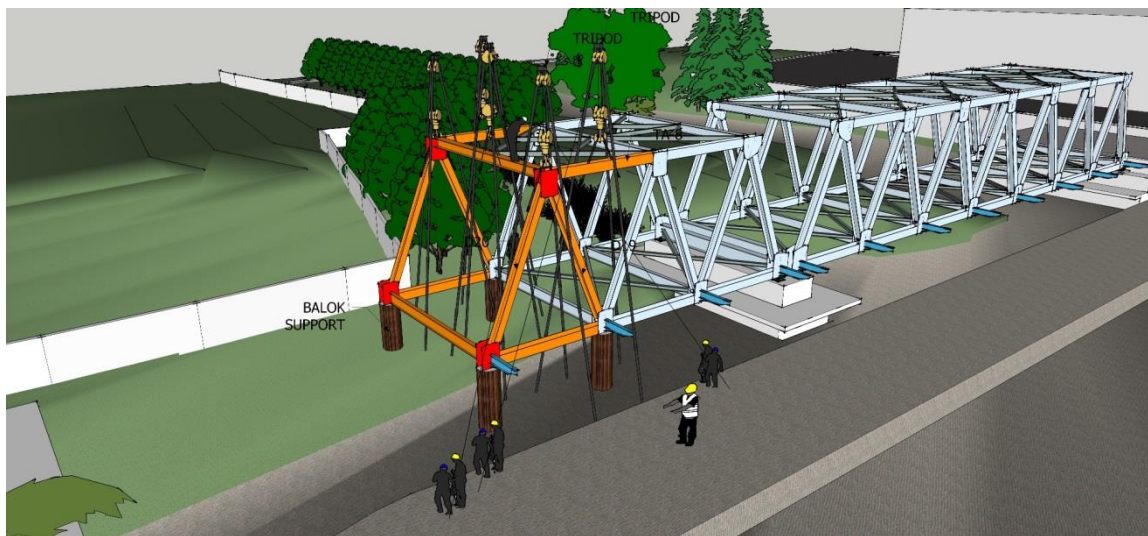


**Gambar 6.74 - Pengulangan perakitan Rangka Baja panel kesatu span berikutnya**

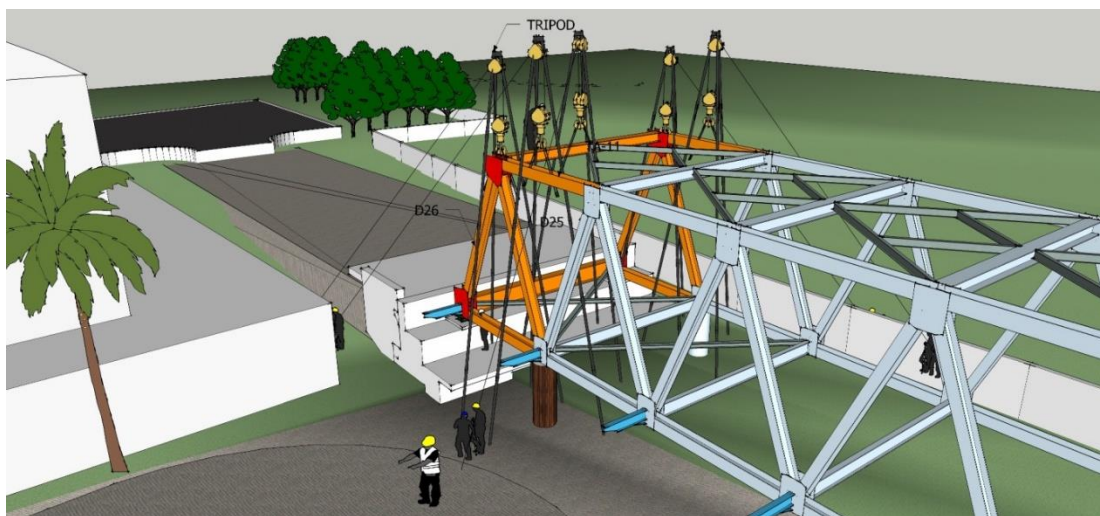




**Gambar 6.75 - Pengulangan perakitan Rangka Baja panel kedua span berikutnya**



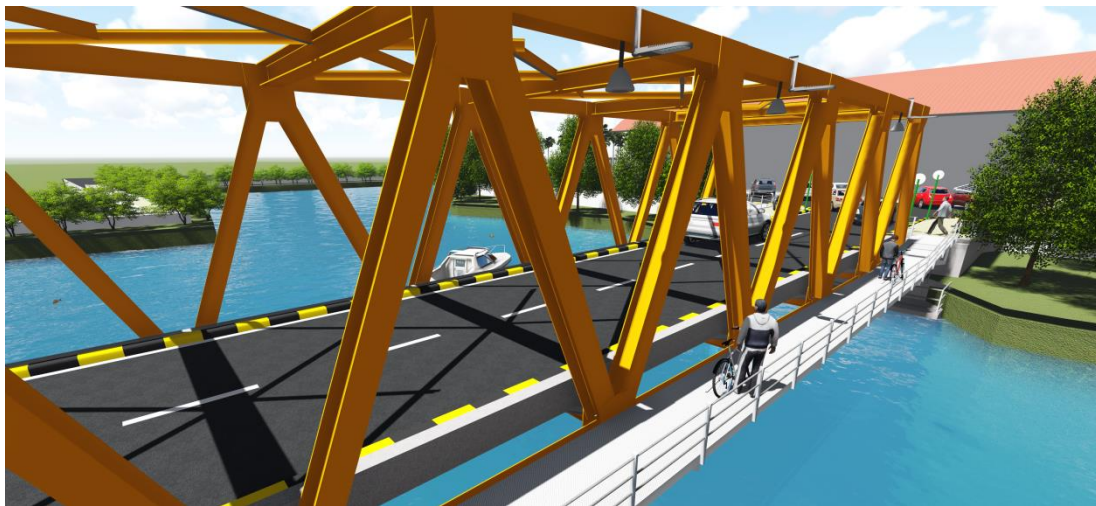
**Gambar 6.76 - Pengulangan Perakitan Rangka Baja panel ketiga dan seterusnya**



**Gambar 6.77 - Jembatan Rangka mencapai satu span penuh**



**Gambar 6.78 - Konstruksi jembatan rangka baja**



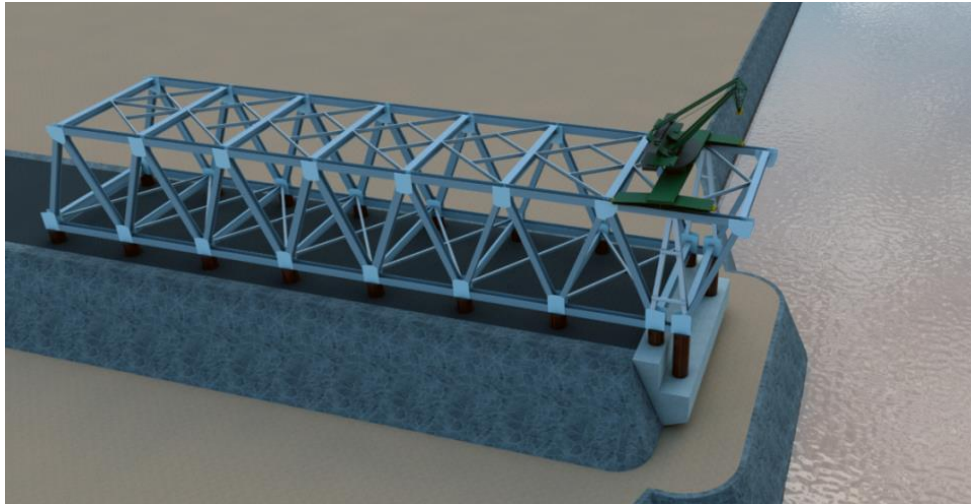
**Gambar 6.79 - Tampak dekat jembatan rangka baja**

b. Metode Kantilver Sebagian Demi Sebagian

Pemasangan kantilever sebagian demi sebagian terdiri dari penyetelan berurutan dari suatu bentang jembatan rangka dari satu kepala jembatan atau pilar ke kepala jembatan dan pilar disebelang, dengan menambah dan memasang sampai mencapai komponen-komponen mencapai peletakan di seberang. Prosedur kantilever statis ini memerlukan suatu bentang angker dan baja penghubung. Perancah tidak diperlukan dan jalan untuk memasang komponen selanjutnya dapat dilakukan dengan mempergunakan bagian-bagian rangka baja yang telah terpasang. Sistem pemasangan kantilever mempunyai banyak keuntungan karena peralatan pemasangan yang sederhana dengan tidak ada bagian-bagian yang bergerak, dan ruang yang diperlukan untuk perakitan di atas tebing hanya diperlukan sesuai dengan panjangnya bentang angker. Sebaliknya, ini memerlukan peralatan untuk menarik atau mengerek komponen-komponen keluar menyeberangi sungai dan pengangkatan dan menyokongnya ditempat di atas air.

Ini adalah suatu metoda pemasangan yang hanya memerlukan suatu jumlah peralatan mekanis yang kecil seperti kerekan Langan, batang pendorong, blok-blok katrol dan takel-takel.





**Gambar 6.80 - Konstruksi Kantilever Dipasang Sebagian Demi Sebagian**

Tempat yang dibutuhkan tempat yang bebas diperlukan dibelakang kepala jembatan untuk memasang pekerjaan baja harus cukup besar untuk memuat bentang angker yang berkisar dari 30,0 meter sampai 60,0 meter panjangnya dengan kelipatan 5,0 meter. Lahan yang diperlukan dapat dibatasi pada panjang bentangan angker ditambah tempat bekerja disekitarnya. Sebagai patokan, tempat bekerja harus sekitar 3 meter lebih lebar daripada bentangan angker yang digunakan dan 10 meter lebih panjang daripada panjang bentangan angker. Tempat harus dibentuk dan dibuat rata sehingga paling sedikit setinggi kepala jembatan dan tidak lebih tinggi daripada ketinggian akhir jalan raya. Penopang landasan sementara krib kayu yang memadai digunakan pada tiap-tiap landasan untuk bantalan ujung angker dari bentang kantilever pada kepala jembatan atau pilar selama pemasangan. Bantalan kayu dipasang langsung di atas posisi landasan akhir. Bantalan bentang angker ujung akhir dari bentangan angker memerlukan penyangga pada dua landasan yang dibeiakang di atas krib kayu atau bantalan-bantalan beton sementara yang direncanakan sesuai dengan kondisi tanah. Penghubung dengan bentang angker bentang angker akan terdiri dari suatu bentang rangka standar yang dihubungkan pada bentangan tetap untuk pemasangan melalui susunan Universal-Frame Erection Link Set.

Alat tambahan pemasangan Metode Kantilever sebagai berikut;

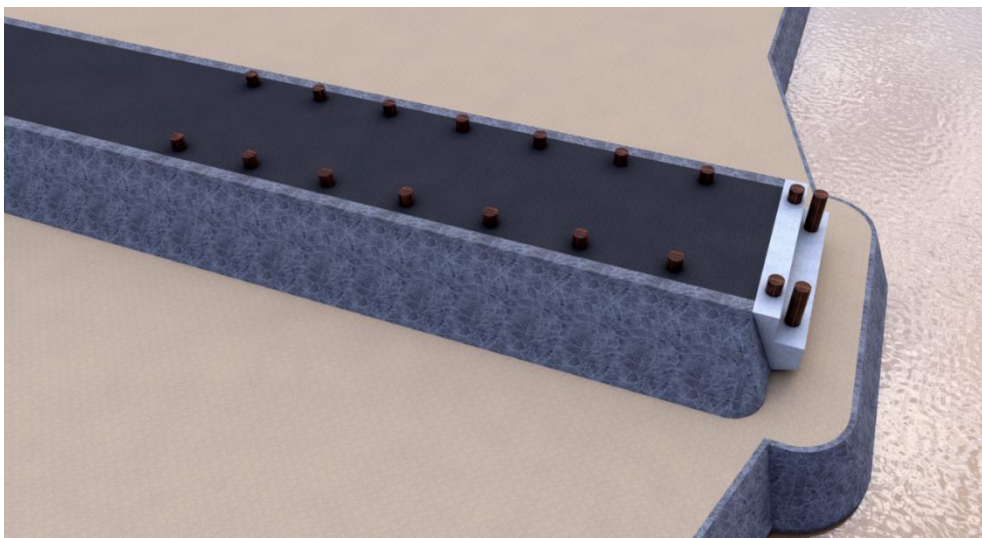
1. Kerangka penyokong atau krib kayu sebagai bantalan sementara pada pelat landasan bentang permanen (kentledge platform).
2. Panggung beban imbang (kentledge) untuk ujung akhir bentangan rangka angker.

3. Bahan-bahan yang sesuai untuk counter weight. Sebagai contoh kantong-kantong pasir dalam karung, blok beton, komponen-komponen baja, batuan dan sebagainya, tetapi apapun yang digunakan harus diketahui beratnya.
4. Pelat dongkrak dan ganjal kayu yang digunakan pada penurunan bentang.
5. Peralatan penarikan komponen-komponen baja dari pinggir menyeberangi dengan alat pengangkat untuk memasang komponen-komponen pada tempatnya.
6. Landasan kayu sementara.
7. Penarikan dan Pengangkatan

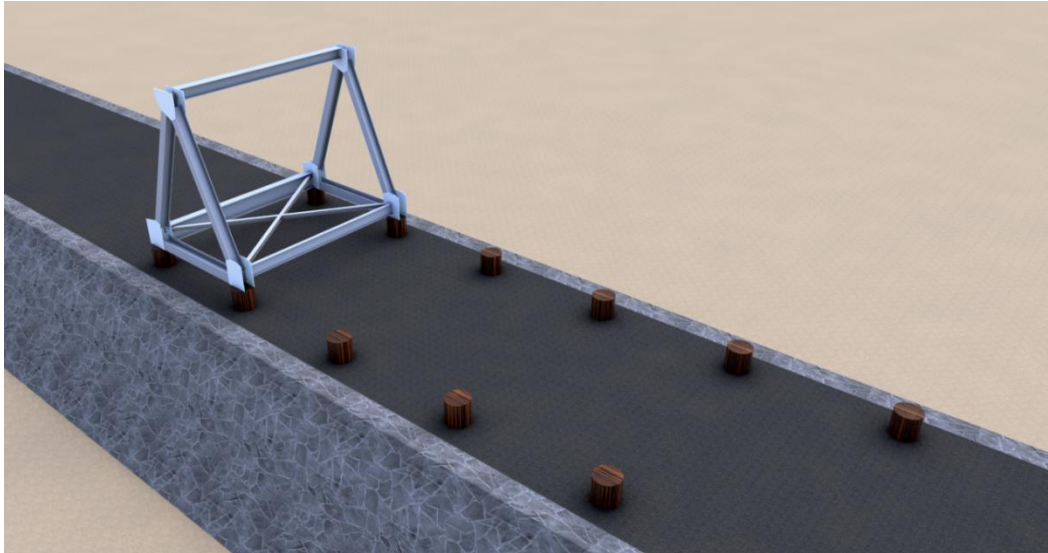
Komponen-komponen yang telah berada di tebing, sewaktu akan dipasang pada lokasi sambungan yang ditentukan harus ditarik dan diangkat. Ini mungkin harus dilakukan dengan berbagai cara tergantung pada keadaan medan di lapangan. Metoda-metoda yang telah digunakan termasuk :

1. Akses dari jembatan berdekatan yang ada, dengan menggunakan sebuah keran kecil.
2. Rakit Ponton yang dibuat dari drum 200 liter.
3. Kabel-kabel flying fox yang digantung diantara batang penguat atas bentangan.

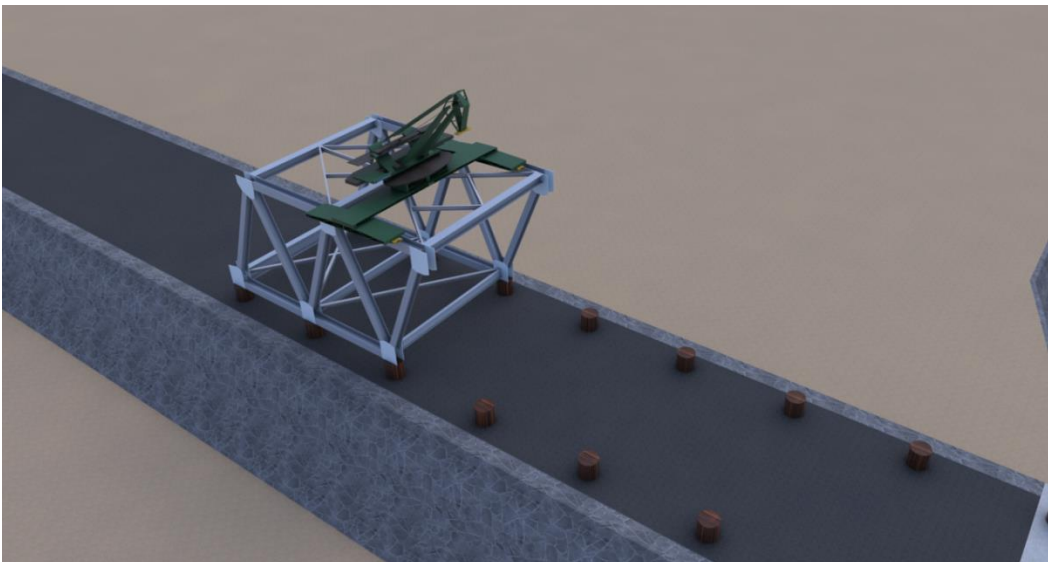
Menarik (menyeret) komponen-komponen sepanjang rantai pekerjaan baja yang selesai sebagian, di atas bantalan kayu sementara. Rol-rol harus digunakan untuk menghindari kerusakan dari komponen-komponen. Setelah dalam garis posisi akhir, komponen harus diangkat pada posisinya. Berbagai metoda tersedia, termasuk sebuah tiang derik diikatkan pada akhir dari sebagian jembatan yang telah terpasang. Bagaimanapun, diharapkan bahwa 2 kerangka pengangkatan sederhana yang di pabrikan dari bagian-bagian baja ringan, dipasang pada akhir batang atas tiap sisi dengan mempergunakan baut melalui lubang-lubang drainase dalam sayapnya. Penggunaan dalam kombinasi dengan blok rantai atau kerekan tangan, kerangka ini untuk dioperasikan dan dapat digerakkan sepanjang bentang sewaktu perakitan dilaksanakan.



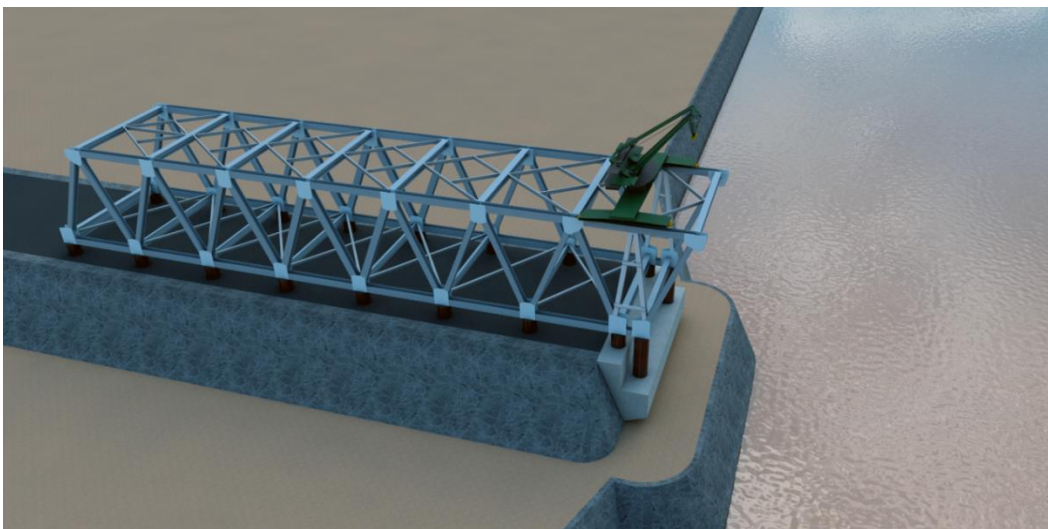
**Gambar 6.81- Persiapan landasan kayu**



**Gambar 6.82 - Perakitan bentang pemberat (*counterweight*)**

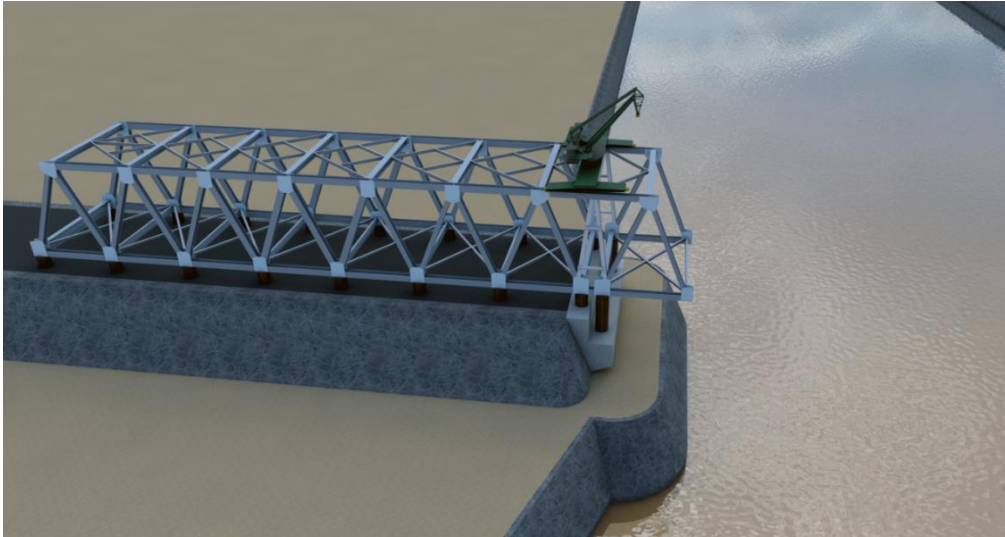


**Gambar 6.83- Perakitan bentang pemberat dengan traveler**

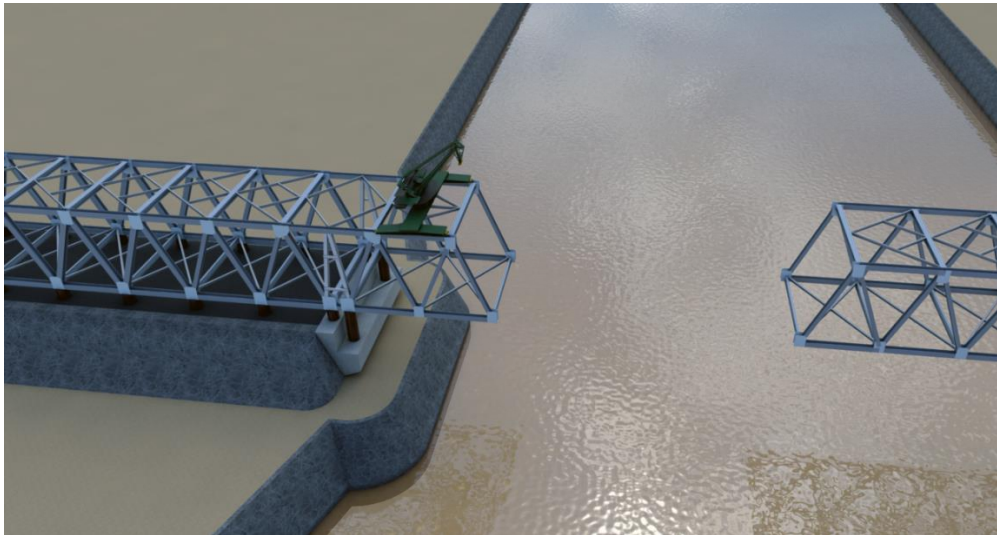


**Gambar 6.84 - Pemasangan *Link Set***

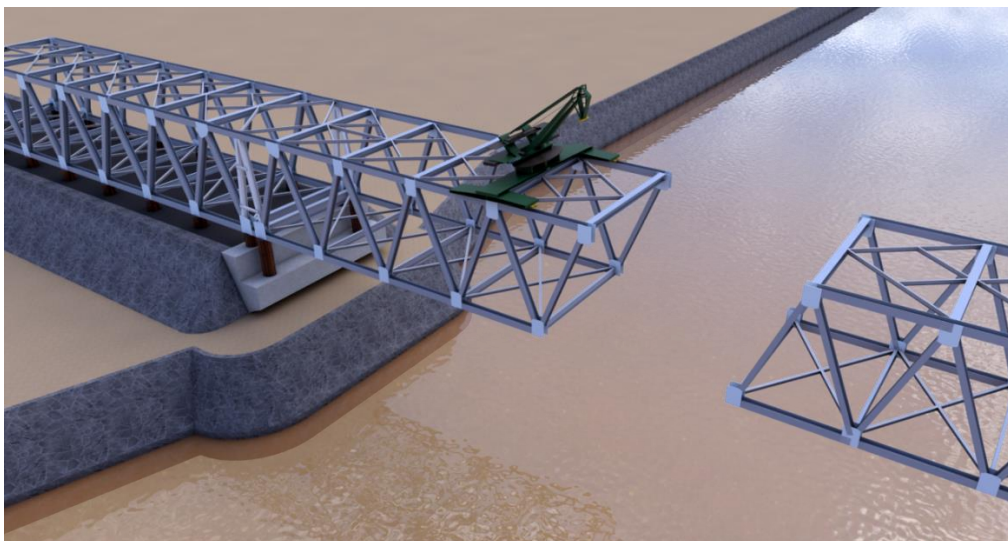




**Gambar 6.85 - Perakitan bentang permanen secara bertahap**



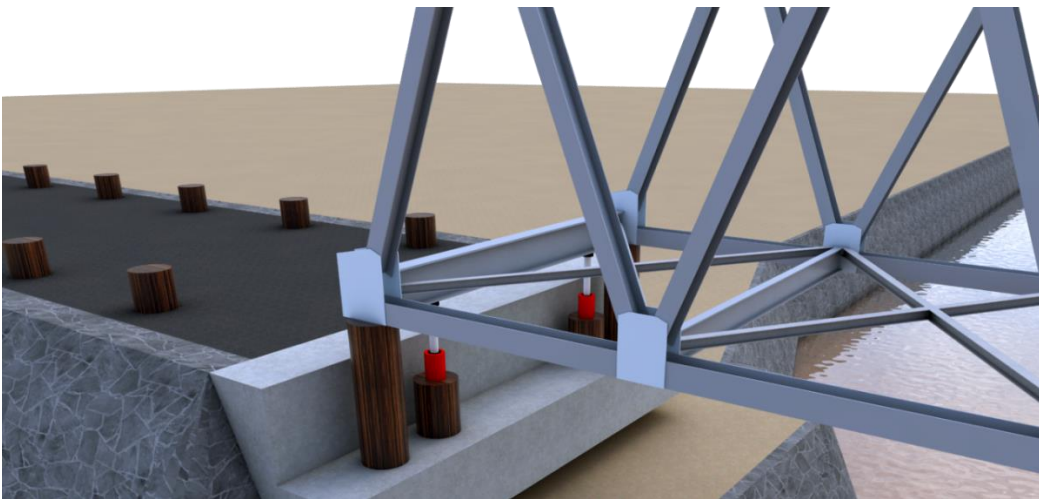
**Gambar 6.86 - Lanjutan perakitan bentang permanen secara bertahap**



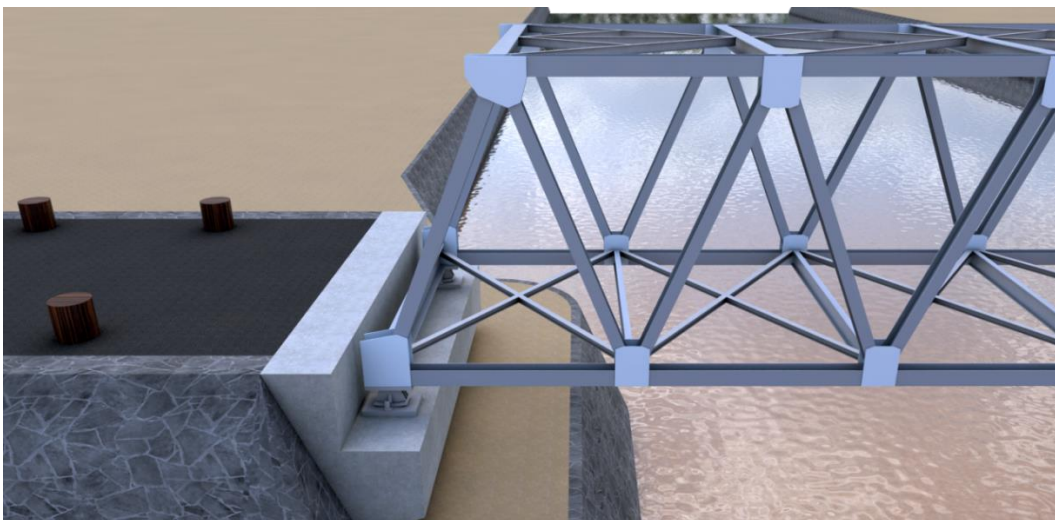
**Gambar 6.87 - Lanjutan perakitan bentang permanen secara bertahap**



**Gambar 6.88 - Perakitan rangka permanen pada tengah bentang terhubung**

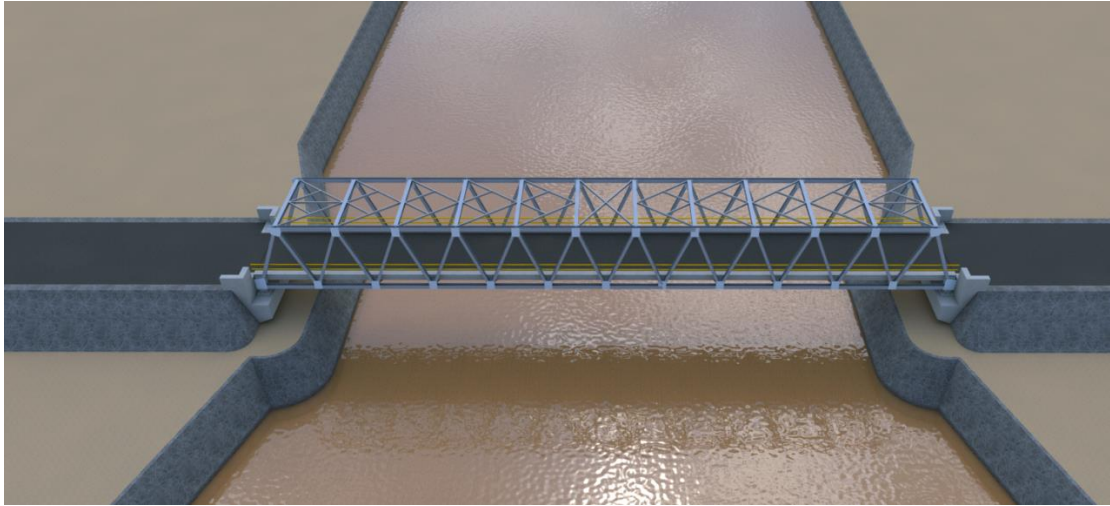


**Gambar 6.89 - penurunan rangka utama dengan hidrolis**



**Gambar 6.90 - Pemasangan tumpuan pada rangka baja**

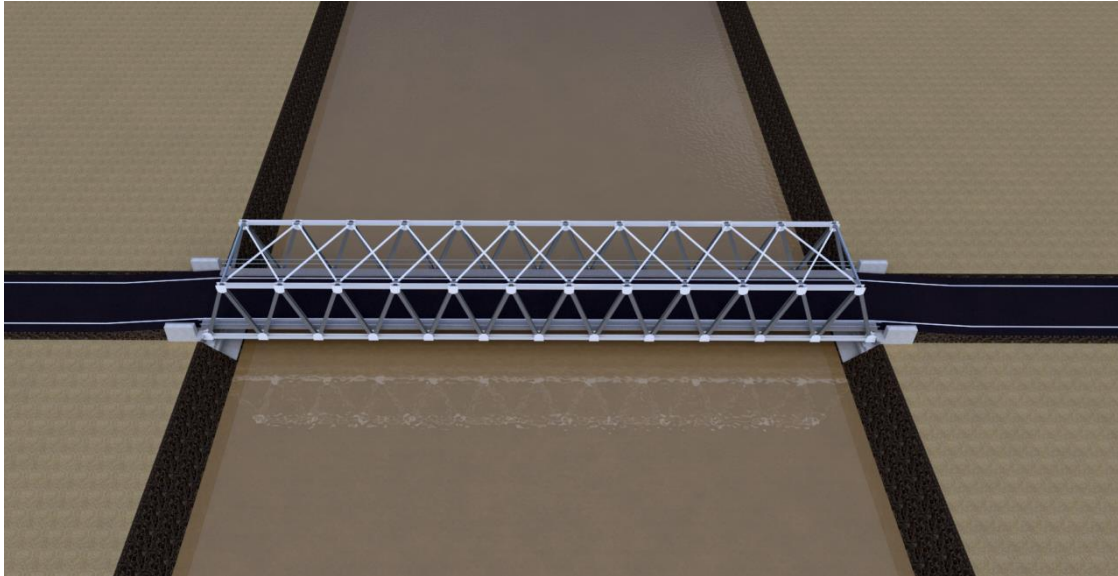




**Gambar 6.91 - Konstruksi jembatan rangka baja**

c. Metode Peluncuran Bentang Tunggal

Dengan metoda pemasangan ini, bentang rangka dirakit secara lengkap pada tebing dan didorong keluar pada posisinya dengan menggunakan bentang angker dan beban imbangan (*counter weight*). Tidak diperlukan perancah pada penyeberangan karena bentang didesain untuk kantilever penuh. Metoda ini cocok untuk bentang tunggal atau bentang pertama dari jembatan bentang banyak. Ini khusus cocok untuk tempat-tempat jembatan bentang tunggal yang tidak dapat dipasang di atas perancah. Tidak semua tempat jembatan sesuai untuk sistem ini karena diperlukan suatu daerah pemasangan yang lebih panjang pada tebing dimana peluncuran dilaksanakan, dibandingkan dengan metoda kantilever sebagian demi sebagian dimana tidak diperlukan tempat pemasangan di atas tebing sungai selain daripada yang telah ditentukan sebelumnya untuk pemasangan bentang angker. Tempat tambahan pada oprit perlu untuk peluncuran panjang bentang tunggal dikarenakan perlunya rel untuk peluncuran yang harus dibuat untuk menampung bentang utama dan bentang angker. Tempat yang diperlukan pada tebing sungai tergantung pada panjang bentang utama dan bentang angker ditambah tempat untuk bekerja disekeliling bentang.



**Gambar 6.92 - Konstruksi Jembatan Rangka Baja**

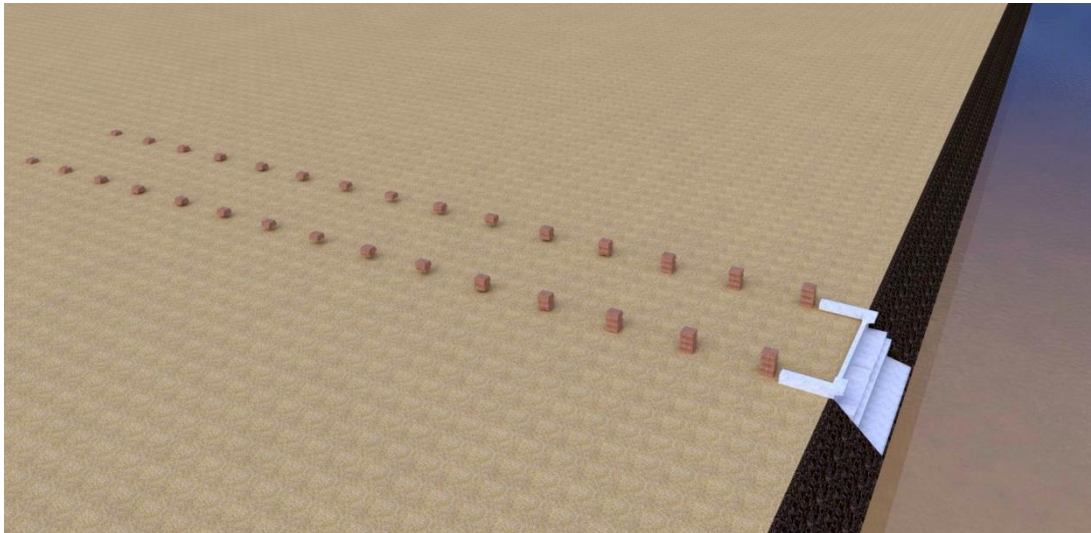
Tergantung dari panjangnya bentang yang sedang dibangun dan panjangnya bentang angker, mungkin diperlukan untuk menambah beban pengimbang (counter weight) untuk melawan guling dari bentang kantilever.

Keperluan peralatan pemasangan

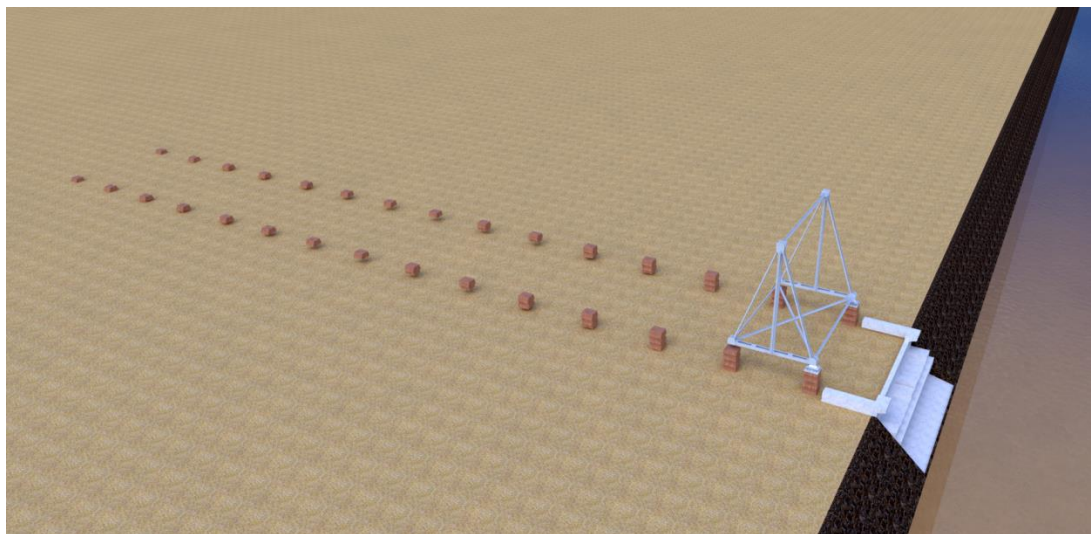
Peralatan pemasangan yang berikut diperlukan dengan rangka baja utama :

1. Petunjuk pemasangan.
2. Gambar rencana konstruksi.
3. Bentang rangka angker (anchor truss span).
4. Kit penghubung pemasangan (linking steel).
5. Kit penguat kentledge (kentledge bracing kit).
6. Gelagar peluncuran dengan rol depan dan belakang.
7. Kit peralatan (untuk perakitan semua pekerjaan baja).
8. Sebagai tambahan peralatan di atas, Kontraktor perlu memasok dan memasang item-item sebagai berikut:
9. Lintasan untuk roller yang diletakkan diatas Gelagar beton atau baja pada ujung akhir bentang untuk tempat peluncuran.
10. Bantalan dongkrak beton dibelakang kepala jembatan.
11. Kerekan-kerekan untuk penarikan dan penahan.
12. Panggung beban pengimbang (kentledge) untuk ujung akhir bentangan rangka angker.
13. Bahan-bahan yang cocok untuk beban pengimbang (counter weight). Sebagai contoh pasir yang dibungkus karung, blok beton, komponen-komponen baja, batuan dan lain-lain. Tetapi apapun yang digunakan harus diketahui beratnya.

14. Pelat untuk alat dongkrak dan ganjal untuk digunakan pada operasi pekerjaan penurunan.
15. Peralatan penarik komponen-komponen baja dari tebing menyeberangi sungai dan mengangkat pada posisinya.
16. Landasan kayu sementara.

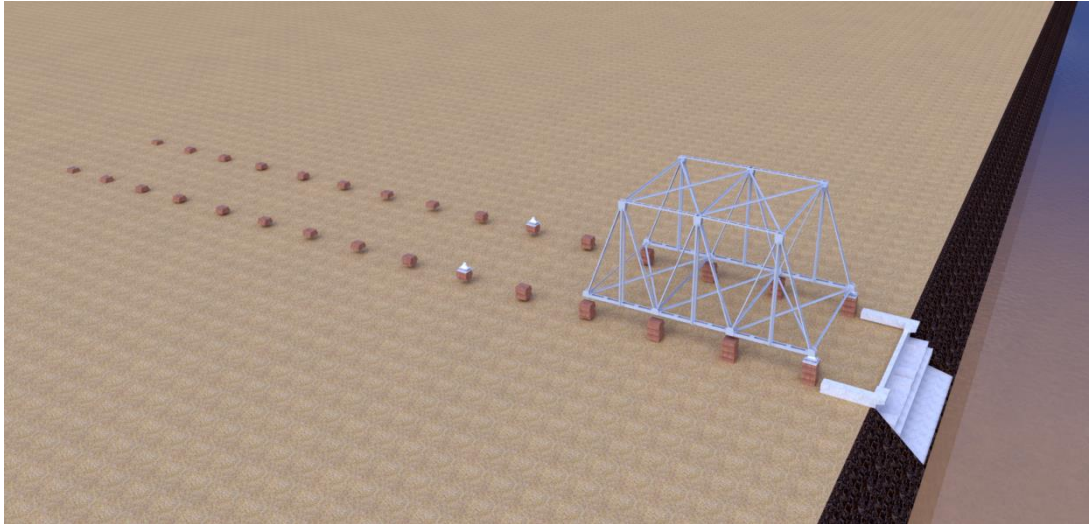


**Gambar 6.93 - Instalasi landasan kayu dan bentang sementara**

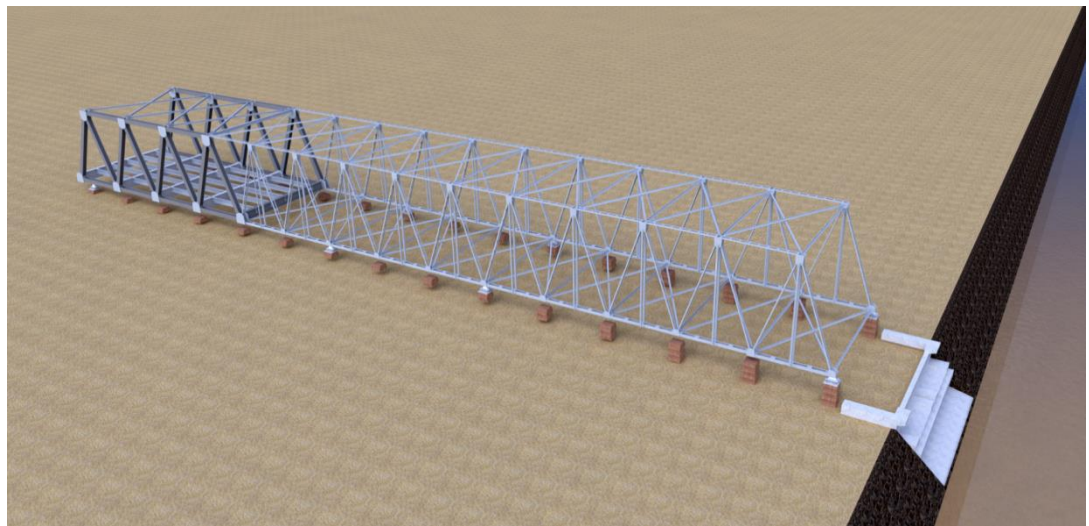


**Gambar 6.94 - Perakitan secara bertahap bentang peluncur**

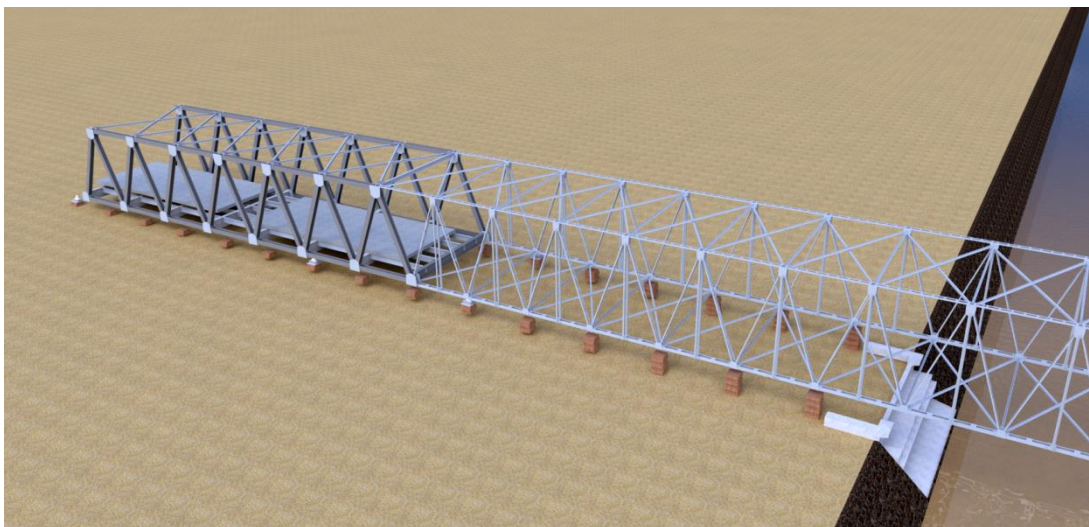




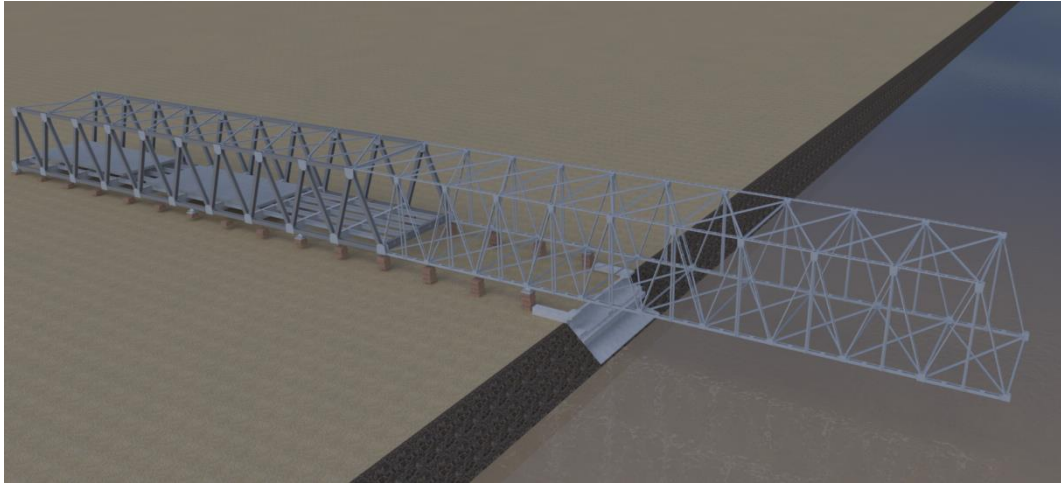
**Gambar 6.95 - Perakitan bentang peluncur**



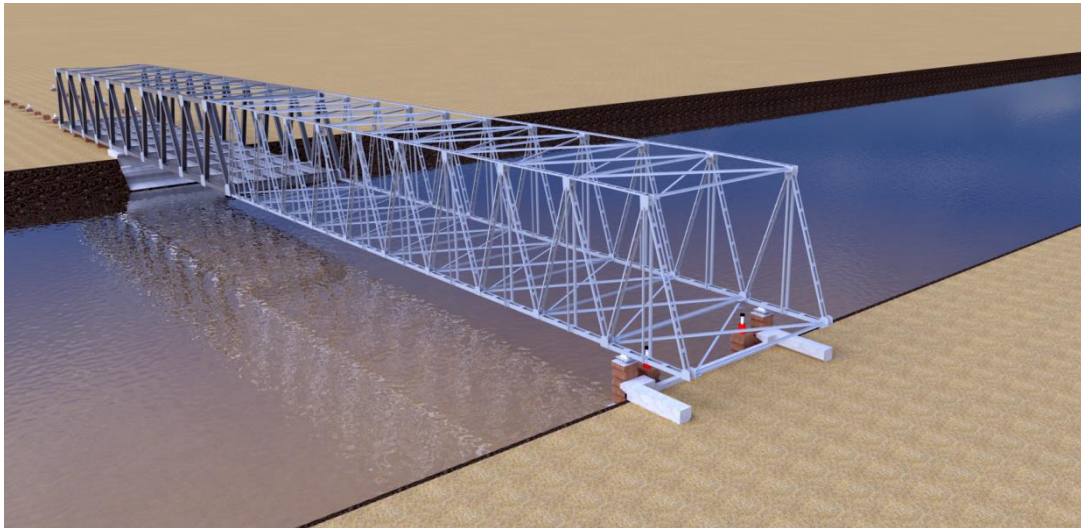
**Gambar 6.96 - Perakitan bentang utama.**



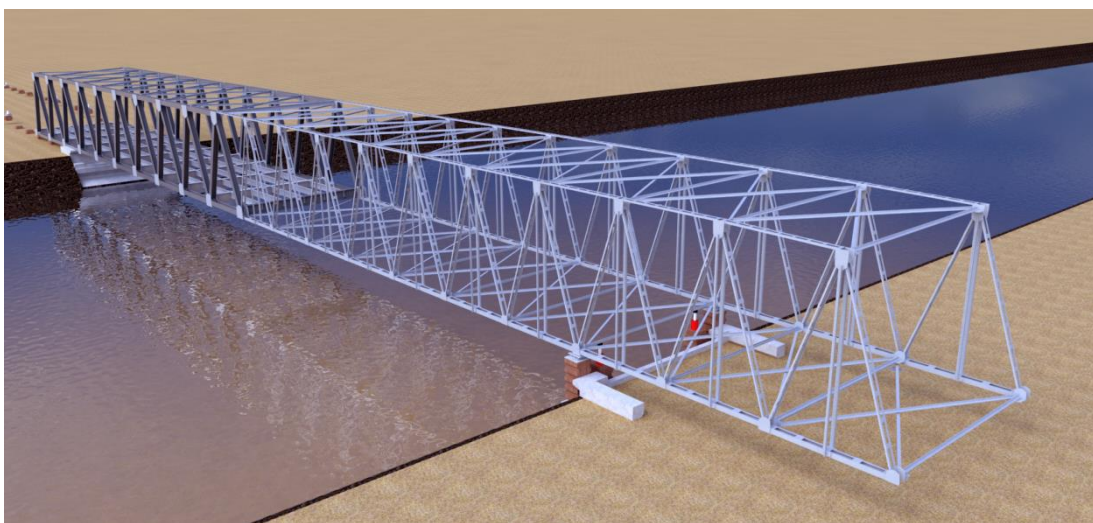
**Gambar 6.97 - Perakitan bentang utama secara bertahap, dorong bentang sementara dengan hidrolik penggeser dan beri pemberat atau *counterweight*, kemudian dorong**



**Gambar 6.98 - konstruksi di dorong.**

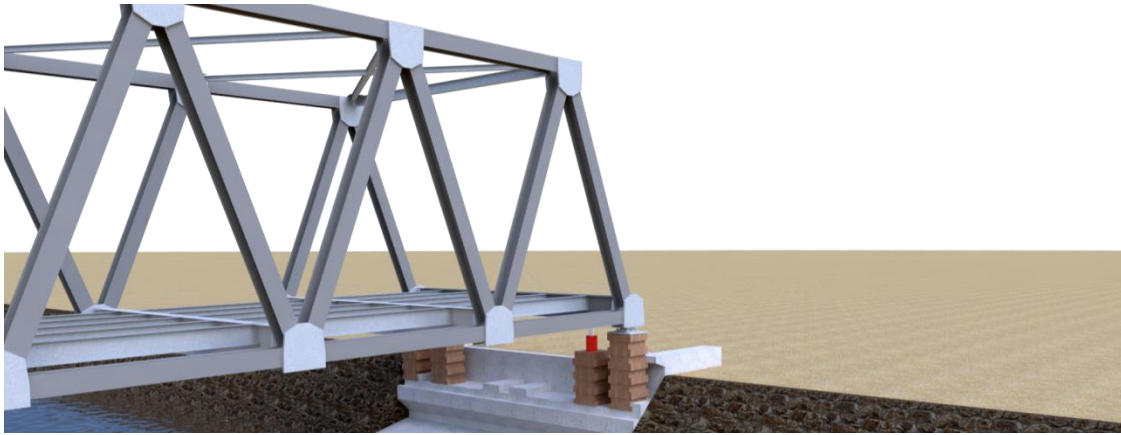


**Gambar 6.99 - Konstruksi di luncurkan**

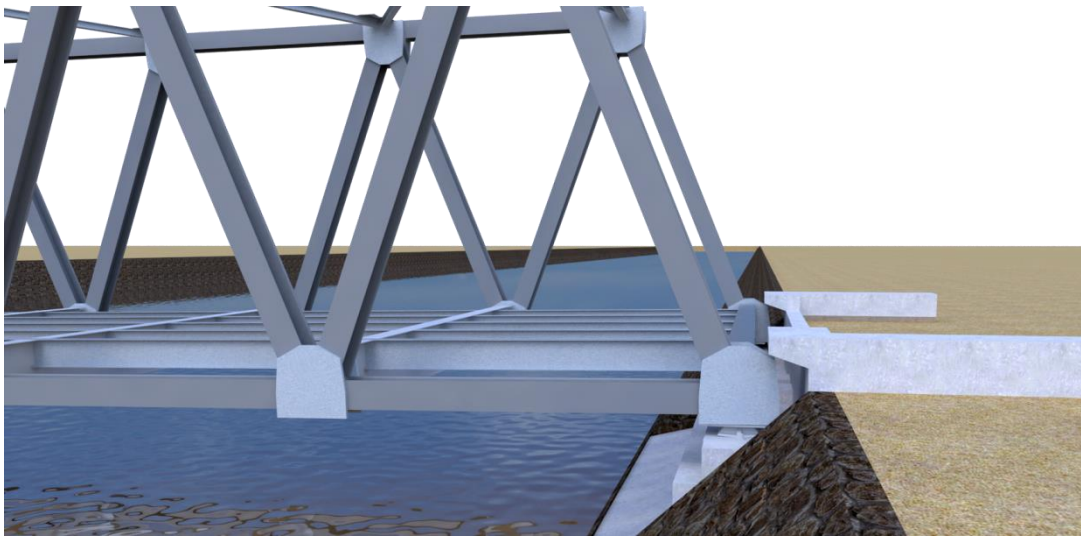


**Gambar 6.100 - Pelepasan konstruksi rangka sementara secara bertahap**

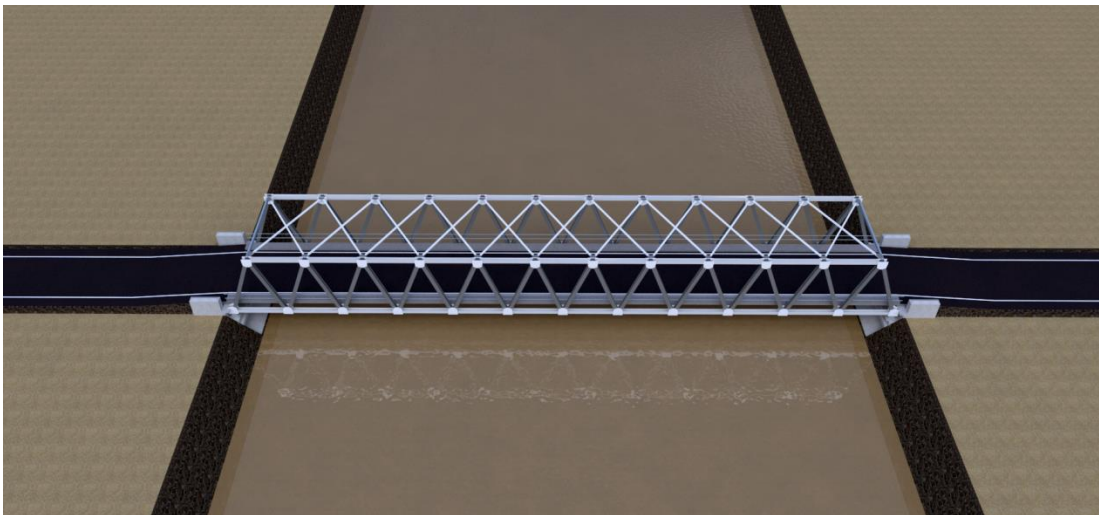




**Gambar 6.101 - Rangka baja sementara dilepas dan rangka baja permanen diturunkan secara bertahap dengan dongkrak**



**Gambar 6.102 - Instalasi landasan pada tumpuan**



**Gambar 6.103 - Konstruksi jembatan rangka baja**



d. Metode Kombinasi

Ada beberapa alternatif (pilihan) kombinasi-kombinasi dari kemungkinan metoda-metoda pemasangan ini, walaupun ini jarang dipakai. Ada kemungkinan untuk memasang bagian-bagian dari bentang di atas perancah dan kemudian dengan sistem kantilever sisa bagian dari bentang, menggunakan beban pengimbang (*counter weight*) untuk menjaga kestabilan. Juga dimungkinkan untuk meluncurkan sebagian dan memasang sebagian dengan menggunakan konstruksi kantilever bagian demi bagian.

#### 6.4.5 Persoalan Umum

a. Persoalan Umum

Persoalan-persoalan di bawah ini telah banyak mendapat perhatian dalam pelaksanaan pekerjaan jembatan rangka baja:

1. Pemasangan elastomerik bearing mengacu pada pelaksanaan 6.3.5.b.4 Metode Pemasangan Elastomer/bearing pad.
2. Sambungan Dengan Baut Standar (selain Baut Geser Mutu Tinggi) mengacu pada pelaksanaan jembatan baja komposit 6.2.6.b.1.
3. Baut geser mutu tinggi mengacu pada subbab pelaksanaan jembatan baja komposit 6.2.6.b.2.
4. Penyelesaian permukaan bidang kontak mengacu pada subbab pelaksanaan jembatan baja komposit 6.2.6.b.3.
5. Persyaratan kekencangan baut mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 Pasal 7.4.2.2) dan/atau Surat Edaran Menteri PUPR No.14/SE/M/2015 dan/atau SNI 8458:2012.
6. Syarat dan ketentuan lain terkait pengelasan merujuk pada AWS D1.1/D1.1M:2015 : *Structural Welding Code – Steel* dan AWS D1.5M/D1.5:2015 : *Bridge Welding Code*.
7. Manual sesuai dengan SE No.26/SE/M/2015: Perlindungan Komponen Baja Jembatan dengan Cara Pengecatan.
8. Untuk semua elemen struktur baja termasuk elemen harus dicat atau digalvanisasi dengan sistem pencelupan panas sesuai dengan AASHTO M111M/M111-15 atau ASTM A123/123M-17.

b. Bekisting dan Perancah

Penyedia Jasa harus menyediakan setiap peralatan dan perancah yang diperlukan untuk pemasangan struktur baja. Perlengkapan pemasangan ini termasuk pengaku sementara, semua perkakas, mesin, dan peralatan termasuk pasak pengungkit (*drift*) dan baut penyatel. Perancah dan pengaku sementara harus dirancang, dibuat dan dipelihara sebagaimana mestinya agar dalam tahap pemasangan semua perancah dan pengaku-pengaku berfungsi dan dapat menahan semua gaya dan beban struktur baja selama pemasangan. Merujuk pada bab Kontruksi Beton bagian.

1. Untuk perhitungan kekuatan perancah dapat dilihat pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.3.6. mengenai analisis kekuatan struktur perancah atau *scaffolding*.

2. Urutan/prosedur pelaksanaan frame scaffolding merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.3.7. Tahap Pelaksanaan Pekerjaan Perancah (*Scaffolding*).
  3. Pemasangan bekisting atau cetakan beton (*formwork*) merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.6. Prosedur pelaksanaan pekerjaan pemasangan bekisting (*Formwork*)
  4. Tahap pelaksanaan pekerjaan bekisting (*formwork*) merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.6 untuk tahap pekerjaan acuan kerja (*formwork*).
  5. Mengenai sambungan bekisting kedap terhadap air dapat dilakukan sesuai dengan rujukan pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.2.7. antisipasi terjadinya keropos pada beton.
- c. Pekerjaan Beton Bertulang
1. Tahap persiapan bekisting untuk pengecoran dilakukan sebelum pengecoran dilakukan dengan pembersihan bekisting, penggunaan bahan pelepas sebagai kemudahan pembongkaran, dan pembongkaran dan pembersihan pasca pengecoran merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.8 tentang Persiapan Acuan Untuk Pengecoran.
  2. Prosedur penulangan baja tulangan merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, Penulangan 3.2.4 menjelaskan tahapan, material, jenis baja tulangan beton, kawat pengikat dan syarat, mutu bahan, jenis-jenis pembengkokan tulangan, mengenai jenis pembengkokan tulangan hal yang diperhatikan merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.4.
  3. Instalasi baja tulangan lantai dan struktur Gelagar membahas mengenai penyimpanan dan penanganan, pengajuan kesiapan kerja, dan penempatan dan pengikatan merujuk Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.4. Tahapan Pekerjaan Persiapan Penulangan atau Bab 6 Bangunan Atas Jembatan 6.6.8 Instalasi Tulangan Lantai.
  4. Prosedur selimut beton untuk konstruksi beton bertulang merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.7. mengenai selimut penutup penulangan (*Concrete Cover*). Menjelaskan toleransi yang digunakan sesuai tempat pelaksanaan.
  5. Pengecoran beton pada jembatan beton bertulang merujuk pada Bab 2 Material, 2.2.9.5 Pengecoran Beton Bertulang, menjelaskan pelaksanaan persiapan pengecoran, kesiapan tempat kerja, peralatan pengecoran, pemadatan beton dan teknik pemadatan beton, penjelasan sambungan (*join*), sambungan pelaksanaan selama konstruksi, dan perawatan beton pascapengecoran.
  6. Untuk pengambilan sampel pengujian beton, persyaratan pengambilam sampel pengujian di lapangan, cara pengangkutan sampel ke laboratorium. Dapat dilihat pada Bab 2 Material 2.2.10.4.
  7. Slump test adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur tingkat kekakuan dari beton segar. Dengan cara mengukur penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Cara melakukan pengujian slump test merujuk pada Bab 2 Material, Slump Test 2.2.3.3
  8. Pemasangan expansion joint mengacu pada subbab 6.8

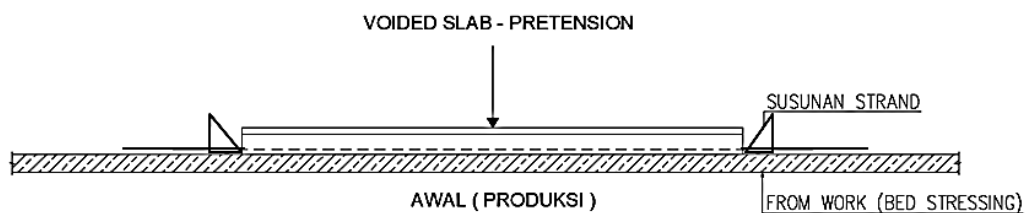
## 6.5 Jembatan Voided Slab

### 6.5.1 Umum

Menjelaskan Pre-Tension voided slab, pengangkutan segmen Gelagar voided slab, pengangkatan voided slab, penurunan, sistem pemasangan, *stressing* melintang, dan kondisi akhir dengan pekerjaan pengaspalan. Menjelaskan Tatacara pemberian pengaman Gelagar setelah pemasangan.

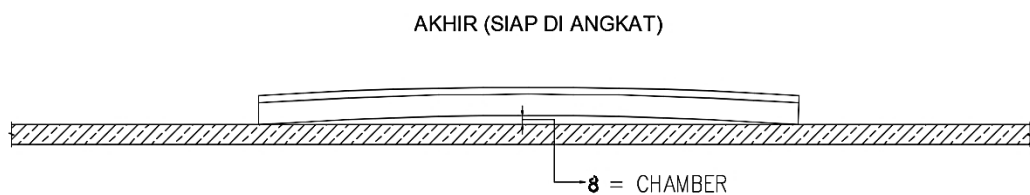
### 6.5.2 Pelaksanaan Fabrikasi

- Proses Produksi Voided Slab sudah mempunyai ketentuan yang diatur oleh pabrik produksi beton Voided Slab sendiri.
- Voided Slab yang telah diproduksi dari pabrik telah melalui Quality Control (QC) dan memenuhi syarat.
- Untuk Proses pekerjaan Pretension dapat dilihat pada petunjuk 6.3.2 Jembatan Gelagar Pretension.

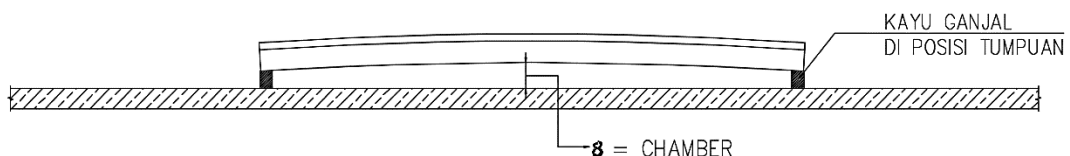


**Gambar 6.104 - Produksi Gelagar pretension**

- Voided Slab setelah diberi gaya prategang dan di cor.



**Gambar 6.105 - Setelah pemberian gaya prategang**

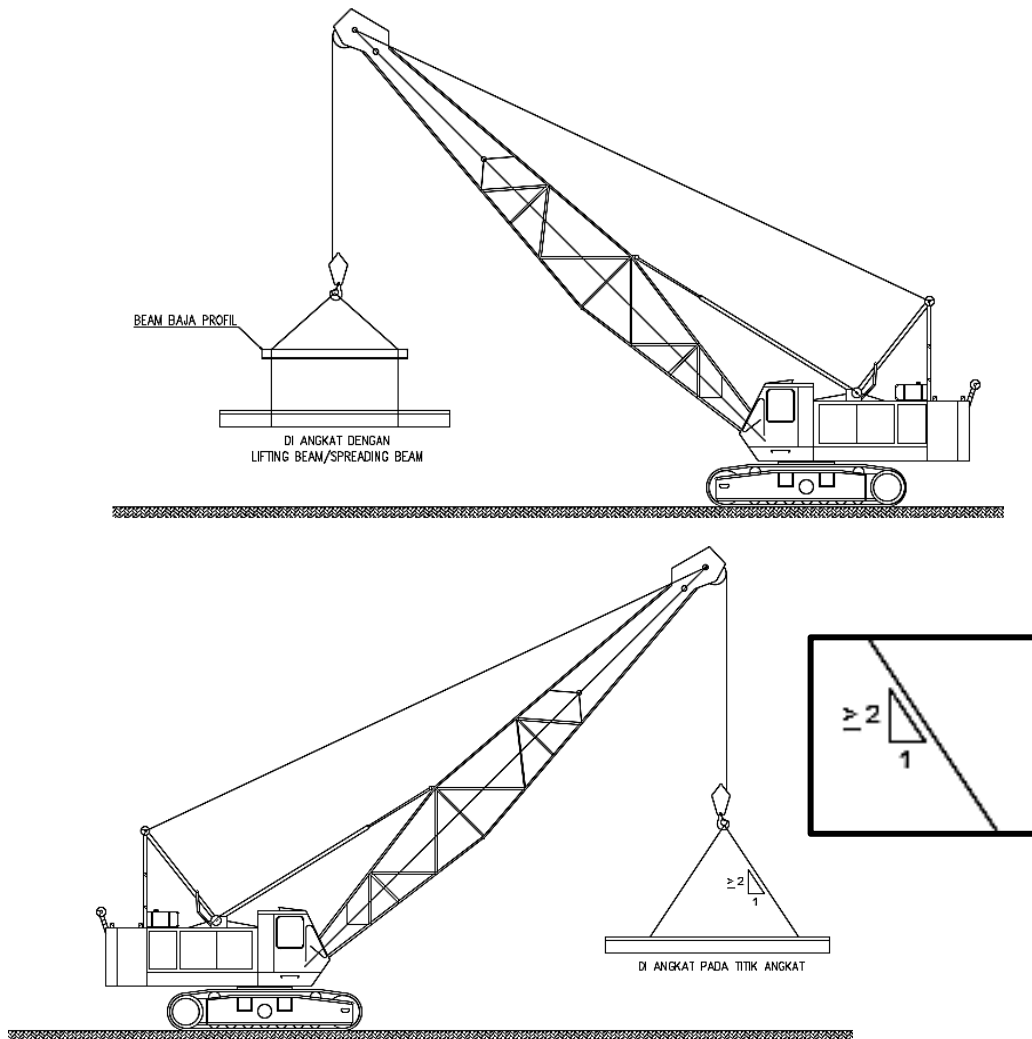


**Gambar 6.106- Penyimpanan unit Gelagar**

### 6.5.3 Pengangkutan Voided Slab

Syarat dan ketentuan pengangkutan *Crane*, dan trailer dapat dilihat pada gambar dibawah. Pengangkutan beton voided slab menggunakan pengangkutan darat dapat digunakan truk trailer berikut ilustrasi pengangkutan voided slab.

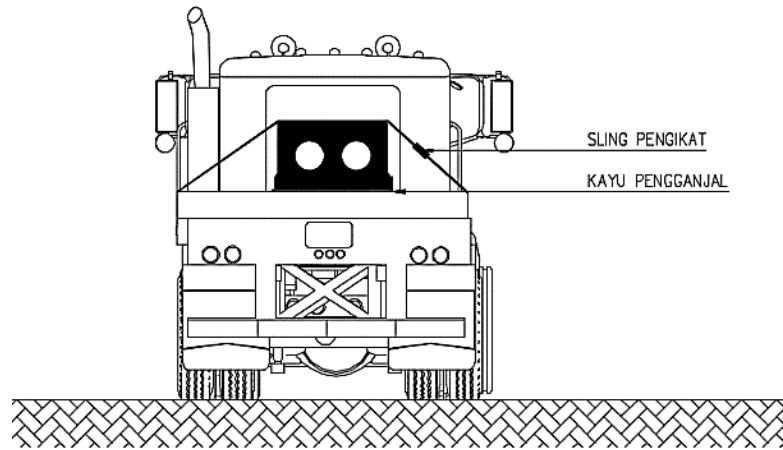
- a. Pengangkutan dengan *Crane* Tunggal



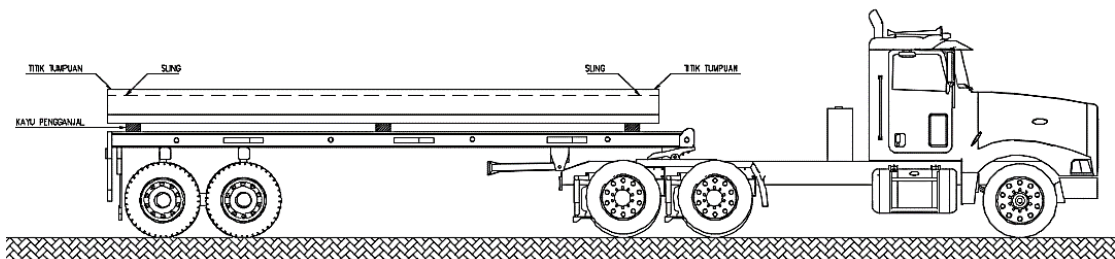
Gambar 6.107 - Pengangkutan unit voided slab

b. Pengangkutan dengan Trailer

Pengangkutan dengan menggunakan trailer, segmen voided slab tidak boleh bersentuhan langsung, gunakan kayu pengganjal dan sling pengikat agar voided slab tidak bergerak. Pastikan pengikat sling kuat menahan getaran.



(a)

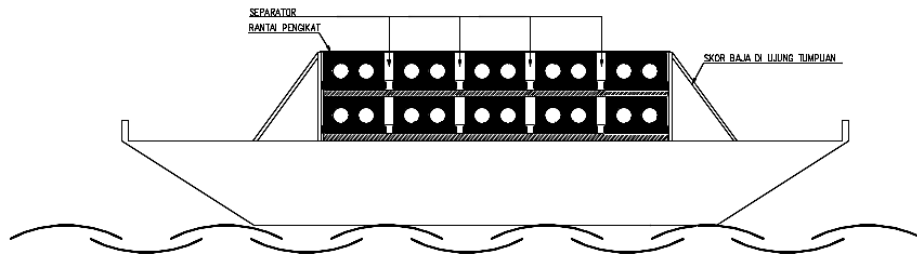


(b)

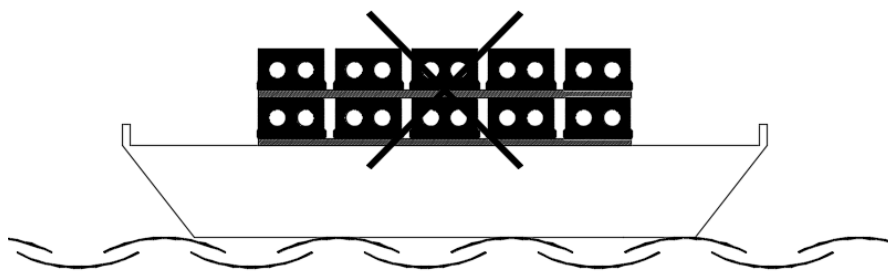
**Gambar 6.108 - Pengaman saat pengangkutan**

c. Pengangkutan Kapal Laut/ Ponton

Menggunakan skor baja untuk menumpu voided slab agar tidak jatuh, dan gunakan ganjal kayu agar tidak voided slab satu sama lain tertimpa. Dilarang menumpuk lebih dari izin tumpukan.



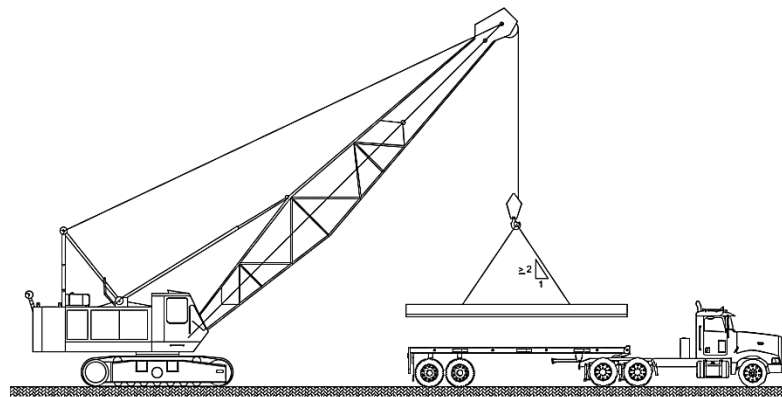
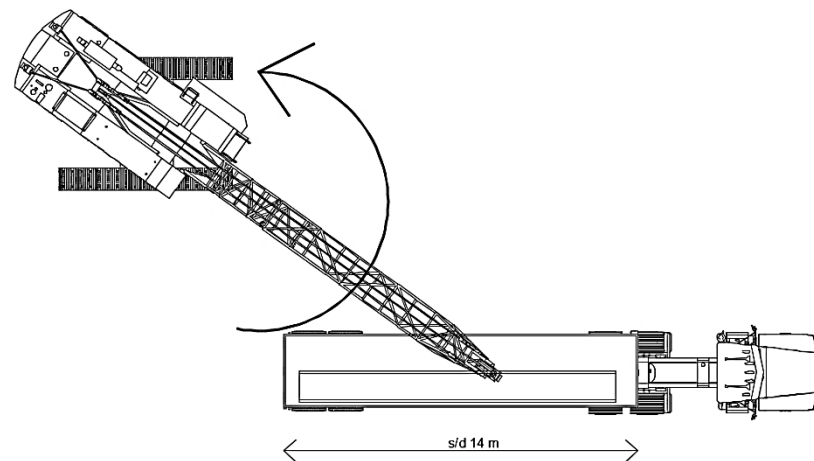
MEMAKAI SKOR



TIDAK MEMAKAI SKOR

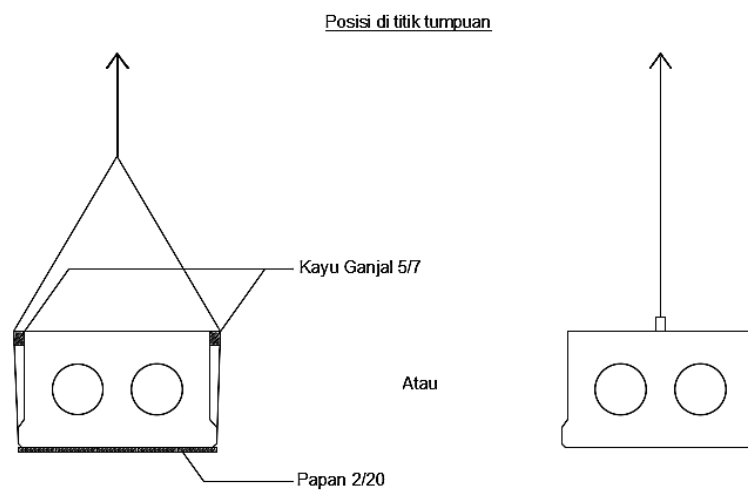
**Gambar 6.109 - Pengiriman dengan ponton**

d. Penurunan dari Crane

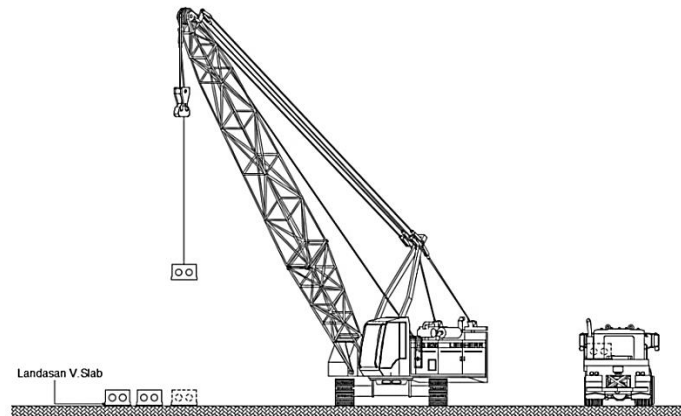


**Gambar 6.110 - Pengangkatan dari truck**

e. Letakkan pada landasan



**Gambar 6.111- Pengangkatan Perletakan pada landasan kayu**



**Gambar 6.112 - Penyimpanan**

- f. Landasan Voided Slab dari kayu minimal 6/12, kuat, stabil untuk di permukaan.

#### 6.5.4 Sistem Pemasangan

Sistem pemasangan (pilihan) dapat dilihat pada pentunjuk di sub bab 6.3.6 untuk voided slab.

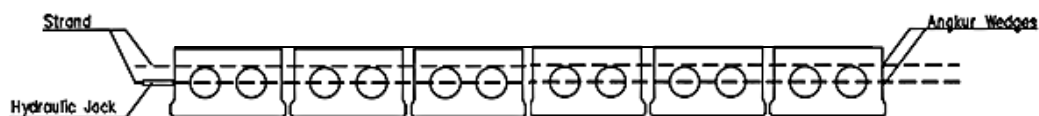
#### 6.5.5 Spasi dan *grouting*

Tempatkan voided slab sedemikian rupa sesuai dengan gambar rencana dan dipastikan bersih dari segala kotoran. Setelah itu lanjutkan dengan *grouting* antar segmen voided slab.

#### 6.5.6 *Stressing* Voided Slab

Setelah *grouting* mencapai umur dan kekuatan yang diisyaratkan, kemudian dilanjutkan dengan langkah kerja sebagai berikut ;

- a. Dipastikan lubang *Strand* bersih dari kotoran dan tidak terganggu dari material apapun.
- b. Pastikan fabrikasi *Strand* baik diameter, panjang dan angkur sesuai gambar rencana.
- c. Pemasangan *Strand* dan angkur ke dalam lubang *Strand* (sesuai point nomor 1).
- d. Lakukan penarikan *Strand* sesuai dengan gaya prategang pada perencanaan. Kemudian kelebihan panjang *Strand* dipotong.
- e. Lakukan *grouting* pada lubang *Strand* sesuai subbab 6.3.1.(g).
- f. Tutup angkur agar terlindung air ataupun udara yang dapat menimbulkan korosi.



**Gambar 6.113 - Lateral *Stressing***

#### 6.5.7 Kondisi Akhir

Setelah proses penyusunan, pemasangan dan *stressing* maka akan dilakukan proses pengecoran spesi voided slab dan finishing dengan pemasangan *bearing pad*, *expansion joint*, *barrier* dan tiang sandran dan paling akhir dengan *overlay*.



## 6.6 Lantai Jembatan

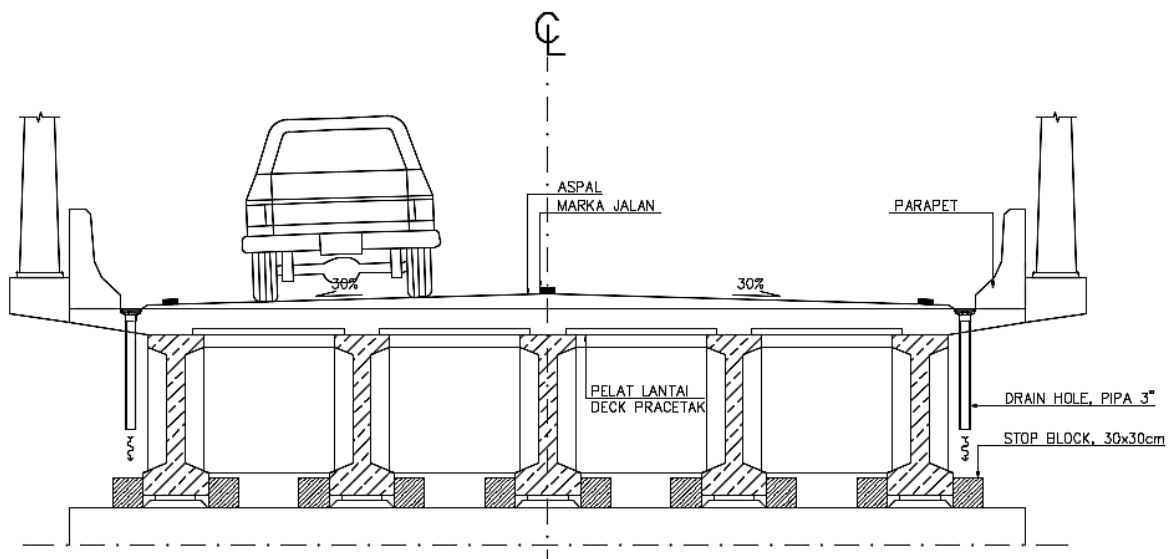
### 6.6.1 Umum

Jenis lantai jembatan perlu dievaluasi terhadap beban truk mengingat sistem lantai jembatan sifatnya diskrit (tidak menerus sehingga efek lokal dari beban-beban roda perlu dicek agar dapat memberikan daya dukung baik service maupun ultimit secara optimal. Dari populasi jembatan yang ada, sistem jembatan dapat dibagi dalam dua kelompok;

- Diskrit (melintang) dengan dibatasi terhadap cross beam (cross Gelagar) yang dilengkapi dengan stringer (Gelagar arah memanjang) dan biasa pada jembatan rangka.
- Diskrit arah memanjang ditandai dengan adanya Gelagar-Gelagar memanjang yang dominan.

### 6.6.2 Lantai Deck Beton

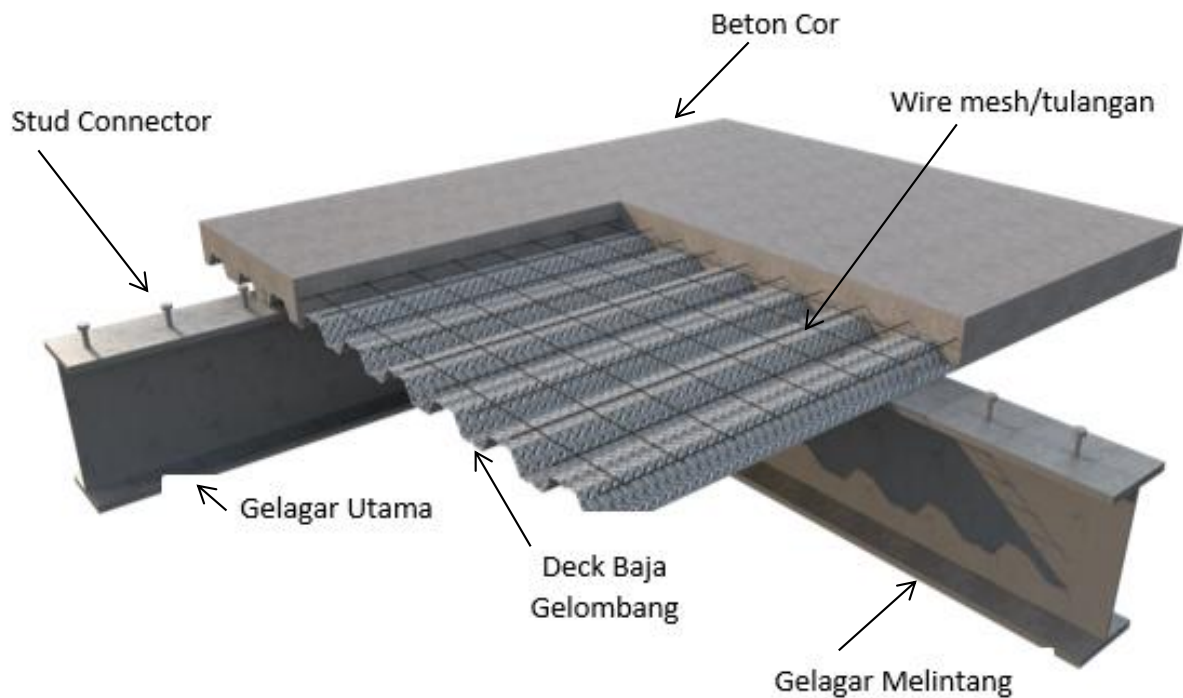
Pada umumnya deck beton digunakan untuk jembatan jenis pracetak tipe I yang berfungsi sebagai acuan pemasangan tulangan. Deck beton dipasang dengan bantuan *Crane* yang kemudian disusun memanjang Gelagar. Setelah pemasangan deck beton dilanjutkan dengan pemasangan wiremesh atau tulangan.



Gambar 6.114 - Deck beton pada sistem Gelagar beton

### 6.6.3 Lantai Plat Baja Bergelombang

Deck baja digunakan pada jembatan Gelagar baja. Deck baja biasanya berbentuk gelombang dengan panjang dan lebar sesuai produksi pabrik. Deck baja ini dipasang dengan disusun, kemudian dilas pada bagian-bagian tertentu. Setelah pemasangan deck baja langkah selanjutnya pemasangan wiremesh atau tulangan.



**Gambar 6.115 - Deck Baja**

#### 6.6.4 Perancah Lantai

Perancah harus dibuat di atas pondasi yang kuat dan kokoh terhindar dari bahaya penurunan, sedangkan konstruksinya sendiri harus juga kokoh terhadap pembebanan yang akan ditanggungnya, harus memperhitungkan dan membuat langkah-langkah persiapan yang perlu sehubungan dengan pelendutan perancah akibat gaya-gaya yang bekerja kepadanya, sedemikian sehingga pada akhir pekerjaan beton, permukaan dan bentuk konstruksi beton sesuai dengan kedudukan (Peil) dan bentuk yang seharusnya menurut gambar standar. Perancah yang dipasang pada sungai-sungai dengan aliran air yang deras, terutama apabila sering terjadi banjir tinggi yang dikhawatirkan akan menghancurkan perancah, harus direncanakan sedemikian rupa agar sesedikit mungkin menghambat jalannya air. Bila perancah itu sebelum atau selama pekerjaan pengecoran beton berlangsung menunjukkan tanda-tanda penurunan yang besar sehingga menurut pendapat Direksi Pekerjaan hal itu akan menyebabkan kedudukan (*peil*) akhir sesuai dengan Gambar Rencana tidak akan dapat dicapai, atau menurut pendapatnya penurunan tersebut akan sangat membahayakan dari segi konstruksi, dilaksanakan dan mengharuskan Pelaksana untuk memperkuat perancah tersebut sehingga dianggap cukup kuat.

### 6.6.5 Pemasangan Acuan Lantai

- a. Semua pekerjaan acuan beton harus sesuai dengan petunjuk Direksi, gambar rencana secara mendetail tentang bentuk acuan beton itu harus mendapat persetujuan dari Direksi. Pengerjaan pengecoran tidak boleh dimulai sebelum cara-cara pengecoran, tahap-tahap pengecoran dan persiapan-persiapannya disetujui oleh Direksi.
- b. Acuan beton harus direncanakan sedemikian sehingga pada waktu pembongkarannya tidak akan menimbulkan kerusakan pada beton. Acuan beton harus cukup kokoh menahan getaran-getaran alat vibrator.
- c. Bahan acuan beton umumnya digunakan kayu atau baja. Kayu yang digunakan sebagai bahan acuan harus dari mutu yang baik. Tidak becacat.
- d. Acuan beton dimaksud untuk menghasilkan permukaan beton yang halus tanpa harus dikerjakan lagi, dibuat dan terdiri dari salah satu yang disebut berikut :
  1. Kayu yang bermutu baik, dikerjakan menurut syarat-syarat pengerjaan dan penyimpanan seperti yang terbut pada PKKI, sambungan dikerjakan dengan alur dan lidah, dan dihaluskan pada sebelah dalam.
  2. dimana sambungan-sambungan paku keling/baut dikerjakan dengan kepala terbenam, halus rata dan kedap air.
  3. Plywood dengan penguat-penguat yang berukuran cukup dan berjarak sesuai dengan petunjuk direksi.
- e. Untuk permukaan beton yang lain, maka bahan-bahan setempat dapat digunakan dimana dipandang oleh Direksi hal itu cukup memenuhi persyaratan konstruksi.
- f. Dimensi acuan harus teliti dikontrol sedemikian sehingga bentuk-bentuk yang tertera pada gambar rencana sejauh mungkin dapat dicapai.
- g. Bagian dalam dari acuan sebaiknya diberi minyak gemuk atau bahan lain yang disetujui oleh direksi agar permukaan acuan dapat mudah dilepas bila beton telah mengeras.
- h. Bahan-bahan tersebut harus terdiri dari bahan yang tidak mempengaruhi mutu beton dan tidak menyebabkan warna-warna kotor/berlainan pada permukaan beton nantinya. Pemberian bahan tersebut dipermukaan acuan dilakukan sebelum penempatan besi-besi tulangan, sehingga didapat suatu kepastian bahwa bahan-bahan tersebut tidak menempel pada permukaan besi-besi tulangan yang dikhawatirkan akan mengurangi daya rekat besi dan beton.
- i. Acuan dari bahan baja hendaknya diperhatikan agar baut-baut yang digunakan terpelihara dengan baik supaya pada saat melepasnya tidak menimbulkan kesulitan atau getaran-getaran pada beton yang telah mengeras, kawat-kawat pengikat dari baja besi yang akan terbenam dalam beton penggunaannya harus atas seizin Direksi.
- j. Bila beton telah jadi dan acuan telah diambil, maka ditempat kawat-kawat tersebut, beton harus dipahat kedalam 3 cm dari permukaan luar beton dan segera ditutup kembali dengan adukan semen yang sesuai.
- k. Kerusakan-kerusakan seperti pelendutan, deformasi dan sebagainya harus segera dibetulkan. Bila dalam waktu pengecoran terlihat perubahan bentuk acuan, maka ditempat itu beton harus disingkirkan dahulu dan acuan diperkuat sesuai dengan kehendak Direksi.

### 6.6.6 Drainase Jembatan

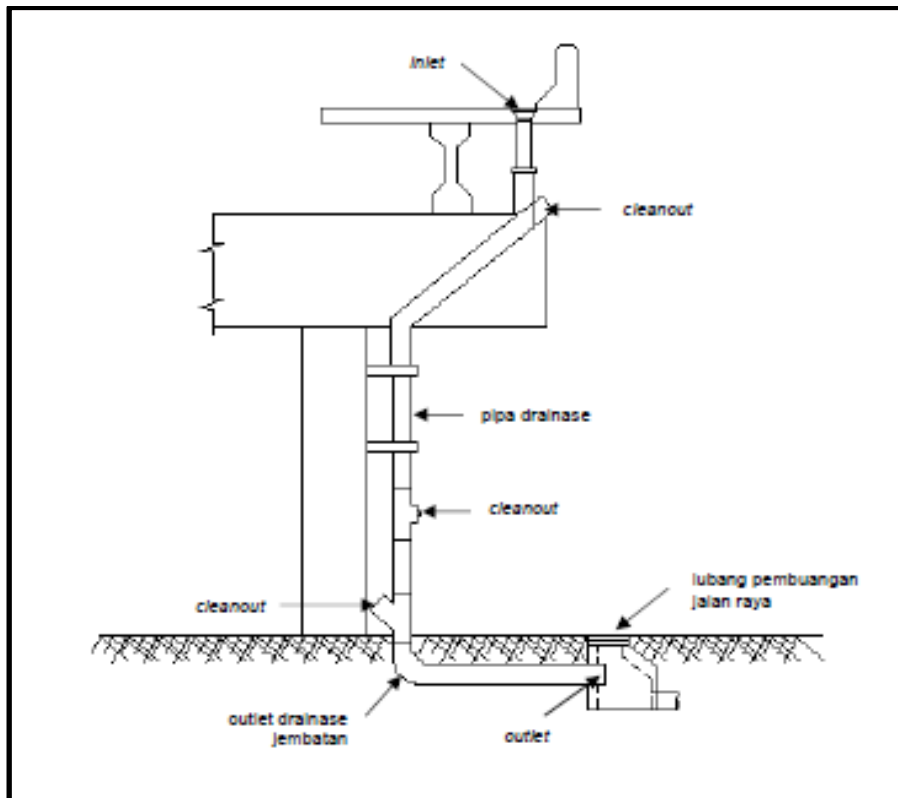
Drainase melintang dan memanjang dari jalur lalu lintas disediakan dengan memberikan saluran pembuang dan kemiringan untuk menghindari terjadinya genangan air di atas lantai jembatan. Air yang mengalir dari jalan pendekat harus dialihkan dan tidak diperbolehkan mengalir menuju jembatan. Jembatan-jembatan pendek, seperti jembatan jalan rel atau jalan raya, dibangun tanpa pengumpul air setempat dan air dari jalur lalu lintas jembatan dialirkan ke saluran pembuang pada ujung jembatan. Drainase pada jembatan-jembatan yang panjang disediakan melalui pengumpul air setempat yang ukuran dan jumlahnya harus cukup untuk mengalirkan air buangan. Wadah pengumpul air dan pipa-pipa harus terbuat dari bahan yang cukup kaku dan anti korosi, dengan dimensi tidak kurang dari 150 mm. Drainase dan wadah pengumpul air harus diatur sedemikian sehingga tidak mengalirkan air ke bagian-bagian lain bangunan atau tanggul-tanggul jalan pendekat. Penampang drainase tidak disarankan ada penyempitan karena akan mengakibatkan potensi menumpuknya sampah.

#### a. Detail-detail Drainase

Detail perencanaan harus menjamin supaya air mengalir dari jembatan dan mencegah tertahannya kotoran, daun-daun atau benda-benda lain. Apabila pipa drainase diletakkan pada bagian yang tertutup dari jembatan, pipa-pipa tersebut harus terbuat dari bahan yang memiliki keawetan yang tinggi, minimal 25% dari umur rencana. Apabila pipa air atau pembuangan terdapat di dalam bagian yang tertutup, harus disediakan drainase yang cukup bila terjadi kebocoran atau pecahnya pipa. Bagian-bagian yang menggantung dari lantai beton harus mempunyai alur cekung agar air segera menetes.

#### b. Istilah dan Definisi

1. intensitas curah hujan : curah hujan rata-rata pada kurun waktu tertentu
2. periode ulang : jangka waktu untuk hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu, dicapai atau dilampaui
3. pipa outlet : pipa pengalir air menuju titik pembuangan
4. outlet : tempat aliran keluar
5. Scupper : lubang kecil untuk pembuangan air, biasanya terdapat di dek, trotoar, atau pembatas
6. saluran dek jembatan : bagian tepi dek jembatan yang membawa air limpasan ke samping trotoar
7. waktu konsentrasi : waktu yang diperlukan limpasan untuk mengalir dari titik hulu ke titik saluran drainase terdekat



**Gambar 6.116 - Ilustrasi drainase jembatan**

#### **6.6.7 Pengaman lalu lintas (*barrier*) untuk jembatan**

- a. Sifat-sifat Pengaman pengaman lalu lintas pada bangunan/struktur jembatan harus :
  1. menahan kendaraan-kendaraan pada jembatan yang memperhitungkan tingkat risikonya;
  2. memperkecil percepatan kendaraan dan mengalihkan dengan baik kendaraan-kendaraan yang mengalami kejutan;
  3. menempel dengan kuat pada penghalang di jalan pendekat dengan kekakuan yang sesuai;
  4. mempunyai kekuatan struktural yang cukup selama pengaruh kejut dari kendaraan untuk memperkecil risiko jeruji-jeruji menusuk ke dalam ruang penumpang;
  5. mudah diperbaiki atau diganti dengan cepat;
  6. dapat menerima pergerakan bangunan akibat panas, rotasi dan lainnya. Sambungan-sambungan harus sedemikian sehingga mencegah timbulnya bising dan getaran, terutama di daerah perkotaan;
  7. sedemikian rinci agar sesuai dengan bangunan dan menghindarkan adanya halangan pandangan dari kendaraan atau halangan terhadap jarak pandang pada persimpangan;

8. sedemikian rinci agar sesuai dengan bangunan dan menghindarkan adanya halangan pandangan dari kendaraan atau halangan terhadap jarak pandang pada persimpangan;
9. dirinci untuk membatasi gaya-gaya hidrodinamis dan terjebaknya benda hanyutan pada waktu jembatan terendam banjir dengan periode ulang 25 tahun.

b. Tingkat Kerja

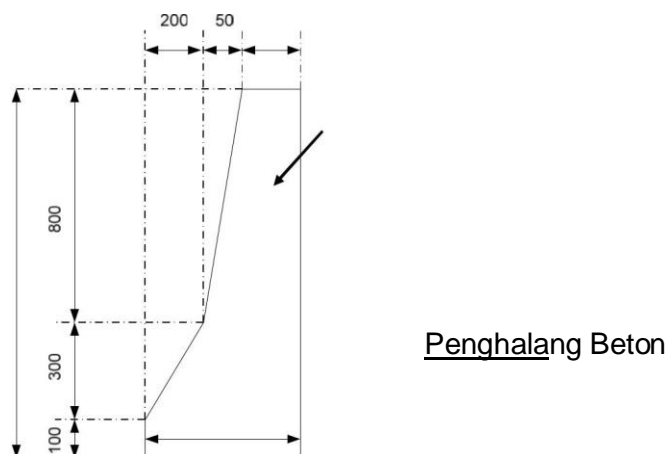
Pengaman lalu lintas sebagaimana yang terlihat pada gambar 3 harus didesain untuk tingkat kinerja yang sesuai, seperti dirinci di bawah ini atau pada tingkat yang ditentukan oleh instansi yang berwenang. Tingkat kinerja 1 merupakan tingkat kinerja yang paling tinggi.

c. Tingkat Kerja 1

Pengaman tingkat kinerja 1 dibutuhkan pada kondisi-kondisi berikut, atau apabila ada bahaya terhadap penumpang kendaraan atau orang lain atau barang milik, atau dalam kondisi-kondisi, seperti yang diatur oleh instansi yang berwenang, misalnya:

1. jembatan jalan raya,
2. jembatan jalan kereta api,
3. jembatan di atas air yang dalam,
4. jembatan yang sangat tinggi,
5. jembatan di atas rumah-rumah, pabrik-pabrik, dll,
6. jembatan pada lengkungan horizontal yang besar.

Pengaman tingkat kinerja 1 akan menahan mobil, bus, dan truk berat dengan aman, dengan kondisi kejut yang besar pada kecepatan sampai kecepatan rencana jalan, dan sudut kejut 15 derajat. Penghalang yang terdiri dari jeruji-jeruji horizontal harus memenuhi persyaratan geometrik.



Catatan : Lebar bagian bawah dan bagian atas penghalang harus ditentukan sesuai dengan tingkat kinerja penghalang

**Gambar 6.117 - Contoh Tipikal penghalang**

d. Tingkat Kerja 2

Pengaman tingkat kinerja 2 digunakan apabila tingkat kinerja 1 tidak diwajibkan dan apabila bahaya lebih besar daripada yang digunakan pada tingkat kinerja 3. Pengaman tingkat kinerja 2 harus mampu menahan mobil dan bus pada tingkat kejutan yang sedang, sehingga bahaya terhadap penumpang kendaraan tidak sebesar pada kondisi tingkat kinerja 1.

e. Tingkat Kerja 3

Pengaman tingkat 3 dapat digunakan dalam kondisi berikut.

1. Volume lalu lintas rendah (<300 kendaraan/hari),
2. Jembatan di atas air dangkal,
3. Ketinggian jembatan rendah (< 4 m),
4. Alinemen lurus (radius>1500 m), dan Lebar antara pengaman tidak kurang dari 8 m untuk jembatan berlajur banyak atau antara 3,7 m dan 4,9 m pada jembatan berlajur tunggal. Pengaman tingkat kinerja 3 harus mampu menahan mobil pada kecepatan rencana jalan raya dan sudut tumbukan hingga 15 derajat dengan aman.

f. Persyaratan Geometrik

Persyaratan geometrik untuk Penghalang Berjeruji, Tingkat Kinerja 1 dan 2 Pengaman lalu lintas sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 4 harus mempunyai tinggi minimum 800 mm. Jeruji bawah harus diletakkan di tengah-tengah antara 380 mm dan 500 mm di atas permukaan referensi. Permukaan referensi bisa berupa permukaan jalan atau jika ada jalur pejalan kaki di depan pengaman, adalah permukaan jalur pejalan kaki tersebut. Bukaan vertikal maksimum di bawah rel terendah atau di antara rel tidak boleh melampaui 380 mm. Permukaan yang menghadap lalu lintas dari semua jeruji harus di dalam 25 mm terhadap permukaan jeruji yang paling dekat terhadap lalu lintas. Jeruji-jeruji yang mundur ke belakang lebih dari 25 mm atau diletakkan lebih dari 380 mm di atas permukaan referensi, tidak boleh dipertimbangkan sebagai jeruji lalu lintas untuk menahan beban rencana. Tiang-tiang harus di belakang muka jeruji lalu lintas minimum 100 mm. Jika pengaman di belakang kereb, seperti pada jembatan-jembatan dengan trotoar, jarak minimum dari muka penghalang terhadap muka kereb adalah 1 m dan tinggi maksimum kereb adalah 150 mm.

g. Pengaman Alternatif

Pengaman tipe lain dapat digunakan untuk pengaman tingkat kinerja 1 dan tingkat kinerja 2 dengan persetujuan instansi yang berwenang, dengan catatan dasar-dasar perencanaan umum dapat dipenuhi. Tipe-tipe pengaman harus diperiksa dahulu dengan uji benturan skala penuh dan harus memberikan hasil yang memuaskan sebelum digunakan pada jembatan.

h. Pengaman untuk Pejalan Kaki

Pengaman untuk pejalan kaki harus mempunyai besaran geometrik berikut ini.

1. tinggi yang dianjurkan 1,1 m, dengan tinggi minimum 1,0 m,
2. penopang–penopang atau jeruji-jeruji harus berjarak tidak lebih dari 0,13 m untuk keamanan anak-anak, dan
3. penopang-penopang vertikal tanpa pijakan yang menanjak dianjurkan untuk rangkaian jeruji horizontal. Apabila suatu Pengaman lalu lintas mempunyai jeruji tambahan pada ketinggian 1,1 m untuk keamanan pejalan kaki, maka pada hubungan-hubungan dan sambungan-sambungannya, harus dirinci sedemikian rupa sehingga tidak lepas akibat benturan kendaraan. Untuk alasan meningkatkan keselamatan pejalan kaki terutama pada jembatan yang terletak pada ruas jalan dengan kecepatan rencana yang relatif tinggi, penghalang dengan tingkat kinerja yang sesuai dapat ditempatkan untuk memisahkan bagian lajur lalu lintas dengan bagian pejalan kaki.

### **6.6.8 Perakitan Tulangan Lantai**

Pada umumnya instalasi tulangan mengikuti persyaratan jarak dan ukuran tulangan. Instalasi tulangan yang berlaku pada gambar perencanaan yang digambar dalam gambar rencana kerja yang dipengang oleh pelaksana.

#### **a. Penyimpanan dan Penanganan**

1. Penyedia Jasa harus mengangkut tulangan ke tempat kerja dalam ikatan, diberi label, dan ditandai dengan label logam yang menunjukkan ukuran batang, panjang dan informasi lainnya sehubungan dengan tanda yang ditunjukkan pada diagram tulangan.
2. Penyedia Jasa harus menangani serta menyimpan seluruh baja tulangan sedemikian untuk mencegah distorsi, kontaminasi, korosi, atau kerusakan.

#### **b. Pengajuan Kesiapan Kerja**

1. Sebelum memesan bahan, seluruh daftar pesanan dan diagram pembengkokan harus disediakan oleh Penyedia Jasa untuk mendapatkan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan, dan tidak ada bahan yang boleh dipesan sebelum daftar tersebut serta diagram pembengkokan disetujui.
2. Sebelum memulai pekerjaan baja tulangan, Penyedia Jasa harus menyerahkan kepada Pengawas Pekerjaan daftar yang disahkan pabrik baja yang memberikan berat satuan nominal dalam kilogram untuk setiap ukuran dan mutu baja tulangan atau anyaman baja dilas yang akan digunakan dalam pekerjaan.



c. Pembengkokan

1. Terkecuali ditentukan lain oleh Pengawas Pekerjaan, seluruh baja tulangan harus dibengkokkan secara dingin dan sesuai dengan prosedur SNI 03-6816-2002, menggunakan batang yang pada awalnya lurus dan bebas dari lekukan-lekukan, bengkokan-bengkokan atau kerusakan. Bila pembengkokan secara panas di lapangan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, tindakan pengamanan harus diambil untuk menjamin bahwa sifat-sifat fisik baja tidak terlalu berubah banyak.
2. Batang tulangan dengan diameter 2 cm dan yang lebih besar harus dibengkokkan dengan mesin pembengkok.

d. Penempatan dan Pengikatan

1. Tulangan harus dibersihkan sesaat sebelum pemasangan untuk menghilangkan kotoran, lumpur, oli, cat, karat dan kerak, percikan adukan atau lapisan lain yang dapat mengurangi atau merusak pelekatan dengan beton.
2. Tulangan harus ditempatkan akurat sesuai dengan Gambar dan dengan kebutuhan selimut beton minimum yang disyaratkan
3. Batang tulangan harus diikat kencang dengan menggunakan kawat pengikat sehingga tidak tergeser pada saat pengecoran. Pengelasan tulangan pembagi atau pengikat (stirrup) terhadap tulangan baja tarik utama tidak diperkenankan.
4. Seluruh tulangan harus disediakan sesuai dengan panjang total yang ditunjukkan pada Gambar. Penyambungan (splicing) batang tulangan, terkecuali ditunjukkan pada Gambar, tidak akan diizinkan tanpa persetujuan tertulis dari Pengawas Pekerjaan. Setiap penyambungan yang dapat disetujui harus dibuat sedemikian hingga penyambungan setiap batang tidak terjadi pada penampang beton yang sama dan harus diletakkan pada titik dengan tegangan tarik minimum.
5. Bilamana penyambungan dengan tumpang tindih disetujui, maka panjang tumpang tindih minimum haruslah 40 diameter batang dan batang tersebut harus diberikan kait pada ujungnya.
6. Pengelasan pada baja tulangan tidak diperkenankan, terkecuali terinci dalam Gambar atau secara khusus diizinkan oleh Pengawas Pekerjaan secara tertulis. Bilamana Pengawas Pekerjaan menyetujui pengelasan untuk sambungan, maka sambungan dalam hal ini adalah sambungan dengan panjang penyaluran penuh yang memenuhi ketentuan dari AWS D1.4/D1.4M:2011. Pendinginan terhadap pengelasan dengan air tidak diperkenankan.
7. Simpul dari kawat pengikat harus diarahkan membelakangi permukaan beton sehingga tidak akan terekspos.
8. Anyaman baja tulangan yang dilas harus dipasang sepanjang mungkin, dengan bagian tumpang tindih dalam sambungan paling sedikit satu kali jarak anyaman. Anyaman harus dipotong untuk mengikuti bentuk pada kerb dan bukaan, dan harus dihentikan pada sambungan antara pelat.
9. Bilamana baja tulangan tetap dibiarkan terekspos untuk suatu waktu yang cukup lama, maka seluruh baja tulangan harus dibersihkan dan diolesi dengan pasta semen (semen dan air saja).

10. Tidak boleh ada bagian baja tulangan yang telah dipasang boleh digunakan untuk memikul perlengkapan pemasok beton, jalan kerja, lantai untuk kegiatan bekerja atau beban konstruksi lainnya.

### **6.6.9 Pengecoran Dan Perawatan Lantai Kendaraan**

Pada jembatan Gelagar, teknik pengecoran dilakukan secara bertahap dengan mendahulukan terlebih dahulu pada bagian tengah bentang dan setelah beton lantai membentuk komposit dengan Gelagar baru dilanjut dengan pengecoran sisi-sisi lainnya sehingga didapatkan margin faktor keamanan yang lebih besar dari rencana. Pengecoran dan perawatan beton merujuk pada bagian ;

- a. Pengecoran beton pada jembatan beton bertulang merujuk pada Bab 2 Material, 2.2.9.5 Pengecoran Beton Bertulang, menjelaskan pelaksanaan persiapan pengecoran, kesiapan tempat kerja, peralatan pengecoran, pemadatan beton dan teknik pemadatan beton, penjelasan sambungan (*join*), sambungan pelaksanaan selama konstruksi, dan perawatan beton pasca pengecoran.
- b. Untuk pengambilan sampel pengujian beton, persyaratan pengambilam sampel pengujian di lapangan, cara pengangkutan sampel ke laboratorium. Dapat dilihat pada Bab 2 Material 2.2.10.4.
- c. Slump test adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur tingkat kekakuan dari beton segar. Dengan cara mengukur penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Cara melakukan pengujian slump test merujuk pada Bab 2 Material, Slump Test 2.2.3.3.

### **6.6.10 Pengaspalan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*)**

- a. Kondisi Cuaca yang Dizinkan Untuk Bekerja
- b. Campuran hanya bisa dihampar bila permukaan yang telah disiapkan keadaan kering dan diperkirakan tidak akan turun hujan selama pekerjaan berlangsung.
- c. Penghamparan dan Pem bentukan
  1. Penghamparan CPHMA dapat dilakukan secara manual atau menggunakan mesin penghampar (*Paver Machine*). Penghamparan secara manual dengan menggunakan besi profil siku atau kaso-kaso dengan ukuran tinggi sama atau lebih kecil 3 mm dari tebal rencana yang ditempatkan dikedua sisi penghamparan dan kemudian diratakan dengan kayu penyipat.
  2. Penghamparan harus dimulai dari lajur yang lebih rendah m enuju lajur yang lebih tinggi bilamana pekerjaan yang dilaksanakan lebih dari satu lajur.
  3. Proses perbaikan lubang-lubang yang timbul karena terlalu kasar atau bahan yang tersegregasi karena penaburan material yang halus sedapat mungkin harus dihindari sebelum pemadatan. Butiran yang kasar tidak boleh ditekankan di atas permukaan yang telah padat.
  4. Untuk menjamin terpenuhinya elevasi rancangan dan toleransi yang disyaratkan serta ketebalan dari lapisan CPHMA, harus diperiksa:
    - 1) Tebal hamparan CPHMA lepas untuk memastikan apabila dipadatkan tebal lepas ini dapat mencapai tebal yang direncanakan.
    - 2) Lereng melintang dan super-elevasi yang diperlukan.

- 3) Elevasi yang sesuai pada sambungan dengan aspal yang telah dihampar sebelumnya, sebelum dibolehkannya pemadatan.
- 4) Perbaiki penampang memanjang dari permukaan beraspal eksisting dengan menggunakan batang perata, kawat baja atau hasil penandaan survei.

d. Pemadatan

1. Segera setelah CPHMA dihampar dan diratakan, permukaan CPHMA harus diperiksa dan setiap ketidak sempurnaan yang terjadi harus diperbaiki. Pemadatan campuran beraspal harus terdiri dari tiga operasi yang terpisah berikut ini:
  - a) Pemadatan Awal
    - 1) Pemadatan Antara
    - 2) Pemadatan Akhir
    - 3) Pemadatan awal atau breakdown rolling dilakukan dengan alat pemadat roda baja tandem sebanyak 1 lintasan jika menggunakan alat pemadat dengan berat 6-8 ton atau 2 lintasan jika menggunakan alat pemadat dengan berat 4 -6 ton.
  2. Pemadatan antara atau utama harus dilakukan dengan menggunakan alat pemadatan roda karet (Pneumatic Tire Roller, PTR) 8-10 ton. Jumlah lintasan harus sesuai dengan jumlah lintasan hasil percobaan pemadatan (trial compaction). Pemadatan akhir atau penyelesaian harus dilaksanakan dengan alat pemadat roda baja tanpa penggetar (vibrasi). Bila hamparan
  3. aspal tidak menunjukkan bekas jejak roda pemadatan setelah pemadatan kedua, pemadatan akhir bisa tidak dilakukan. Kepadatan akhir lapis CPHMA yang dapat diterima adalah minimum 95% dari kepadatan Standar Kerja (Job Standard Density)
  4. Pertama-tama pemadatan harus dilakukan pada sambungan melintang yang telah terpasang besi siku atau kaso-kaso dengan ketebalan yang diperlukan untuk menahan pergerakan campuran beraspal akibat penggilasan. Bila sambungan melintang dibuat untuk menyambung lajur yang dikeijakan sebelumnya, maka lintasan awal harus dilakukan sepanjang sambungan memanjang untuk suatu jarak yang pendek dengan posisi alat pemadat berada pada lajur yang telah dipadatkan dengan tumpang tindih pada pekerjaan baru kira-kira 15 cm.
  5. Pemadatan harus dimulai dari tempat sambungan memanjang dan kemudian dari tepi luar. Selanjutnya, penggilasan dilakukan sejajar dengan sumbu jalan berurutan menuju ke arah sumbu jalan , kecuali untuk superelevasi pada tikungan harus dimulai dari tempat yang terendah dan bergerak ke arah yang lebih tinggi. Lintasan yang berurutan harus saling tumpang tindih (overlap) minimum setengah lebar roda dan lintasan-lintasan tersebut tidak boleh berakhir pada titik yang kurang dari satu meter dari lintasan sebelumnya.
  6. Bilamana menggilas sambungan memanjang, alat pemadat untuk pemadatan awal harus terlebih dahulu memadatkan lajur yang telah dihampar sebelumnya sehingga tidak lebih dari 15 cm dari lebar roda pemadat yang memadatkan tepi sambungan yang belum dipadatkan. Pemadatan dengan lintasan yang berurutan harus

dilanjutkan dengan menggeser posisi alat pemadat sedikit demi sedikit melewati sambungan, sampai tercapainya sambungan yang dipadatkan dengan rapi.

7. Kecepatan alat pemadat tidak boleh melebihi 4 km /jam untuk roda baja dan 10 km/jam untuk roda karet dan harus selalu dijaga tetap rendah sehingga tidak mengakibatkan bergesernya campuran tersebut. Garis, kecepatan dan arah penggilasan tidak boleh diubah secara tiba-tiba atau dengan cara yang menyebabkan terdorongnya campuran CPHMA.
  8. Semua jenis operasi penggilasan harus dilaksanakan secara menerus untuk memperoleh pemadatan yang merata saat cam puran CPHMA masih dalam kondisi mudah dikerjakan sehingga seluruh bekas jejak roda dan ketidak rataan dapat dihilangkan.
  9. Roda alat pemadat harus dibasahi dengan cara pengabutan secara terus menerus untuk mencegah pelekatan cam puran beraspal pada roda alat pemadat, tetapi air yang berlebihan tidak diperkenankan.
  10. Setiap produk minyak bumi yang tumpah atau tercecer dari kendaraan atau perlengkapan yang digunakan oleh Penyedia Jasa di atas perkerasan yang sedang dikerjakan, dapat menjadi alasan dilakukannya pembongkaran dan perbaikan oleh Penyedia Jasa atas perkerasan yang terkontaminasi, selanjutnya semua biaya pekerjaan perbaikan ini menjadi beban Penyedia Jasa.
  11. Permukaan yang telah dipadatkan harus-halus dan sesuai dengan lereng melintang dan kelandaian yang memenuhi to leransi yang disyaratkan. Setiap campuran beraspal padat yang menjadi lepas atau rusak, tercampur dengan kotoran, atau rusak dalam bentuk apapun, harus dibongkar dan diganti dengan CPHMA yang baru serta dipadatkan secepatnya agar sama dengan lokasi sekitarnya. Pada tempat-tempat tertentu dari cam puran CPHMA terhampar dengan luas 1000 cm<sup>2</sup> atau lebih yang menunjukkan kelebihan atau kekurangan bahan aspal harus dibongkar dan diganti. Seluruh tonjolan setempat, tonjolan sambungan, cekungan akibat ambles, dan segregasi permukaan yang keropos harus diperbaiki sebagaimana diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.
  12. Sewaktu permukaan sedang dipadatkan dan diselesaikan, Penyedia Jasa harus memangkas tepi perkerasan agar bergaris rapi. Setiap bahan yang berlebihan harus dipotong tegak lurus setelah pemadatan akhir, dan dibuang oleh Penyedia Jasa di luar daerah milik jalan sehingga tidak kelihatan dari jalan yang lokasinya disetujui oleh Pengawas Pekerjaan
- e. Sambungan
1. Sambungan memanjang maupun melintang pada lapisan yang berurutan harus diatur sedemikian rupa agar sambungan pada lapis satu tidak terletak segaris yang lainnya. Sambungan memanjang harus diatur sedemikian rupa agar sambungan pada lapisan teratas berada dipemisah jalur atau pemisah lajur lalu lintas.
  2. Campuran CPHMA tidak boleh dihampar disamping campuran CPHMA yang telah dipadatkan sebelumnya kecuali bilamana tepinya telah tegak lurus atau telah dipotong tegak lurus. Bila tidak, maka pada bidang vertikal sambungan harus lapis perekat.

## **6.7 Box Culvert**

### **6.7.1 Umum**

Langkah pelaksanaan dalam pembuatan gorong-gorong persegi secara garis besar diuraikan sebagai berikut :

Penggalian tanah. Pemasangan tanah. Penghamparan lean concrete untuk lantai kerja, Persiapan-persiapan bahan dan material yang diperlukan, Persiapan-persiapan pembesian yaitu pemotongan dan pembengkokan besi-besi tulangan sesuai keperluan, Pemasangan bekisting, Perakitan tulangan, Pengecoran, Perawatan dan pembukaan bekisting

### **6.7.2 Cara Pelaksanaan Secara Umum**

Cara pelaksanaan yang disyaratkan dalam buku ini adalah merupakan suatu sistem pembuatan gorong-gorong persegi yang dimulai dari pembuatan lantai pelat dasar dan dinding. Selanjutnya setelah pelat dasar dan dinding selesai dibuat dan siap menerima beban, barulah dimulai pembuatan pelat lantai.

Pelat dasar dan dinding tersebut di atas berfungsi sebagai penunjang disamping perancah-perancah yang diperlukan. Perancah-perancah ini harus direncanakan mampu menahan beban yang diperlukan. Akibat beban tersebut perancah tidak boleh mengalami lenturan atau deformasi yang berarti.

Setelah perancah siap dipasangkan, selanjutnya dilaksanakan secara berurutan pekerjaan pemasangan bekisting, perakitan tulangan, pengecoran beton mencapai kekuatan yang disyaratkan, kemudian dilaksanakan perawatan (curing).

Cetakan dan acuan dibongkar apabila bagian konstruksi tersebut telah mencapai kekuatan yang cukup untuk memikul berat sendiri dan beban-beban pelaksanaan yang bekerja padanya. Tercapainya kekuatan yang cukup tersebut, ditunjukkan oleh :

- a. Bila pada saat pengecoran dibuat benda-benda uji.
- b. Bila tidak dibuat benda uji, maka cetakan dan acuan baru dibongkar setelah beton berumur 3 minggu. Bagian-bagian konstruksi dimana terjadi sarang-sarang kerikil harus diperbaiki.

### **6.7.3 Pekerjaan Pemasangan Bekisting**

- a. Bekisting dibuat dari tripleks yang cukup tebal, dengan terlebih dahulu dilapisi bahan yang dapat meningkatkan ketahanan tripleks terhadap air, dan sambungan harus kedap terhadap adukan serta cukup kaku untuk mempertahankan posisi yang diperlukan selama pengecoran, pemasangan dan perawatan.
- b. Semua bentuk harus dipasang dan dipertahakan sesuai dengan gambar rencana hingga kekuatan beton tercapai.
- c. Bekisting harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dibersihkan. Sebelum pengecoran beton, bekas-bekas kawat pengikat yang tidak terpakai, tanah, kotoran dan semua bahan-bahan asing harus dikeluarkan dari bekisting.
- d. Bekisting harus dibuat sedemikian rupa sehingga pada waktu dibuka, permukaan beton tidak rusak

- e. Detail Pelaksanaan Pemasangan Bekisting merujuk pada Pemasangan bekisting atau cetakan beton (*formwork*) merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.6. Prosedur pelaksanaan pekerjaan pemasangan bekisting (*Formwork*) adalah sebagai berikut;
  - 1. Tahap pelaksanaan pekerjaan bekisting (*formwork*) merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.6 untuk tahap pekerjaan acuan kerja (*formwork*).
  - 2. Mengenai sambungan bekisting kedap terhadap air dapat dilakukan sesuai dengan rujukan pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.2.7. antisipasi terjadinya keropos pada beton.
  - 3. Tahap persiapan bekisting untuk pengecoran dilakukan sebelum pengecoran dilakukan dengan pembersihan bekisting, penggunaan bahan pelepas sebagai kemudahan pembongkaran, dan pembongkaran dan pembersihan pasca pengecoran merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton 3.2.2.8 tentang Persiapan Acuan Untuk Pengecoran.

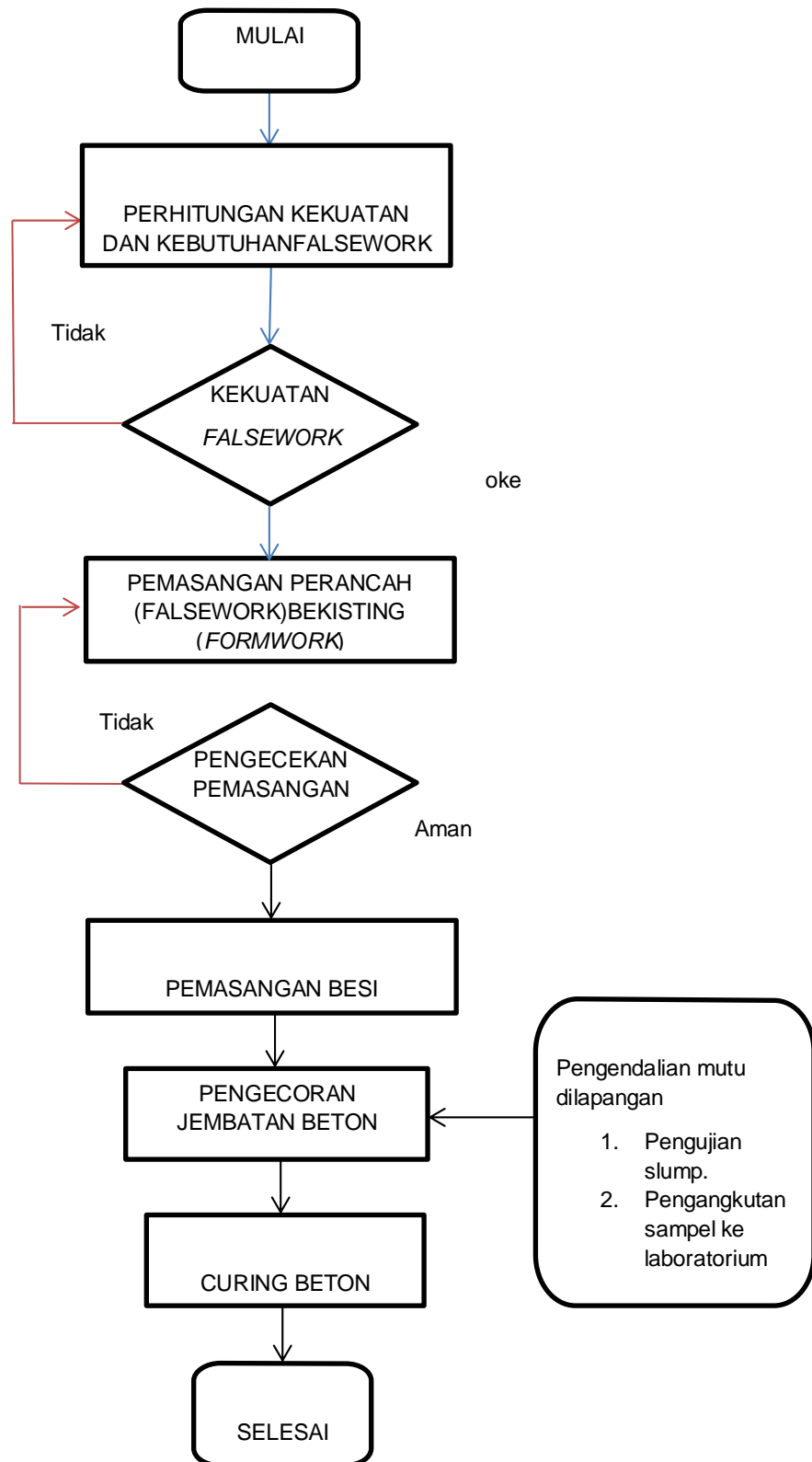
#### 6.7.4 Perakitan Baja Tulangan

- a. Tulangan harus bersih dari kotoran, lumpur, minyak, cat, karat dan kerak pabrik, percikan adukan atau bahan asing yang dapat mengurangi atau merusak pelekatan dengan beton sebelum beton dicor. Tulangan harus ditempatkan dengan tepat sesuai dengan gambar.
- b. Tulangan harus diikat kuat dengan menggunakan kawat ikat baja, sehingga tidak dapat bergeser pada saat pengecoran beton dan pematangan beton. Pengelasan batang melingkar atau beugel pada tulanga, baja tadhk utama tidak diperkenankan.
- c. Semua tulangan baja yang disediakan harus sesuai dengan gambar rencana. Penyambungan batang baja, kecuali terlihat pada gambar, tidak diizinkan tanpg persetujuan dari Direksi. Setiap sambungan yang dapat disetujui harus diselangseling sejauh mungkin dan harus terletak pada titik dengan tegangan tarik mmlmum.
- d. Simpul kawat pengikat harus diarahkan meninggalkan permukaan beton yang terbuka.
- e. Perhatian khusus perlu diberikan terhadap ketepatan tebal penutup beton. Untuk itu tulangan harus dipasang dengan penahan jarak (beton decking). Penahan-penahan jarak dapat berbentuk blokblok persegi atau gelang-gelang yang harus dipasang sebanyak minimum 4 buah setiap meter persegi cetakan atau lantai kerja. Penahan-penahan jarak ini harus tesebar merata
- f. Prosedur Penulangan
  - 1. Prosedur penulangan baja tulangan merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, Penulangan 3.2.4 menjelaskan tahapan, material, jenis baja tulang beton, kawat pengikat dan syarat, mutu bahan, jenis-jenis pembengkokan tulangan, mengenai jenis pembengkokan tulangan hal yang diperhatikan merujuk pada Bab 2 Material, 2.2.8.1.d.14.
  - 2. Instalasi baja tulangan lantai membahas mengenai penyimpanan dan penanganan, pengajuan kesiapan kerja, dan penempatan dan pengikatan merujuk Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.4. Tahapan Pekerjaan Persiapan Penulangan atau Bab 5 Bangunan Atas Jembatan 6.7.6 Instalasi Tulangan Lantai.
  - 3. Prosedur selimut beton untuk konstruksi beton bertulang merujuk pada Bab 3 Konstruksi Beton, 3.2.4.7. mengenai selimut penutup penulangan (*Concrete Cover*). Menjelaskan toleransi yang digunakan sesuai tempat pelaksanaan.

### 6.7.5 Pengecoran Beton

- a. beton pada jembatan beton bertulang merujuk pada Bab 2 Material, 2.2.9.5 Pengecoran Beton Bertulang, menjelaskan pelaksanaan persiapan pengecoran, kesiapan tempat kerja, peralatan pengecoran, pemadatan beton dan teknik pemadatan beton, penjelasan sambungan (*join*), sambungan pelaksanaan selama konstruksi, dan perawatan beton pasca pengecoran.
- b. Sesaat sebelum beton dicor, bekisting harus dibasahi dengan air atau dilapisi pada bagian sebelah dalam dengan suatu minyak mineral yang tak akan membekas.
- c. Pengecoran beton harus dilaksanakan terus menerus sampai pekerjaan selesai kecuali dalam keadaan yang tidak memungkinkan serta dibentuk pada sambungan konstruksi yang disetujui oleh Direksi.
- d. Beton harus dicor dengan cara tertentu untuk menghindad pemisahan partikel halus dan kasar dalam campuran (segregasi).
- e. Lantai kendaraan pada gorong-gorong persegi harus dicor secara terus menerus pada panjang total bagian struktur.
- f. Untuk mencegah timbulnya rongga-rongga dan sarang-sarang kerikil, adukan beton harus dipadatkan selama pengecomn. Pemadatan iri dapat dilakukan dengan menumbuk-numbuk adukan atau memukul-mukul cetakan, tetapi dianjurkan untuk senantiasa menggunakan alat penggetar mekanis.
- g. Untuk pengambilan sampel pengujian beton, persyaratan pengambilam sampel pengujian di lapangan, cara pengangkutan sampel ke laboratorium. Dapat dilihat pada Bab 2 Material 2.2.10.4.
- h. Slump test adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur tingkat kekakuan dari beton segar. Dengan cara mengukur penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Cara melakukan pengujian slump test merujuk pada Bab 2 Material, Slump Test 2.2.3.3.

i. Bagan Alir Pelaksanaan Box Culvert



Gambar 6.118- Flow Chart Pelaksanaan Jembatan Beton



## 6.8 Siar Muai Jembatan (Expansion Joint)

### 6.8.1 Umum

Sambungan siar muai membuat celah antara kedua permukaan beton yang berpasangan sehingga memungkinkan pemuaian beton ke dalam celah. Celah biasanya diisi dengan bahan pengisi yang dapat ditekan masuk seperti karet, plastik, gabus atau mastic. Semua gerakan relatif pada bidang sambungan dicegah. Sambungan muai mungkin merupakan jenis sambungan yang pembuatannya paling mahal. Perencana harus mempertimbangkan dengan baik perlunya sambungan pemuaian dan jarak antaranya. Suatu peningkatan pada suhu beton biasanya akan menambah panjang beton, yaitu peningkatan suhu sebesar 10°C akan menghasilkan pemuaian sekitar 1 mm.

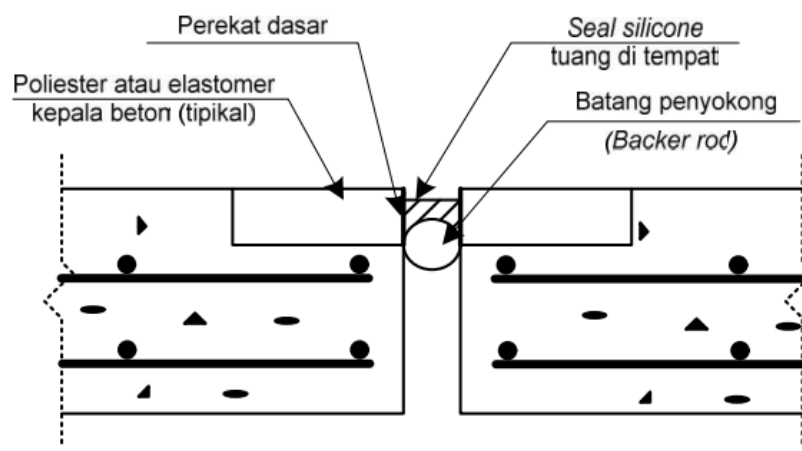
Sambungan muai sederhana, hanya memungkinkan pemuaian dan penyusutan beton. Oleh karena itu, gerakan-gerakan pada bidang sambungan harus dicegah. Jadi harus dilakukan suatu cara untuk memindahkan beban melewati sambungan muai. Hal ini dapat dilaksanakan dengan membentuk sambungan terkunci, tetapi kunci akan mempersulit masuknya bahan pengisi sambungan muai. Beban biasanya dipindahkan melewati sambungan dengan bantuan batang dowel. Setengah panjang masing-masing batang tertanam di dalam beton yang ditempatkan mula-mula pada sambungan. Setengahnya lagi dilapis sehingga mencegah pelekatan dengan beton baru pada sambungan. Beberapa cara yang digunakan adalah melumasi atau melapisi dengan bitumen separuh dari masing-masing batang. Ujung dari separuh batang yang dilapis kemudian diberi topi untuk membuat *socket* sehingga batang dapat bergerak pada waktu pemuaian beton terjadi.

Pekerjaan siar muai terdiri dari pemasangan dan pemasangan siar muai lantai yang dapat terbuat dari logam atau elastomer atau *asphaltic plug*, dan setiap bahan pengisi (*filler*) dan penutup (*sealer*), untuk sambungan antara struktur baik diarah memanjang maupun melintang.

### 6.8.2 Jenis-Jenis Siar Muai Jembatan (Expansion Joint)

#### a. Sambungan Siar Muai Tipe Seal Silicone

Sambungan siar muai tipe *seal silicone* adalah jenis siar muai yang berbahan dasar silicone sebagai penutup (*sealer*).



Gambar 6.119 - Siar muai tipe seal silicone

Kelebihan penggunaan siar muai tipe *seal silicone* sebagai berikut:

1. Ekonomis
2. Mudah dikerjakan, dikarenakan pada umumnya jenis siar muai seal silicone merupakan pabrikan, sehingga proses pelaksanaannya cenderung lebih mudah dan cepat dilakukan.

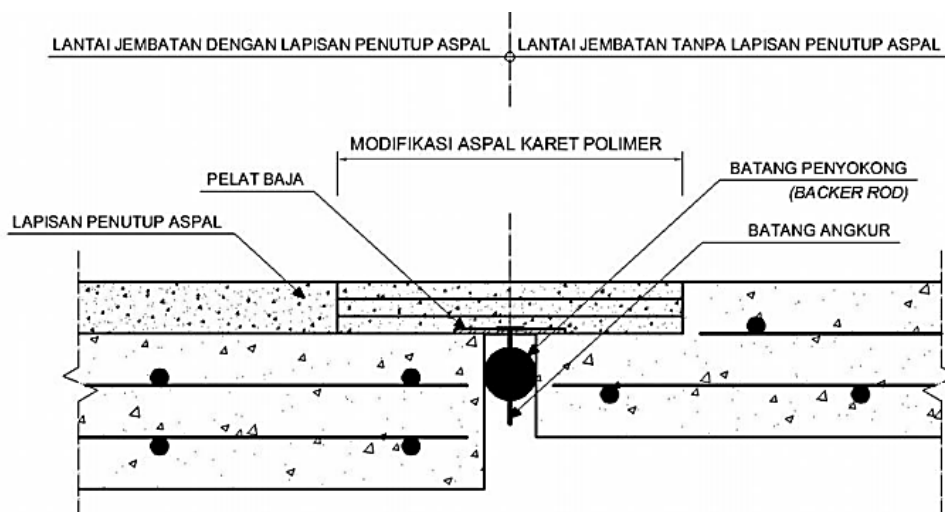
Kekurangan penggunaan siar muai tipe *seal silicone* sebagai berikut:

1. Perlu perawatan lebih
2. Umur rencananya pendek
3. Digunakan di daerah yang beban lalu lintasnya kecil

Untuk spesifikasi dan syarat bahan yang digunakan harus sesuai dengan persyaratan yang telah dicantumkan pada Bab 3 – Material Jembatan.

b. Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug

Sambungan siar muai tipe *asphaltic plug* adalah bahan sambungan siar muai tipe tertutup jenis yang dibuat dari bahan agregat yang dicampur dengan bahan pengikat binder, pelat baja dan ankur, dibuat pada temperatur tertentu yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada sambungan (joint)



**Gambar 6.120 - Siar muai tipe asphaltic plug**

Kelebihan penggunaan siar muai tipe *asphaltic plug* sebagai berikut:

1. Ekonomis
2. Mudah dikerjakan
3. Cepat dan aman dilalui kendaraan

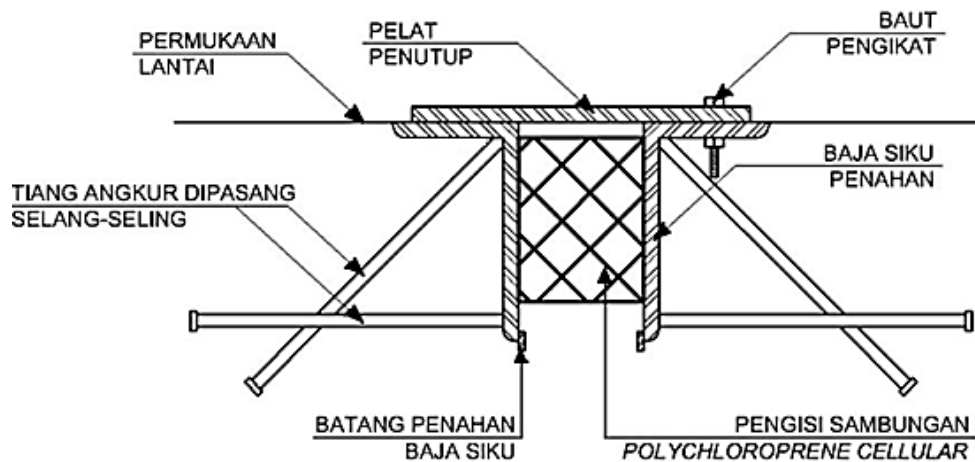
Kekurangan penggunaan siar muai tipe *asphaltic plug* sebagai berikut:

1. Membutuhkan tenaga kerja yang ahli dalam pemasangannya.
2. Kurang baik dalam menahan gerakan horizontal lateral

Untuk spesifikasi dan syarat bahan yang digunakan harus sesuai dengan persyaratan yang telah dicantumkan pada Bab 3 – Material Jembatan.

c. Sambungan Siar Muai Tipe Compression Seal

Sambungan siar muai tipe *compression seal* adalah jenis siar muai yang umumnya berbahan dasar *rubber* atau karet dengan penggunaan penutup baja pada permukaan atasnya.



**Gambar 6.121 - Siar muai tipe compression seal**

Kelebihan penggunaan siar muai tipe *compression seal* sebagai berikut :

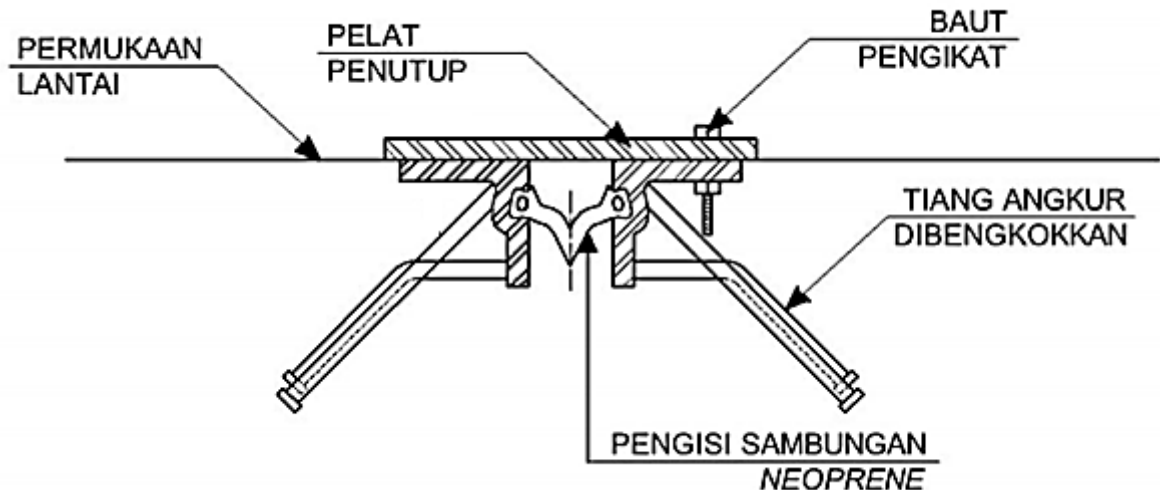
1. Cocok digunakan untuk jembatan bersudut ( $\text{skew angle} > 30^\circ$ )
2. Pengerjaannya mudah dan cepat

Kekurangan penggunaan siar muai tipe *compression seal* sebagai berikut :

1. Sambungan ini perlu perawatan lebih
2. Umur rencananya pendek
3. Digunakan pada yang beban lalu lintasnya kecil
4. Untuk spesifikasi dan syarat bahan yang digunakan harus sesuai dengan persyaratan yang telah dicantumkan pada Bab 3 – Material Jembatan.

d. Sambungan Siar Muai Tipe Strip Seal

Sambungan siar muai tipe *strip seal* merupakan jenis siar muai yang menggunakan pelat baja sebagai pelindung (*armor*) dan karet sebagai bahan penutup (*sealer*). Penggunaan siar muai tipe *strip seal* dapat mengakomodasi pergerakan maksimal 100 mm.



**Gambar 6.122 - Siar muai tipe strip seal**

Kelebihan penggunaan siar muai tipe *strip seal* sebagai berikut:

1. Dapat ditingkatkan kemampuannya dengan menambahkan jangkar (*fleksibel*).
2. Memiliki drainase yang baik

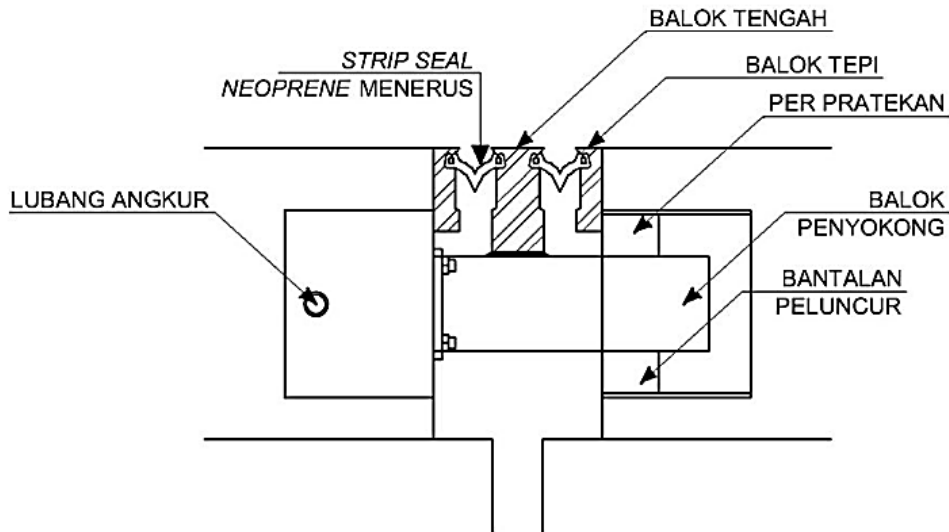
Kekurangan penggunaan siar muai tipe *strip seal* sebagai berikut:

1. Perlu perawatan lebih
2. Sangat rentan pada bagian sealing (penutup)/sambungan karena tidak disambung secara mekanik

Untuk spesifikasi dan syarat bahan yang digunakan harus sesuai dengan persyaratan yang telah dicantumkan pada Bab 3 – Material Jembatan.

e. Sambungan Siar Muai Tipe Modular Joint

Sambungan siar muai tipe *modular joint* merupakan jenis siar muai yang memiliki 3 bagian utama pembentuknya, yaitu terdiri dari penutup (*sealer*), Gelagar pemisah (*separator beam*), dan Gelagar penyangga/penyokong (*support beam*). Sama dengan sambungan siar muai tipe *strip seal*, *modular joint* mampu mengakomodasi pergerakan maksimal 100 mm.



**Gambar 6.123 - Siar muai tipe modular joint**

Kelebihan penggunaan siar muai tipe *modular joint* sebagai berikut:

1. Tidak terlalu bising karena menggunakan rail yang diberi *anti skid*.
2. Lebih efektif mengakomodasi gerakan horizontal karena menggunakan sliding bearing sebagai pengaku.
3. Sistem drainase lebih baik dari pada *Open Finger Plate Joint*.

Kekurangan penggunaan siar muai tipe *modular joint* sebagai berikut:

1. Perlu perawatan lebih karena rentan terhadap korosi dan vegetasi yang bisa tumbuh di sekitarnya.
2. Proses pengerjaan mahal karena membutuhkan alat berat.

Untuk spesifikasi dan syarat bahan yang digunakan harus sesuai dengan persyaratan yang telah dicantumkan pada Bab 3 – Material Jembatan.

### 6.8.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Siar Muai Jembatan.

#### a. Metode Pelaksanaan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug

##### 1. Tahap Pelaksanaan *Siar Muai Tipe Asphaltic Plug*

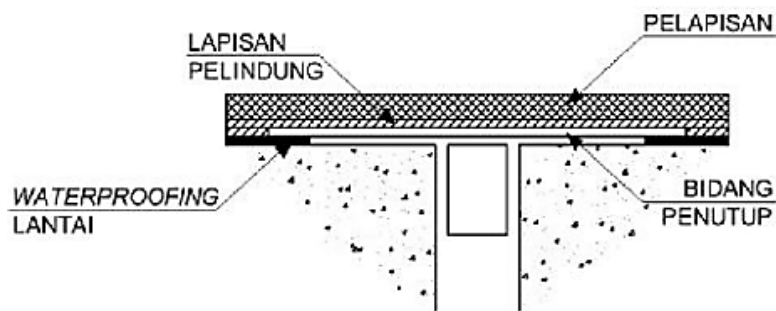
- a) Seajar dengan siar muai pada daerah permukaan perkerasan jalan, perlunya dipotong perkerasan jalan setebal minimum 20 cm pada posisi kiri dan kanan dari as lubang celah. Bila tebal perkerasan jalan yang ada kurang dari 3 cm, maka bagian lantai beton jembatan harus dikupas dan dipotong sampai mencapai tebal rencana siar muai yang telah disepakati antara pelaksana dan pengawas pekerjaan. Bidang pemotongan untuk dudukan siar muai harus dibuat rata dan bersih dari bahan atau bagian-bagian yang terlepas. Luasan atau daerah yang telah dipotong, dengan alat pemotong (cutter) maupun dengan *Jack hydraulic-hammer*, dibongkar dan kemudian diangkat. Bagian yang tersisa dibersihkan dari material yang terlepas dan debu dengan menggunakan kompresor dan sikat kawat.

- b) Celah ditutupi dengan masking strip (*hardboard* atau kayu lapis) sesuai dengan lebar dari sambungan yang akan digunakan.



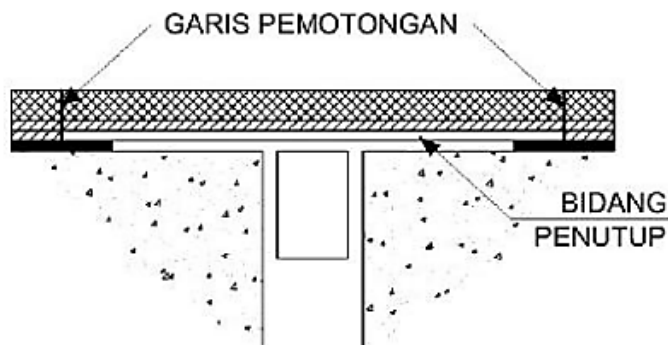
**Gambar 6.124 - Penutupan celah menggunakan masking strip**

- c) Pelapis *wearing course* diletakan di atas sambungan.



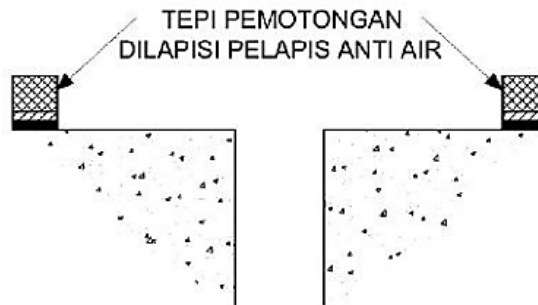
**Gambar 6.125 - Pelapisan dengan wearing course**

- d) Potong bagian pelapis seukuran dengan masking strip.



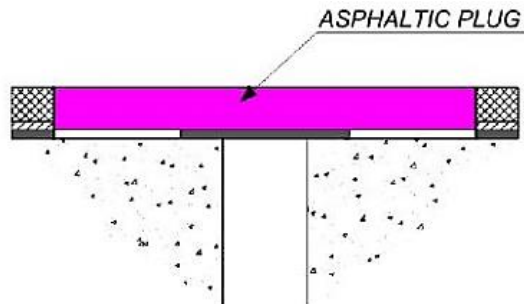
**Gambar 6.126 - Pemotongan lapisan**

- e) Bagian pelapis dan masking strip diambil, kemudian bersihkan dari kotoran dan sisa beton. Bagian sisi pinggir sehabis dipotong dilapisi dengan pelapis anti air.



**Gambar 6.127 - Pembersihan sisa pemotongan**

- f) Bagian pelapis dan masking strip diambil, kemudian bersihkan dari kotoran dan sisa beton. Bagian sisi pinggir sehabis dipotong dilapisi dengan pelapis anti air.

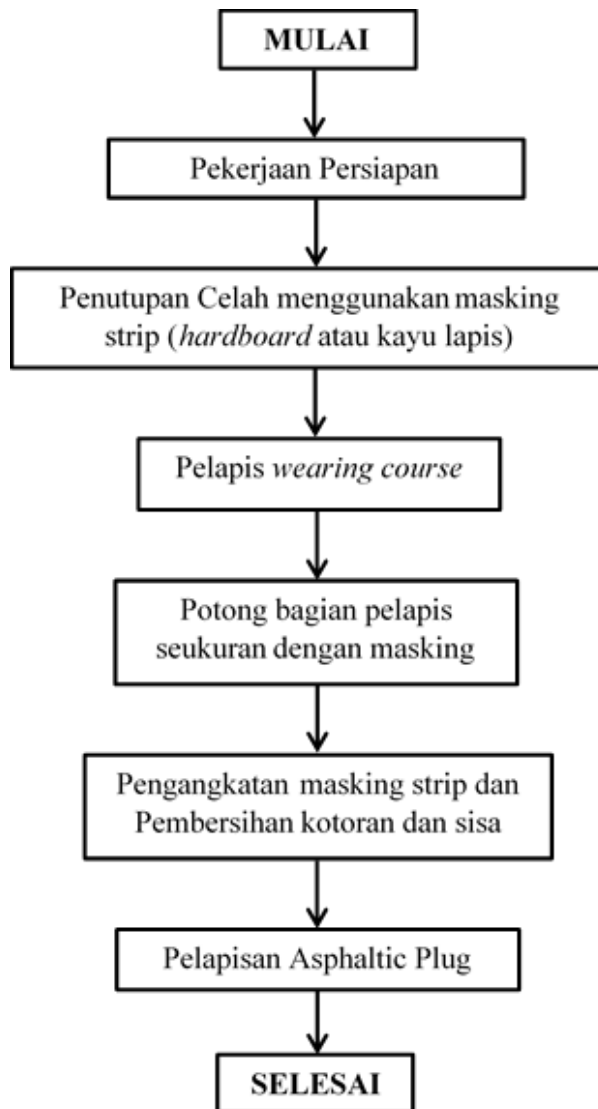


**Gambar 6.128 - Pembersihan sisa pemotongan**

- g) Pada lapisan terakhir, atau paling atas, penghamparan dilaksanakan lebih lebar 20 mm kiri dan kanan dari batas pemotongan penyipat lurus sepanjang lebar dari jalur lalu-lintas. Permukaan perkerasan yang 20 mm ini harus dibersihkan dengan kompresor atau disikat dengan sikat kawat (terlebih dahulu) untuk membersihkan bahan-bahan yang terlepas dan debu. Selanjutnya permukaan ini dipanaskan dan secepatnya ditutup dengan cairan binder (dilaburkan) bersamaan dengan pelaksanaan lapis penutup (cover). Untuk mendapatkan kerapihan dari pelaksanaan batas tepi yang 20 mm ini, penggunaan lak ban sebagai mistar sangat disarankan. Permukaan dibuat cembung atau dibuat kemiringan sekitar 2 %.

2. Bagan Alir Pelaksanaan Siar Muai Tipe *Asphaltic Plug*

Proses pelaksanaan pekerjaan siar muai tipe *asphaltic plug* dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut:



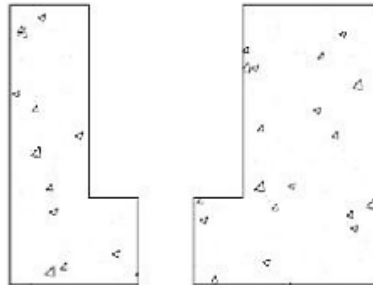
Gambar 6.129 - Bagan alir pelaksanaan siar muai tipe asphaltic plug



b. Metode Pelaksanaan Siar Muai Tipe Compression Seal

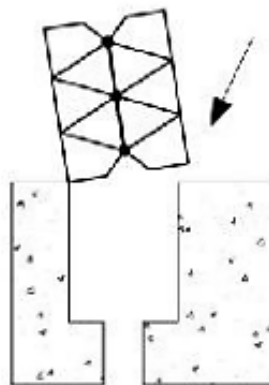
1. Tahap Pelaksanaan Siar Muai Tipe *Compression Seal*

- a) Tentukan jenis *compression seal joint* yang digunakan, apakah pada lantai beton tanpa lapisan aus atau dengan lapisan aus. Siapkan sambungan yang tersedia agar rapi, bersih dan tegak lurus.



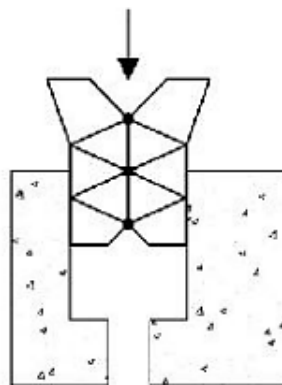
**Gambar 6.130 - Pembersihan sisa pemotongan**

- b) Tempatkan *seal joint* di sepanjang celah yang akan ditutup.



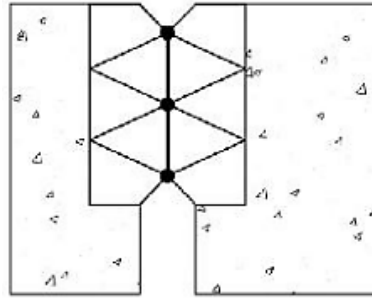
**Gambar 6.131 - Pembersihan sisa pemotongan**

- c) Tekan *seal joint* ke bawah sampai masuk ke dalam celah yang tersedia dan kokoh menempel/terjepit pada celah tersebut



**Gambar 6.132 - Pembersihan sisa pemotongan**

d) Ratakan permukaan atas seal joint sesuai elevasi permukaan lantai.



**Gambar 6.133 - Pembersihan sisa pemotongan**

e) Bagan Alir Pelaksanaan Siar Muai Tipe *Compression Seal*

Proses pelaksanaan pekerjaan siar muai tipe *compression seal* dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut:

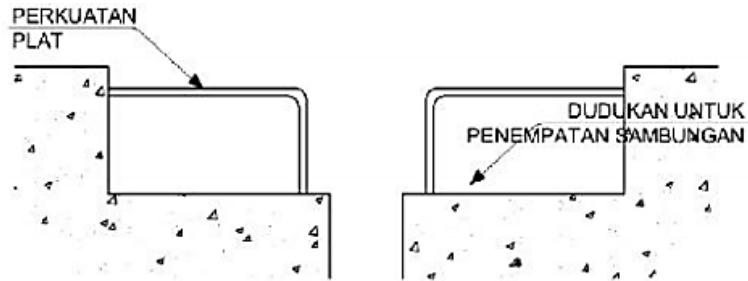


**Gambar 6.134 - Pembersihan sisa pemotongan**

c. Tahap Pelaksanaan Siar Muai Tipe Strip Seal

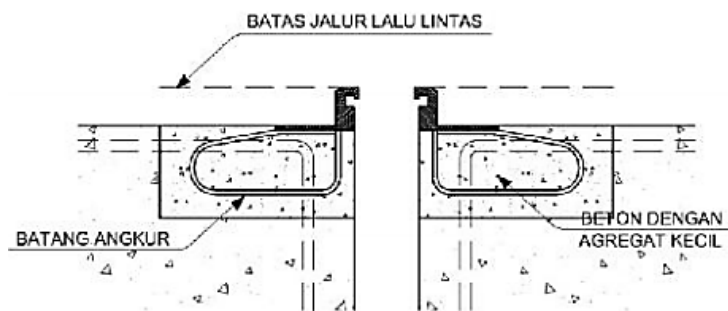
1. Tahap Pelaksanaan Siar Muai Tipe *Strip Seal*

- a) Deck Beton dicetak dengan *boxed out recesses* (cetakan box untuk menempatkan sambungan) kemudian dipasang pemerkuat deck.



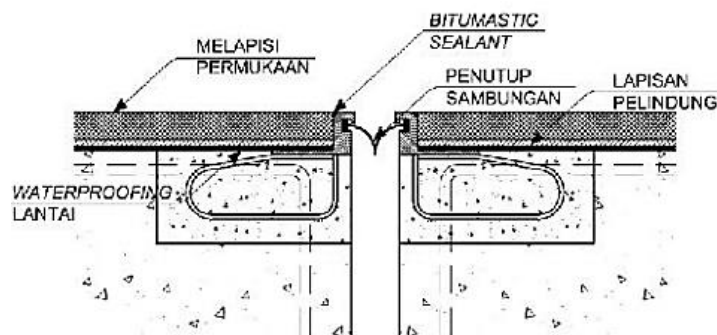
**Gambar 6.135 - Pembersihan sisa pemotongan**

- b) Profil dilas ke jangkar atau diikatkan ke dalam cetakannya menggunakan beton dengan agregat kecil.



**Gambar 6.136 - Pembersihan sisa pemotongan**

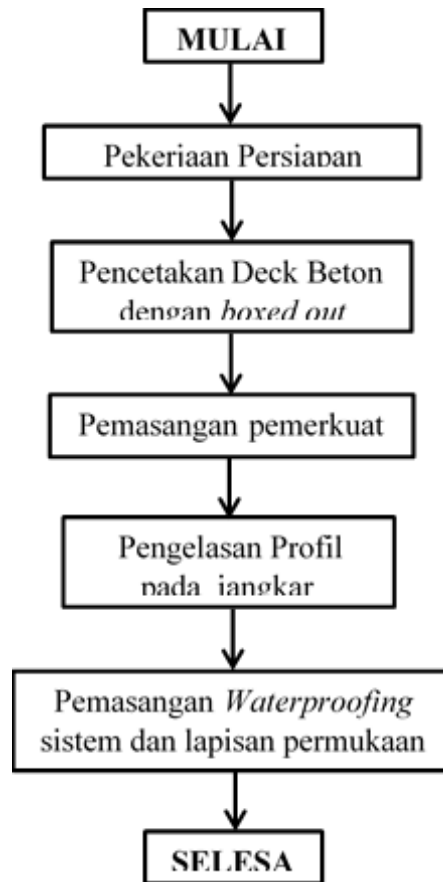
- c) *Waterproofing* sistem dan lapisan permukaan serta penutup sambungan mulai dipasang.



**Gambar 6.137 - Pembersihan sisa pemotongan**

## 2. Bagan Alir Pelaksanaan Siar Muai Tipe *Strip Seal*

Proses pelaksanaan pekerjaan siar muai tipe *strip seal* dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut:



Gambar 6.138 - Bagan alir siar muai tipe strip sea

## 6.9 Corrugated Steel Plate

### 6.9.1 Petunjuk Pemasangan

#### a. Bongkar muat dan penanganan

Pipa tidak boleh dibuang langsung dari kedudukan truk saat dibongkar. Meskipun struktur drainase baja bergelombang menahan penanganan normal mereka harus ditangani dengan hati-hati. Menyeret pipa setiap saat dapat merusak lapisan. Juga hindari batu yang mencolok atau benda keras saat menurunkan pipa ke parit. Karena pipa baja bergelombang relatif ringan, CSP dapat ditangani dengan peralatan ringan. Penggunaan sling dianjurkan untuk menangani pipa dengan benar.

#### b. Menghubungkan (*Band*)

Metode biasa untuk menggabungkan dua atau lebih panjang pipa atau lengkungan pipa adalah dengan menghubungkan penghubung baja. *Band* ini mengikat ujung setiap bagian pipa. *Band* penghubung ditempatkan untuk tumpang tindih setiap bagian pipa sama. Kerutan pada pita harus sesuai dengan kekusutan setiap pipa. Pengetatan baut menarik *band* erat-erat di sekitar ujung-ujung panjang pipa yang berdekatan, memberikan struktur integral dan berkelanjutan. Satu potongan *band* digunakan untuk

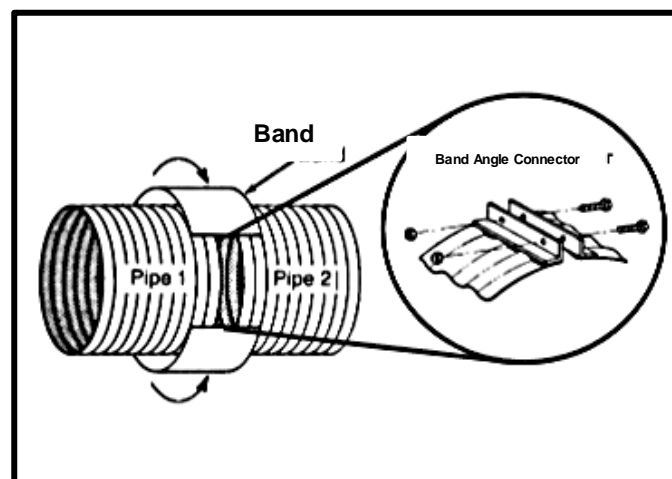
sebagian besar instalasi dengan ukuran pipa yang lebih kecil. "Dua potong" *band* digunakan pada pipa diameter yang lebih besar dan ketika kondisi instalasi sulit. Batang dan lugs digunakan pada tanggul, saluran pembuangan udara dan instalasi serupa di mana *band-band* yang memberikan sendi yang lebih kuat. Dan metode pemasangannya. Konektor khusus yang dibaut, dilas atau dipasangkan dapat disediakan untuk digunakan dalam pendongkrakan dan untuk kondisi khusus atau tidak biasa. Jika ujung pipa telah cocok ditandai oleh fabrikator, maka mereka harus dipasang dalam urutan yang tepat.

c. Instalasi Penghubung *Band*

Selama pembangunan sistem pipa baja bergelombang, perawatan harus diberikan pada perakitan sambungan untuk mengontrol infiltrasi dan eksfiltrasi. Kedua proses akan berpengaruh pada bahan pengurukan karena migrasi partikel tanah dapat terjadi. Hal ini terutama berlaku ketika tanah "hujan" halus (pasir halus dan debu) ada di bahan pengurukan. Bila perlu, paking, bungkus geotextile, atau keduanya juga dapat digunakan untuk mengontrol infiltrasi denda. *Band* ditempatkan pada posisi di ujung satu bagian pipa dengan *band* terbuka untuk menerima bagian berikutnya. Bagian berikutnya di balik atau ke dalam 1 inci (25 milimeter) dari bagian pertama. Setelah memeriksa untuk melihat bahwa menghubungkan bagian-bagian dari kedua *band* dan bagian pipa cocok, bahwa bagian dalam *band* dan bagian luar pipa bebas dari kotoran, batu, dll. Baut dimasukkan dan dikencangkan.

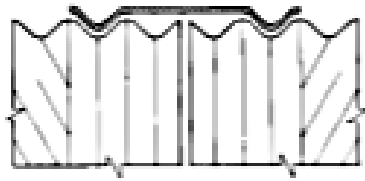
Untuk mempercepat penyambungan, terutama untuk struktur berdiameter besar, akan lebih mudah membantu menarik pita ke atas. Perangkat penggandengan khusus dapat digunakan untuk dipasang di atas pita penghubung dan dengan cepat menggabungkannya. Keuntungan dari perangkat ini adalah bahwa mereka mengizinkan lebih cepat pengetatan tangan baut, sehingga kunci pas diperlukan hanya untuk pengencangan akhir.

Pada pipa berdiameter besar dan pipa berlapis aspal, hanya baut pengencang tidak akan menjamin sambungan yang rapat, karena gesekan antara band dan ujung pipa. Dalam pemasangan seperti itu, tepuk *band* dengan palu untuk mengangkat kendur saat *band* dikencangkan. Kunci yang digunakan untuk mengencangkan sambungan penghubung *band* mungkin soket dalam atau ratchet kunci pas untuk kecepatan yang lebih besar.

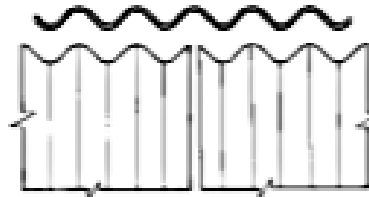


Gambar 6.139 - Band Connector

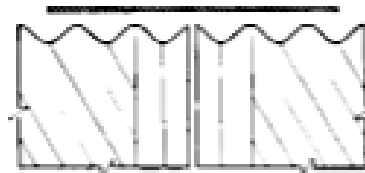
### Standard Couplers



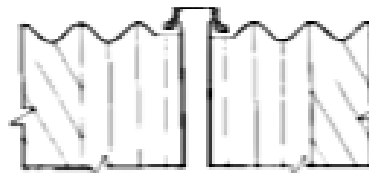
Semi-Corrugated (Hugger)



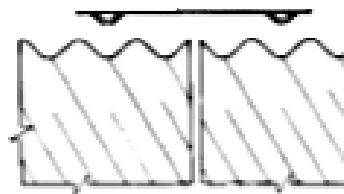
Corrugated (Annular)



Flat



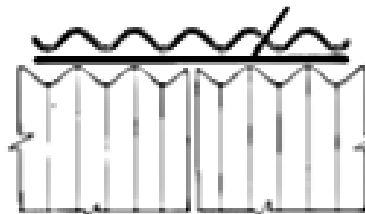
Hat



Universal

### Gasketed Couplers

Sleeve Gasket



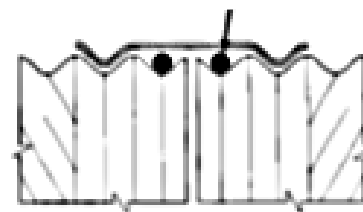
Corrugated (Annular)

Mastic or Gasket



O-Ring

Hat

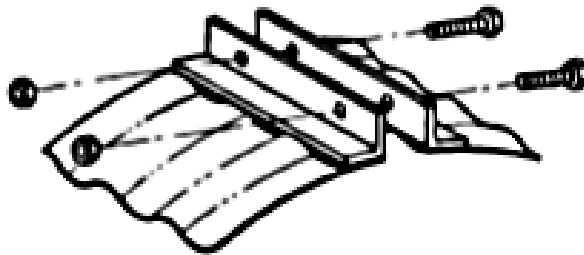


Semi-Corrugated (Hugger)

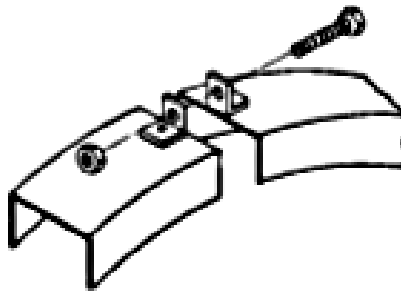
Gambar 6.140 - Standard & Gasketed Couplers

## Standard CSP Band Connectors

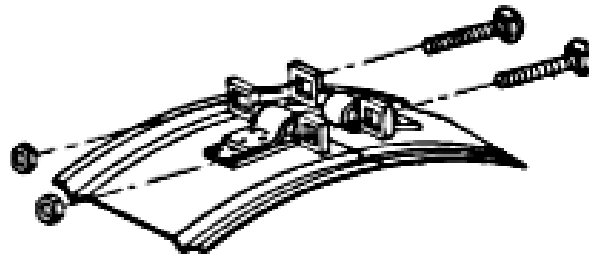
### Band Angle Connector



### Clip or Lug Angle Connector



### Bar and Strap Connector



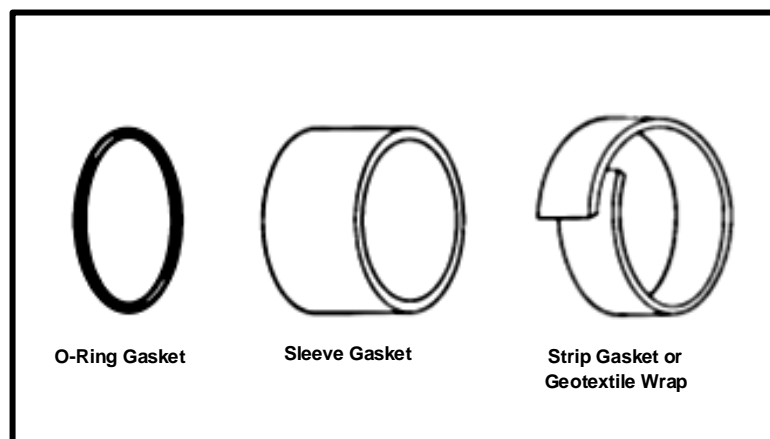
Gambar 6.141 - Band Connector

#### d. Gasket

Karet sel tertutup, karet butil, neoprene, atau gasket karet spons sel tertutup adalah jenis dasar bahan untuk memberikan:

1. Gasket cincin "O" yang tersembunyi dalam kekusutan dan kemudian dibatasi oleh pita setelah sambungan selesai,
2. Gasket pipih yang ditempatkan pada setiap ujung pipa yang membentuk sambungan dan dibatasi oleh pita penghubung,
3. Gasket lembaran datar yang ditempatkan di atas kedua ujung pipa,
4. Paking yang biasanya ditempatkan di saluran konektor *band flanged*.

Untuk semua gasket yang dipasang di lapangan, batang bulat yang halus harus dimasukkan di bawah paking dan berlari mengelilingi keliling dua atau tiga kali untuk menyamakan peregangan dalam paking. Pada pipa yang dilapisi aspal, mungkin perlu untuk membersihkan alur paking untuk memasang paking dengan benar. Penyelarasan dan perakitan bagian pipa sangat penting ketika gasket digunakan. Pelumas harus diterapkan pada paking untuk pemasangan yang tepat seperti yang direkomendasikan oleh pabrikan. Ketika tes ketat diperlukan untuk penerimaan akhir, Penyedia harus melakukan tes sendiri setelah beberapa sambungan dirakit sebagai pemeriksaan metode perakitannya.



**Gambar 6.142 - Tipe-tipe gasket**

#### e. Mastic

Mastic dapat diterapkan pada pita atau pipa penghubung sebelum menempatkan dan mengencangkan pita penghubung. Sejumlah damar wangi yang cukup harus digunakan untuk mengisi ruang sendi antara kerut dan *band* dengan beberapa perasan.

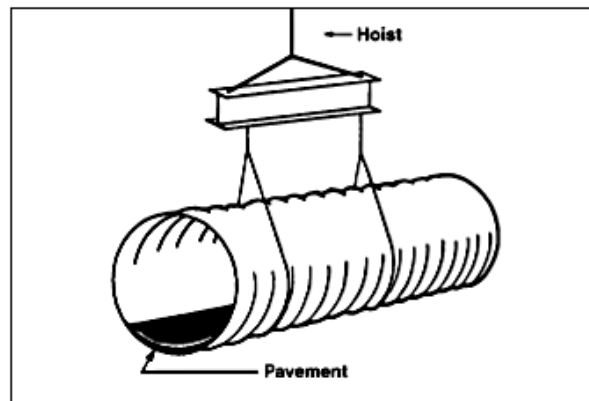
#### f. Pipa Aspal Dilapisi

Meskipun pipa bergelombang berlapis aspal diletakkan dan disambung dengan cara yang sama seperti pipa galvanis, perhatian khusus harus diberikan untuk memasang pita penghubung. Menghubungkan permukaan *band* dan pipa mungkin perlu dilumasi. Hal ini memungkinkan *band* untuk dengan mudah menyelip di sekitar pipa sehingga dapat ditarik lebih kuat ke tempatnya. Pelumasan terutama diperlukan saat permukaan dingin. Selain itu, mengetuk *band* dengan palu selama pengetatan akan membantu memastikan sambungan yang tepat.



g. Pipa Beraspal-Invert

Pipa dengan trotoar terbalik harus disimpan dan dipasang dengan trotoar yang halus dan tebal di bagian bawah. Jika tidak, pemasangan pipa yang di-paving-invert adalah sama dengan pipa baja bergelombang galvanis. Jika kerusakan pada lapisan menghadapkan galvanizing, area tersebut harus ditambal dengan aspal atau aspal sebelum struktur tersebut ditimbun kembali.



**Gambar 6.143 - Erection CSP dengan Hoist**

h. Pipa Berjajar Penuh

Pipa beraspal 100% pada dasarnya merupakan perpanjangan dari paving dalam pipa invert yang diaspal untuk memasukkan seluruh pinggiran. Karena paving menutupi semua kerut interior, pipa tidak harus ditangani secara kasar. Pipa berlapis baja halus dibuat dengan liner baja halus yang dilapisi dengan tepat. Ketika instalasi harus dilakukan dalam cuaca panas, panjang pipa dapat dipesan dengan lapisan putih tambahan pada eksterior pipa untuk mengurangi suhu pipa, jika ingin terkena sinar matahari musim panas yang cerah untuk waktu yang lama. Penyimpanan berkepanjangan pipa berjajar penuh harus dihindari dalam setiap musim.

i. Polymer Coated Pipe

Pipa yang dilapisi polimer harus dipasang dengan cara yang sama seperti pipa yang dilapisi aspal. Pelumasan tidak diperlukan kecuali gasket digunakan.

j. Pipa Arch

Struktur lengkung pipa baja bergelombang dipasang dengan cara yang sama seperti pipa bulat. Rekomendasi mengenai penempatan dan penghubung berbagai jenis pipa juga berlaku untuk pipa-lengkungan. Namun, karena bentuknya, perhatian khusus harus diambil dalam memasang struktur lengkungan pipa. (Lihat halaman 30.) Karena bentuknya yang multi-radius, lengkungan pipa tidak dimaksudkan untuk kebocoran terbatas atau aplikasi penutup tinggi.

k. Struktur Struktural Struktural Lapangan Dilapisi

Lapisan dilapisi lapisan damar wangi harus diterapkan sesuai petunjuk aplikasi pembuat dan lembar data keamanan bahan (MSDS). Pelapisan harus diaplikasikan pada permukaan bersih, bebas dari kotoran, minyak, lemak, atau benda asing lainnya, dan kelembabannya cukup rendah sehingga permukaan logam dapat tetap kering. Pelapisan dapat diterapkan dengan semprotan, sikat, atau sekop seperti yang disyaratkan oleh pabrikan untuk mencapai ketebalan kering yang seragam (1,3 mm).

## I. Struktur Pelat Struktural

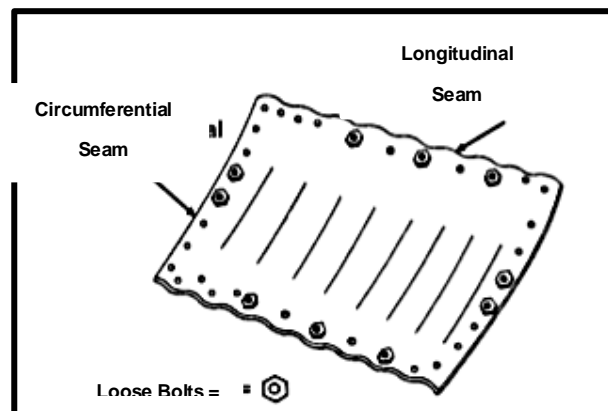
Perbedaan utama antara pelat struktural dan pipa fabrikasi pabrik adalah bahwa pelat struktural dirakit dengan menyatukan fabrikasi pelat baja bergelombang di lokasi pemasangan. Truk biasanya mengirimkan tumpukan pelat melengkung ke lokasi dan peralatan diperlukan untuk mengangkat tumpukan seperti itu secara utuh. Pelat individu dapat dilepas dan diposisikan dengan peralatan ringan. Persiapan dasar dan penimbunan adalah sama seperti yang dijelaskan untuk pipa baja bergelombang.

### m. Alat yang Diperlukan

Alat yang tepat akan mempercepat pemasangan pelat struktural. Mereka termasuk kunci pas struktural dan soket, panel bar, pin drift dan menangani kait. Jika kunci pas daya digunakan, periksa baut dengan sangat hati-hati karena mudah untuk kunci pas ini untuk keluar dari penyesuaian. Penggunaan yang tepat dari kunci soket struktural yang ditangani panjang atau kunci momen akan menjamin bahwa baut dikencangkan dengan benar.

### n. Pemasangan

Setiap struktur pelat struktural dikirimkan lengkap dengan semua pelat, baut dan mur yang diperlukan untuk ereksi. Di dalam salah satu wadah baut (ditandai dengan jelas) adalah instruksi ereksi rinci, menunjukkan posisi masing-masing piring dan urutan perakitan.



**Gambar 6.144 - Seam**

Struktur pelat struktural harus dirakit dengan baut sesedikit mungkin sampai semua pelat berada di tempatnya. Tiga atau empat baut "finger tight" yang ditempatkan di dekat bagian tengah setiap lempeng sepanjang longitudinal dan keliman sirkumferensial sudah cukup.

Setelah beberapa cincin (cincin adalah rangkaian melingkar dari pelat yang diperlukan untuk membuat satu lingkaran kontinyu) telah dirakit, baut yang tersisa dapat dipasang, tetapi tidak dibalut ketat, selalu bekerja dari pusat jahitan ke arah sudut pelat. Jangan memasukkan baut sudut sampai semua yang lain terpasang dan dikencangkan. Menyelaraskan lubang baut dengan palang dilakukan lebih mudah saat baut longgar. Drifting, dengan pin drift, paling baik dilakukan ketika baut yang berdekatan ketat. Kencangkan mur secara progresif dan seragam, dimulai pada salah satu ujung struktur, setelah semua pelat telah dirakit. Kemudian ulangi operasi untuk memastikan bautnya kencang. Dari 100 hingga 300 kaki-pon (140 hingga 400 newton ~ meter) torsi harus diterapkan. lihat petunjuk perakitan pabrikan.



**Gambar 6.145 - Perletakan CSP**

o. Perawatan Akhir

Dalam banyak kasus, ujung pipa baja bergelombang yang diproyeksikan, melalui tanggul dapat secara sederhana ditentukan sebagai ujung persegi, yaitu tidak miring atau miring. Ujung persegi adalah biaya terendah dan mudah disesuaikan dengan proyek pelebaran jalan. Untuk struktur yang lebih besar, lereng dapat melengkung di sekitar ujungnya untuk menghindari kemiringan yang parah atau bevel pada ujung

pipa dalam banyak kasus. Bila diinginkan untuk pertimbangan hidraulik, bagian akhir yang menyala dapat dilengkapi untuk pipa buatan pabrik.

Bagian akhir seperti itu dapat dikunci langsung ke pipa. Ketika ditentukan, ujung-ujung struktur baja bergelombang dapat dipotong (miring atau miring) agar sesuai dengan kemiringan tanggul. Namun, pemotongan ujungnya menghancurkan kemampuannya bagian akhir dari struktur untuk menahan kompresi cincin dan gaya pengangkatan. Jadi, diakhiri dengan luka berat harus diperkuat, terutama pada struktur yang lebih besar.

p. Pemotongan Akhir

Dengan memotong ujung struktur baja bergelombang, kebutuhan akhir akhir tambahan sering dapat dihilangkan. Pemotongan ujung, dipasang ke lereng tanggul yang ditentukan, dilengkapi oleh fabrikator. Struktur baja bergelombang dapat diberikan dengan step-bevel, bevel atau kombinasi condong dan miring.

Disarankan kemiringan tanggul di sekitar bevel atau potongan miring dari struktur dilindungi terhadap erosi dan perpipaian dengan memotong-motong di sekitar ujung struktur dengan batu, kantong yang diisi dengan campuran pasir-semen kering, atau dengan menggunakan perkerasan miring lereng.

Sudut maksimum yang diizinkan untuk memotong ujung miring miring tergantung pada rentang pipa (atau untuk beberapa lintasan, rentang gabungannya) serta kemiringan pengisian. Rentang yang lebih besar atau lereng yang lebih curam membatasi tingkat kemiringan yang dapat digunakan tanpa penguatan. Ketika sudut miring yang diizinkan terlampaui, ujung potongan harus diperkuat dengan pemasangan bata, Gelagar beton atau Gelagar ring. Untuk struktur bentang yang lebih besar atau banyak berjalan, batas ini perlu dilihat dalam hal menjaga keseimbangan keseimbangan tekanan tanah dari sisi ke sisi, tegak lurus dengan garis tengah struktur.

Untuk struktur tunggal atau ganda, insinyur desain harus memberikan penguatan dan perlindungan akhir yang tepat dalam rencana dan spesifikasi. Long bevel untuk lereng lebih besar dari 2: 1 dengan atau tanpa skew, harus dihindari. Ujung potongan panjang membutuhkan perawatan ekstra dalam desain, pemasangan dan pengurukan. Lebih baik menggunakan bevel yang curam tanpa kemiringan dan kemudian melengkung lereng pengisi agar sesuai dengan struktur. Memotong ujung-ujung struktur baja bergelombang, di mana bevel melebihi 2: 1 dan / atau condong lebih besar dari 15 derajat, harus memiliki ujung yang diperkuat dengan pasangan bata atau kerangka beton dan berlabuh sesuai dengan spesifikasinya. Informasi yang lebih mendalam tentang batas desain diberikan dalam Buku Pegangan AISI dari Pembuangan Besi dan Produk Konstruksi Jalan Raya.

q. Cut-off Walls

Dinding cut-off melindungi struktur dari tekanan pengangkatan hidraulik di bawah invertnya dan dari gaya aliran dinamis. Sementara dinding cut-off sering tidak diperlukan dalam aplikasi berdiameter kecil, pipa equalizer, dll, struktur yang lebih besar, pipa dengan radius bawah yang besar seperti lengkungan pipa atau pipa lain dalam aplikasi di mana arus cepat atau tingkat air naik atau turun dengan cepat lebih rentan terhadap kerusakan hidraulik. Kondisi terakhir ini harus diselidiki oleh insinyur desain.

r. Bagian Akhir

Bagian Akhir memberikan metode praktis dan ekonomis untuk menyelesaikan gorong-gorong. Bagian-bagiannya melekat pada ujung pipa atau pipa yang diakhiri oleh konektor sederhana — mirip dengan coupling *band* yang digunakan untuk menyambung bagian pipa — dan dapat sepenuhnya diselamatkan jika pemanjangan atau relokasi gorong-gorong diperlukan.

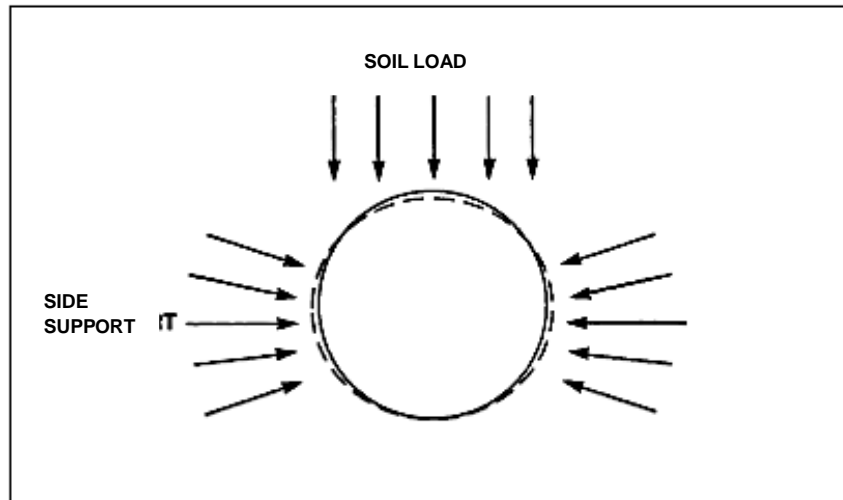
s. Selesai Akhir Lainnya

Sementara struktur baja bergelombang biasanya tidak membutuhkan headwalls, hampir semua jenis dapat digunakan. Di mana tanggul harus dikurung, headwalls baja penuh atau setengah tinggi dipagari keduanya efisien dan ekonomis. Jika diperlukan untuk penampilan, beton atau batu headwalls atau setengah headwalls juga dapat digunakan pada semua jenis struktur drainase baja bergelombang. Namun, seperti halnya dengan pipa yang kaku, headwalls harus didukung oleh fondasi yang memadai.

## 6.9.2 Timbunan

a. Umum

Daya dukung beban dari semua jenis pipa sangat tergantung pada penimbunan kembali yang tepat. Pipa baja bergelombang membangun sisi pendukung saat mereka membelok di bawah beban. Oleh karena itu untuk mendapatkan kekuatan maksimum dan mencegah pencucian dan penyelesaian, perlu bahwa pengurukan terbuat dari bahan yang baik, ditempatkan dengan benar, dipadatkan dengan hati-hati dan dilindungi.



**Gambar 6.146 - Timbunan CSP**

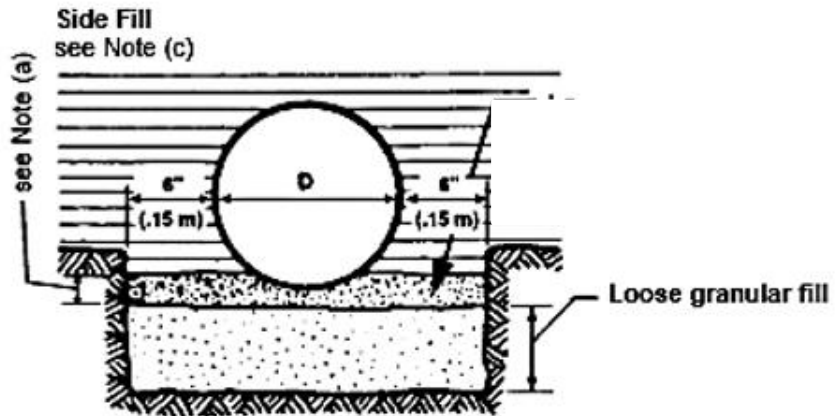
b. Bahan

Bahan yang dipilih dan dapat diolah mencapai hasil terbaik. Namun, banyak bahan pengisi lokal dapat melakukan pekerjaan itu jika ditempatkan dan dipadatkan dengan hati-hati. Hubungi insinyur desain atau insinyur tanah untuk pemilihan pengurukan yang tepat. Material butiran bergradasi bagus yang mengandung sejumlah kecil lanau atau tanah liat sangat ideal karena membuat isi yang padat dan stabil. Mengisi material harus bebas dari batu dan gumpalan tanah keras berukuran lebih dari 3 inci (75 milimeter). Itu tidak boleh mengandung bahan beku, tanah, abu atau tanah yang mengandung bahan organik.

1. Intalasi Pipa dan Dudukan (*Bedding*)

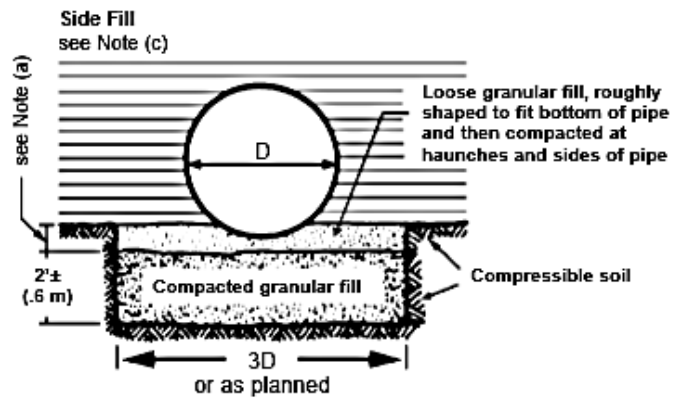
Catatan

- a) Untuk pipa pelat struktural, panjang dudukan pipa tidak perlu melebihi lebar pelat bawah.
2. Bedding dari butiran bulat longgar yang dibentuk secara kasar agar sesuai dengan dasar pipa. Ketebalan minimum sebelum menempatkan pipa harus sebagai berikut:
  - a) 1 inci (25mm) untuk 1/2 inci (13mm) kerut dalam
  - b) 2 inci (50mm) untuk 1 inci (25mm) kerut dalam 3 inci (75mm) untuk kedalaman
  - c) 2 inci (50mm) kerut
3. Isi sisi untuk dipadatkan dalam 6 hingga 8 inci (0,15 hingga 0,20 meter) dari lapisan yang dipadatkan untuk kepadatan yang ditentukan untuk tanggul yang berdekatan, tetapi tidak kurang dari 90% Standard Proctor Density (AASHTO T99).
  - a) Lebar dudukan bisa jadi 1 diameter kecuali untuk lengkungan pipa di mana dibatasi hingga maksimum 2/3 span.



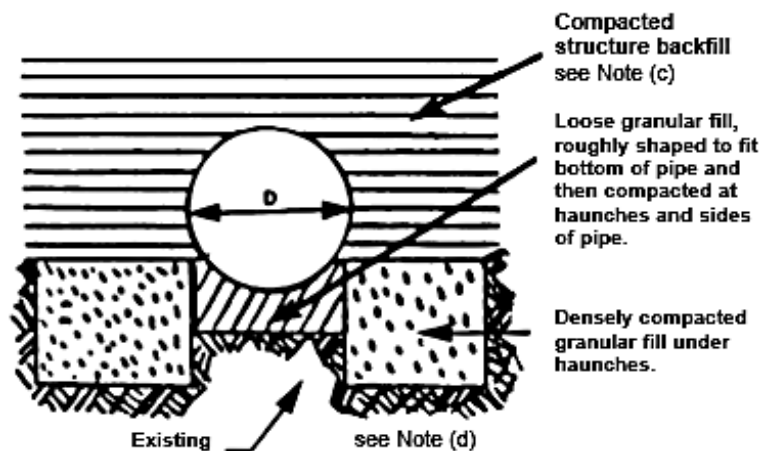
Gambar 6.147 - Timbunan Sisi

4. Instalasi Pipa di Atas Batu



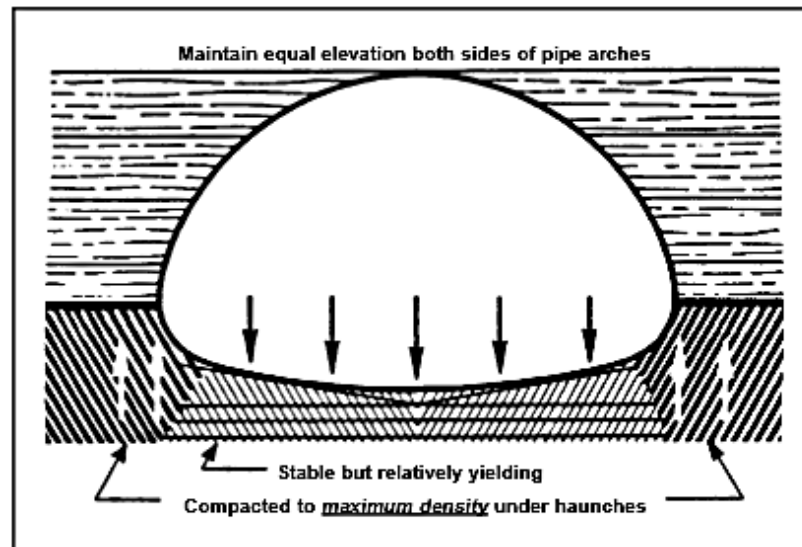
Gambar 6.148 - Timbunan tanah granular

5. Stabilisasi Pondasi untuk Struktur Diameter Kecil



Gambar 6.149 - Stabilisasi Pondasi Diameter Kecil

6. Stabilisasi Pondasi untuk Struktur Berdiameter Besar.



Gambar 6.150 - Stabilisasi Pondasi Diameter Besar

c. Pipa Lengkung/Busur

Perhatian khusus harus diberikan untuk pemadatan pengurukan bawah lengkungan pipa lengkungan. Pondasi yang lebih lunak atau lebih rendah di bawah bagian bawah, dibandingkan dengan sudutnya, sangat penting. Sebuah dudukan berbentuk vee untuk lengkungan pipa yang lebih besar direkomendasikan.

d. Lengkungan/Busur

Perawatan harus diambil di lengkungan penimbunan, terutama lengkungan setengah lingkaran, karena mereka memiliki kecenderungan untuk bergeser ke samping atau ke puncak di bawah beban penimbunan. Cara yang ideal adalah untuk menutupi lengkungan di lapisan-lapisan yang sesuai dengan bentuk lengkungan. Jika satu sisi ditimbun lebih dari yang lain, lengkungan akan menjauh dari beban yang lebih besar. Jika kedua sisi ditimbun sama rata dan dipadatkan secara menyeluruh, bagian atas lengkungan mungkin memuncak kecuali cukup isi telah ditempatkan di atasnya untuk menahan dorongan ke atas. Tindakan pencegahan ini berlaku juga untuk struktur baja bergelombang lainnya, tetapi pada tingkat yang lebih rendah.

Ketika backfilling lengkungan sebelum headwalls ditempatkan, material pertama harus ditempatkan di tengah antara ujung lengkungan, membentuk sebagai jalan setapak yang sempit mungkin sampai bagian atas lengkungan tercapai. Tanjakan harus dibangun secara merata dari kedua sisi dan bahan pengurukan harus benar-benar dipadatkan saat ditempatkan. Setelah dua landai dibangun ke kedalaman yang ditentukan ke bagian atas lengkungan, sisa pengurukan harus ditempatkan dan dipadatkan dengan memanjang tanjakan dua arah dari pusat ke ujung, dan sedapat mungkin di kedua sisi lengkungan.

Jika headwalls dibangun sebelum lengkungan ditimbun, bahan pengurukan harus ditempatkan berdekatan dengan masing-masing headwall, menempatkan dan memadatkan material secara merata di kedua sisi struktur sampai bagian atas lengkungan tercapai. Kemudian pengurukan harus dilanjutkan ke pusat dengan memperluas ramp; dengan hati-hati dibawa ke tempat dan memadatkan material secara

merata di kedua sisi lengkungan. Pemuatan teratas akan membantu mengontrol memuncak.

### 6.9.3 Jenis Peralatan Pematatan

a. Pematatan Tangan

Untuk pematatan daerah kecil di bawah bentangan struktur, tiang atau 2 x 4 umumnya diperlukan. Hand tampers untuk lapisan horizontal harus memiliki berat tidak kurang dari 20 pon (9 kilogram) dan memiliki wajah tamping yang tidak lebih besar dari 6 x 6 inci (150 x 150 milimeter).

b. Mechanical Compactor

Sebagian besar jenis power tampers memuaskan di semua kecuali area yang paling terbatas. Namun, mereka harus digunakan dengan hati-hati dan lengkap di seluruh area setiap lapisan untuk mendapatkan pematatan yang diinginkan. Hindari mencolok struktur dengan alat tamping listrik.

c. Roller Compactor

Jika ruang memungkinkan, sheepsfoot (disarankan hanya untuk tanah liat dan lumpur), karet yang lelah dan jenis roller lainnya — dengan pengecualian rol halus — dapat digunakan untuk meng-compact backfill. Tetapi pengisian yang berdekatan dengan struktur harus dipadatkan dengan peralatan listrik tangan atau tangan.

d. Vibrating Compactor

Vibrating compactor dapat digunakan secara efektif pada semua jenis pengurukan kecuali tanah liat yang tebal atau tanah plastik lainnya. Peralatan kecil berjalan di belakang sangat cocok untuk instalasi parit.

e. Pematatan Hidraulik

Penggunaan air yang membanjir dan / atau pengaliran untuk memadatkan pengurukan di sekitar pipa terbatas pada pematatan tanah granular yang bersih. Agar efektif, fondasi di bawah pipa harus cukup permeabel untuk membawa air ke bawah dan pergi dengan cepat. Pengisian ulang di sekitar dan tepat di atas pipa harus ditempatkan dan dipadatkan dalam lift individual dengan ketebalan 6 sampai 8 inci (150 hingga 200 milimeter) dari ketebalan yang dipadatkan.

f. Perlindungan Struktur

Seringkali, beban konstruksi melebihi beban desain selesai untuk struktur. Selain itu, selama berbagai fase perakitan, pengurukan dan konstruksi struktur biasanya lebih rentan terhadap beban dan gaya hidrolis karena pengurukan, perawatan akhir, dll. Tidak lengkap. Struktur baja bergelombang harus dilindungi dengan baik.

g. Beban Konstruksi

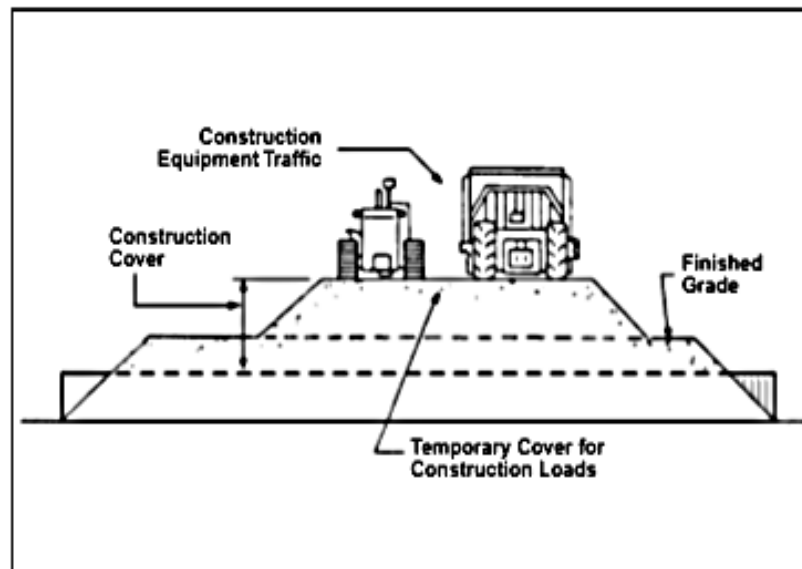
Seringkali, peralatan konstruksi berat diperlukan untuk melakukan perjalanan di atas struktur baja bergelombang yang terpasang selama penyelesaian grading, paving atau pekerjaan lokasi lainnya. Peralatan konstruksi berat dapat memaksakan beban terkonsentrasi jauh lebih dari struktur yang dirancang untuk dibawa.



h. Perlindungan yang memadai terhadap struktur baja bergelombang mungkin memerlukan lebih dari sekedar mengisi desain yang sudah jadi. Jumlah pengisian tambahan yang dibutuhkan tergantung pada beban gandar peralatan serta frekuensi penggunaan.

i. Perlindungan Hidraulik

Selama instalasi, sebelum penyelesaian pengurukan, perawatan akhir permanen, perlindungan lereng, kontrol aliran, dll., Struktur rentan terhadap badai dan kondisi aliran kurang dari tingkat desain akhir. Gaya aliran hidraulik pada ujung yang tidak dilindungi, beban pengurukan yang tidak seimbang, hilangnya pengurukan dan dukungan karena erosi dan gaya pengangkatan adalah contoh faktor yang harus dipertimbangkan. Sementara panduan ditawarkan di beberapa bagian di atas, perlindungan sementara mungkin perlu dibangun. Gaya hidraulik dapat mengapung dalam struktur lengkap tanpa perlindungan atau gesper terbalik (radius terbalik besar sangat rentan terhadap tekuk) jika fondasi, lapisan atau pengurukan kembali menjadi jenuh. Penyaluran aliran yang tepat melalui struktur aktif, menempatkan perawatan akhir dan perlindungan lereng sedini mungkin disarankan. Melindungi struktur dan instalasi parit terkompresi dari kolam.

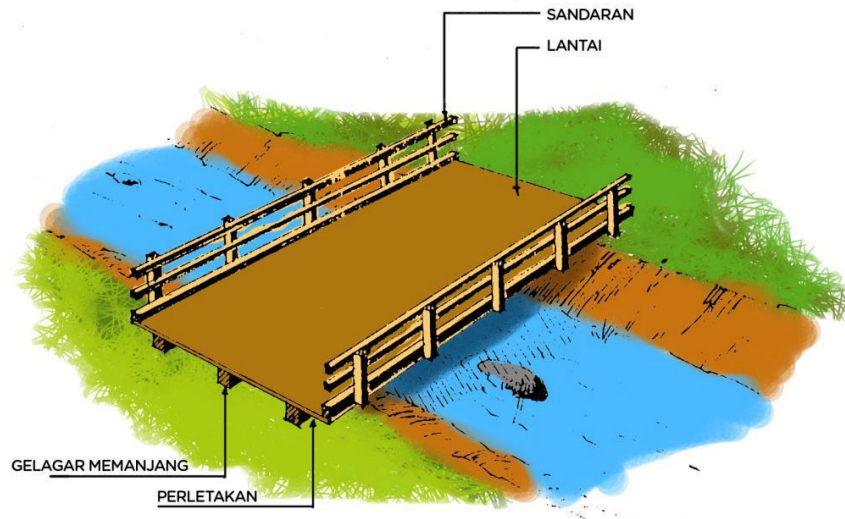


**Gambar 6.151 - Pemadatan dengan alat berat**

## 6.10 Jembatan Kayu

### 6.10.1 Umum

Jembatan sederhana untuk pedesaan dapat berupa jembatan kayu, jembatan bambu tipe sokongan, jembatan gantung dan jembatan pelimpas. Jembatan kayu dan jembatan pelimpas diperuntukan untuk lalu lintas pedesaan dengan berat total 7 ton. Sedangkan jembatan bambu dan jembatan gantung hanya diperuntukan untuk pejalan kaki dan kendaraan roda dua.

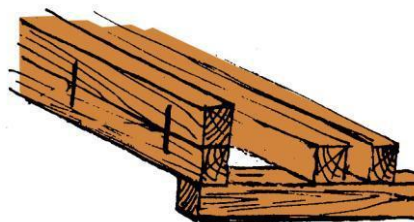


**Gambar 6.152 - Jembatan kayu bentang 5 m**

### 6.10.2 Bahan

#### a. Kayu Gelagar

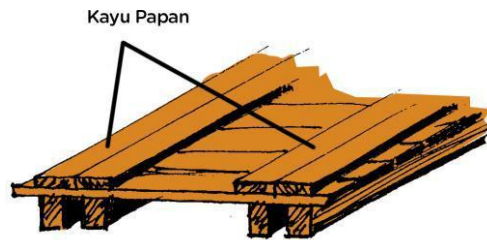
Kayu Gelagar digunakan untuk elemen Gelagar memanjang dan Gelagar melintang dengan menggunakan kayu kelas I atau kelas II.



**Gambar 6.153 - Gelagar kayu Jembatan**

b. Kayu Papan

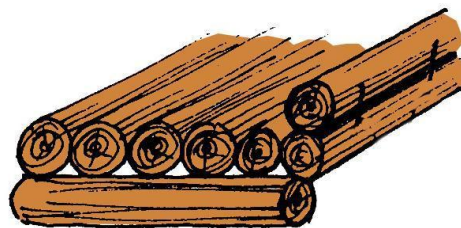
Kayu papan digunakan untuk elemen lantai dengan menggunakan kayu kelas I atau kelas II.



**Gambar 6.154 - Kayu Papan**

c. Kayu Gelondongan

Kayu gelondongan digunakan untuk elemen Gelagar memanjang dan Gelagar melintang dengan menggunakan kayu kelas I atau kelas II.



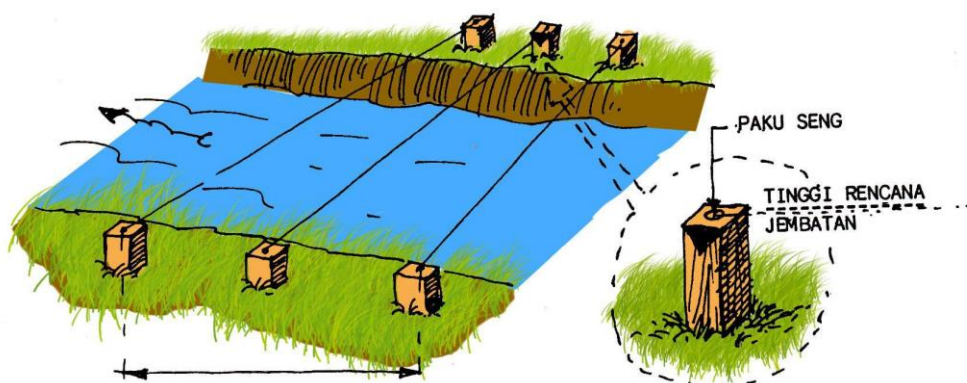
GELONDONGAN/BALAK

**Gambar 6.155 - Kayu Gelondongan/Balak**

### 6.10.3 Metode Pelaksanaan

a. Pekerjaan Pematokan Pada Jembatan Kayu

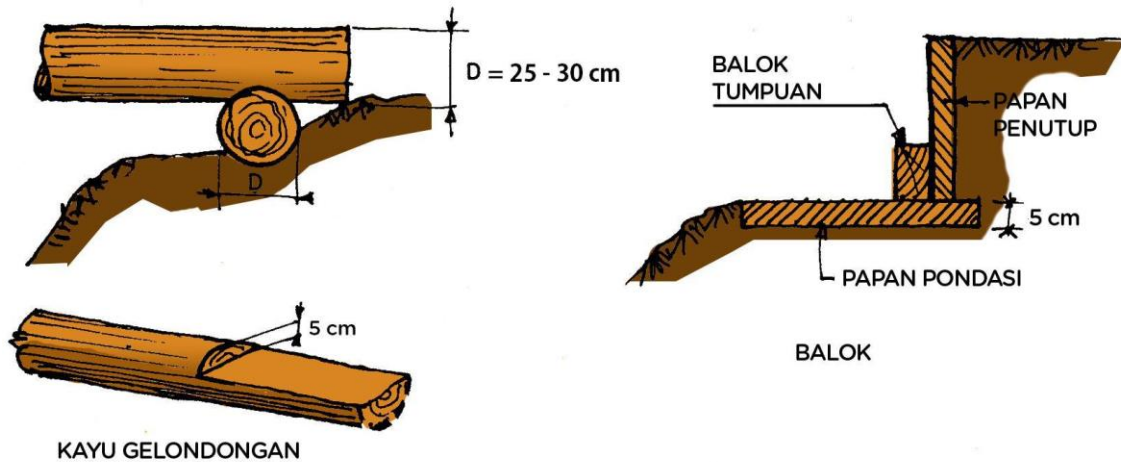
Tetapkan as dan lokasi jembatan dengan menggunakan patok-patok dan benang, perhatikan tinggi rencana jembatan dengan memberi tanda pada patok-patok tersebut.



**Gambar 6.156 - Pemasangan Pematokan**

b. Kepala Jembatan Kayu

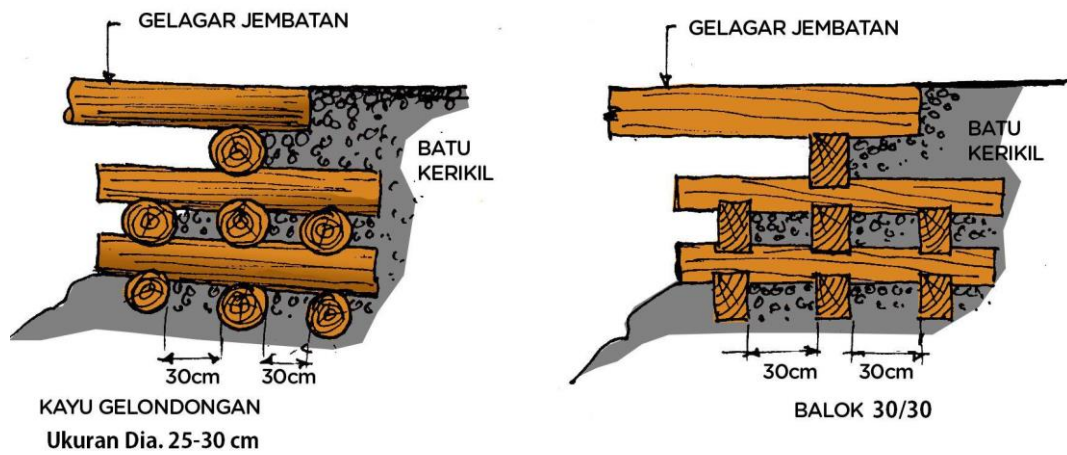
Tepi sungai yang tinggi dan stabil, tanah baik. Gali tanah untuk menempatkan Gelagar tumpuan kayu gelondongan/Gelagar kayu persegi di lokasi yang stabil, aman terhadap longsor dan cukup jauh dari muka air banjir. Untuk kayu gelondongan bagian atasnya diratakan memanjang setebal 5 cm.



**Gambar 6.157 - Kepala Jembatan Kayu**

c. Tahap Pemasangan Kepala Jembatan

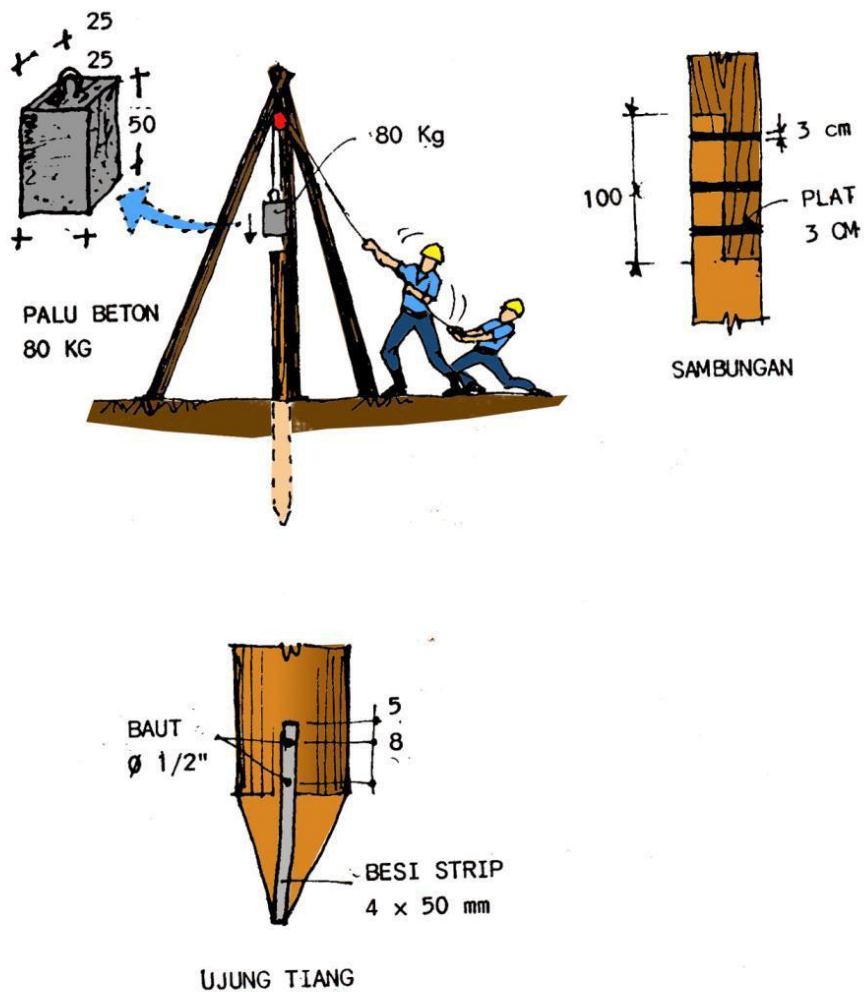
1. Gali tanah sedalam  $\pm 30 \text{ cm}$  kemudian letakkan 3 batang kayu gelondongan diameter 25-30 cm/Gelagar ukuran 30/30 dengan panjang  $\pm 5 \text{ m}$  kearah melintang dengan jarak bersih antara batang  $\pm 30 \text{ cm}$ .
2. Letakkan kayu gelondongan/Gelagar untuk lapisan kedua pada arah tegak lurus dengan lapisan pertama panjang  $\pm 2,5 \text{ m}$  dengan jarak dan ukuran yang sama dengan lapisan pertama. Pertama hubungan antara bagian atas dan bagian bawah dengan cara menakik bidang kontak setebal masing-masing  $5 \text{ cm}$ .
3. Letakkan kayu gelondongan/Gelagar untuk lapisan ketiga dengan susunan sama dengan lapisan pertama.
4. Letakkan kayu gelondongan/Gelagar untuk lapisan keempat dengan susunan sama dengan lapisan kedua.
5. Letakkan kayu gelondongan/Gelagar satu batang sebagai tumpuan, untuk kayu gelondongan bagian atasnya diratakan setebal  $5 \text{ cm}$ .
6. Lapis demi lapis pada antara susunan belakang ditimbun batu kerikil dan dibungkus dengan kawat kisi-kisi.



Gambar 6.158 - Kepala jembatan kayu

d. Pilar Dengan Pondasi Tiang Pancang Kayu

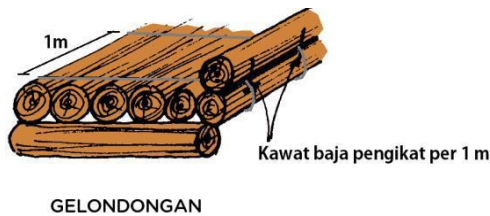
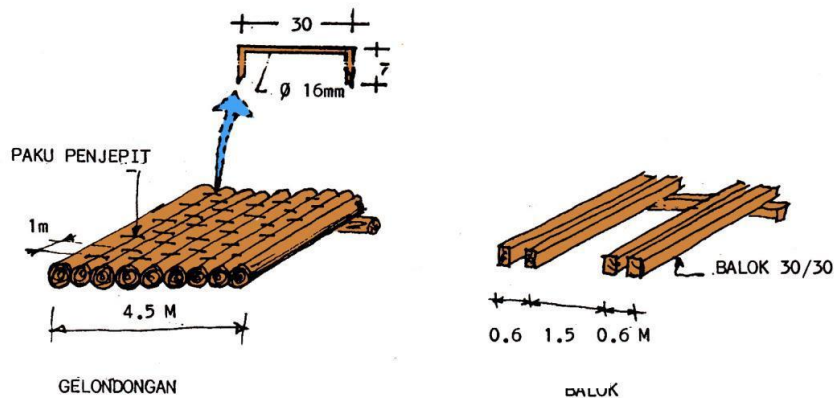
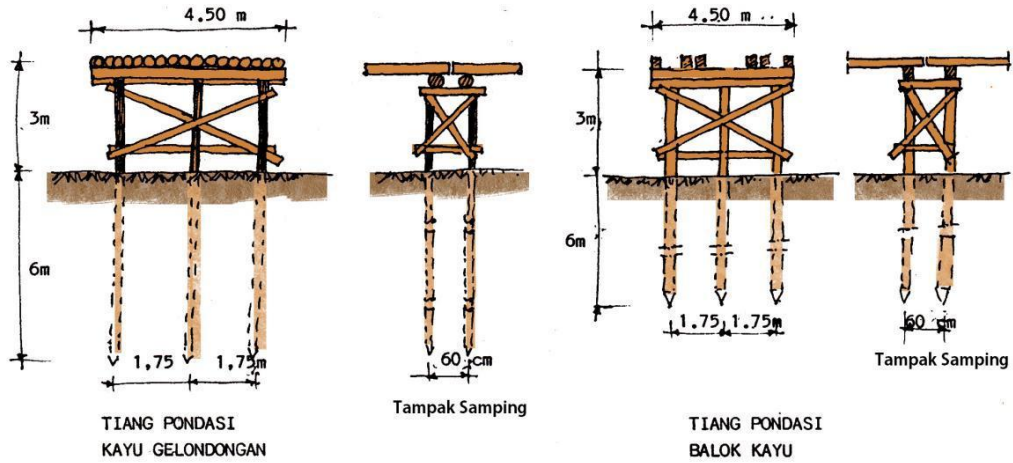
Untuk seksi pemancangan tiang pancang kayu dapat dilihat pada Bab Fondasi Subbab Fondasi.



Gambar 6.159 - Pembuatan pilar dengan pemancangan kayu

e. Pemasangan Gelagar Kayu

Pasang kayu Gelagar antara kepala jembatan dan pilar sesuai lebar rencana jembatan. Pakukan paku pengapit pada setiap kayu memanjang yang berdekatan dengan jarak 1 m. Cara pemakuan diselang-seling. Atau pengikatan dapat menggunakan baja seling yang mengikat seluruh kayu gelondongan setiap 1 m.

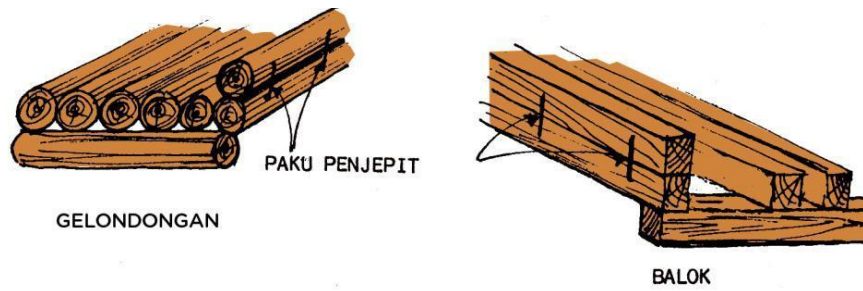


Gambar 6.160 - pemasangan brace kayu dan lantai kayu

f. Pemasangan Penjepit

Di atas Gelagar pada kedua sisi dipasang masing-masing satu batang sebagai batas tepi dengan cara dipaku dengan paku pengapit.

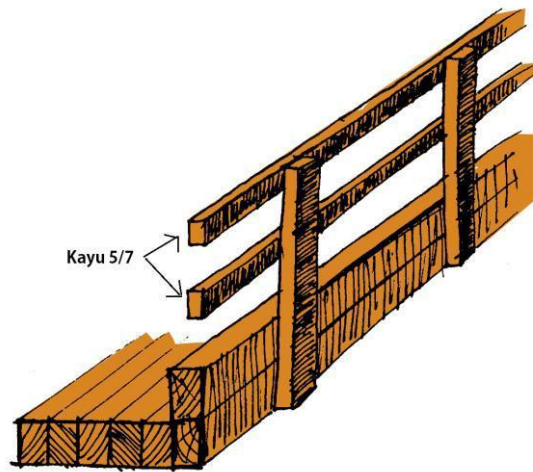




**Gambar 6.161 - tipe Gelagar kayu**

g. Tiang sandaran

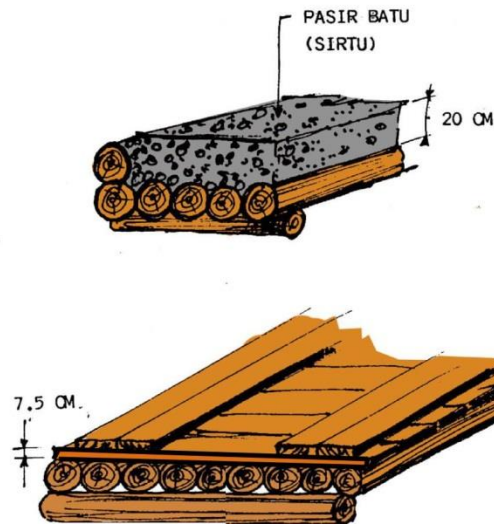
Pasangkan tiang sandaran kayu 5/7 dengan memakunya pada Gelagar tepi.



**Gambar 6.162 - Sandaran kayu**

h. Track Kendaraan

Hamparkan lapis pasir batu setebal 25 - 30 cm yang dipadatkan di atas lantai jembatan.  
Lapis pasir batu dapat diganti dengan papan kayu.



**Gambar 6.163 - jalur kendaraan dan pejalan kaki**



**Gambar 6.164 - jalur kendaraan**



## 6.11 Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3)

### 6.11.1 Pekerjaan Pemasangan Unit Pracetak

#### a. Pengukuran dan pematokan

Pekerjaan Pengukuran dan Pematokan pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Gangguan kesehatan atau gangguan fisik akibat pekerja tidak memakai perlengkapan kerja yang sesuai dengan syarat,
2. Kecelakaan atau tertabrak kendaraan pada saat melakukan pengukuran di jalan raya,
3. Terluka pada kaki atau tangan akibat terkena paku atau palu.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Pengukuran dan Pematokan pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan yaitu:

1. Pelaksanaan pengukuran dan pematokan harus dilakukan oleh pekerja yang terampil serta berpengalaman dibidangnya,
2. Memasang rambu-rambu pada lokasi pekerjaan untuk melindungi personel yang bekerja dari kendaraan yang melintasi proyek dan menempatkan petugas bendera di semua tempat kegiatan pelaksanaan,
3. Pekerja harus memakai pakaian dan perlengkapan kerja yang sesuai (Sarung tangan, sepatu boot dan helm) serta memenuhi syarat.

#### b. Penyiapan

Pekerjaan Penyiapan pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Kecelakaan akibat alat yang digunakan (memasang kabel, penarikan kabel),
2. Kecelakaan akibat kabel-kabel yang akan ditarik,
3. Kecelakaan akibat landasan kabel yang tidak kuat (rubah, tertimpa bahan bangunan).

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Penyiapan pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan yaitu :

1. Sebelum kegiatan dimulai peralatan yang akan digunakan (alat pengangkat, dongkrak dll) diperiksa/dikalibrasi oleh orang yang ahli dibidangnya,
2. Kabel-kabel diperiksa oleh orang yang ahli dibidangnya,
3. Landasan untuk mendukung gaya prategang selama operasi pra tegang harus dirancang dan dibuat untuk menahan gaya-gaya yang timbul selama operasi prategang.

#### c. Penarikan kabel

Pekerjaan Penarikan Kabel pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Kecelakaan pada saat operasi penarikan kabel,
2. Kecelakaan akibat dongkrak yang dipakai sebagai penunjang operasi penarikan kabel (dongkrak jebol, meleset, tumpuan roboh),
3. Kecelakaan akibat pelepasan dongkrak,
4. Kecelakaan akibat penggunaan *Crane*/dongkrak/alat pengangkat dan alat bantu lain serta manusia.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Penarikan Kabel pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan yaitu :

1. Operasi penarikan kabel harus dikerjakan oleh tenaga yang terlatih dan berpengalaman dibidangnya.
2. Selama proses penarikan kabel tidak seorangpun berdiri dimuka dongkrak. Sesaat sebelum penarikan kabel tanda-tanda yang cukup jelas harus terpasang pada kedua ujung unit tersebut untuk memperingatkan agar orang tidak mendekati tempat tersebut,
3. Landasan yang menahan beban gaya prategang diberi perancah yang sesuai dan dicek faktor keamanannya. Pada waktu mengangkat dengan dongkrak, dongkrak harus :
  - a) Dipasang pada alas yang kuat,
  - b) Mempunyai posisi yang tepat untuk mengangkat,
  - c) Ditempatkan di tempat-tempat yang tidak ada benda-benda penghalang, pada waktu dongkrak bekerja,
4. Proses pelepasan dongkrak harus dilakukan secara bertahap dan menerus,
5. Pengukuran atau kegiatan lain harus dilaksanakan dari samping dongkrak atau tepat lain yang cukup aman. Dongkrak hidrolik dan dongkrak yang digerakkan oleh tekanan angin (pneumatic) harus diberi alat pengaman untuk mencegah muatan jatuh mendadak bila silinder yang berisi cairan atau udara rusak.

### **6.11.2 Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan**

#### **a. Pengukuran dan pematokan**

Pekerjaan Pengukuran dan Pematokan pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Gangguan kesehatan atau gangguan fisik akibat pekerja tidak memakai perlengkapan kerja yang sesuai dengan syarat,
2. Kecelakaan atau tertabrak kendaraan pada saat melakukan pengukuran di jalan raya,
3. Terluka pada kaki atau tangan akibat terkena paku atau palu.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Pengukuran dan Pematokan pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan yaitu:

1. Pelaksanaan pengukuran dan pematokan harus dilakukan oleh pekerja yang terampil serta berpengalaman dibidangnya,
2. Memasang rambu-rambu pada lokasi pekerjaan untuk melindungi personel yang bekerja dari kendaraan yang melintasi proyek dan menempatkan petugas bendera di semua tempat kegiatan pelaksanaan,
3. Pekerja harus memakai pakaian dan perlengkapan kerja yang sesuai (Sarung tangan, sepatu boot dan helm) serta memenuhi syarat.

b. Penyiapan

Pekerjaan Penyiapan pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Kecelakaan akibat alat yang digunakan (memasang kabel, penarikan kabel),
2. Kecelakaan akibat kabel-kabel yang akan ditarik, 3) Kecelakaan akibat landasan kabel yang tidak kuat (rubah, tertimpa bahan bangunan).

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Penyiapan pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan yaitu :

1. Sebelum kegiatan dimulai peralatan yang akan digunakan (alat pengangkat, dongkrak dll) diperiksa/dikalibrasi oleh orang yang ahli dibidangnya,
2. Kabel-kabel diperiksa oleh orang yang ahli dibidangnya,
3. Landasan untuk mendukung gaya prategang selama operasi pra tegang harus dirancang dan dibuat untuk menahan gaya-gaya yang timbul selama operasi prategang.

c. Penarikan kabel

Pekerjaan Penarikan Kabel pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Kecelakaan pada saat operasi penarikan kabel,
2. Kecelakaan akibat dongkrak yang dipakai sebagai penunjang operasi penarikan kabel (dongkrak jebol, meleset, tumpuan roboh),
3. Kecelakaan akibat pelepasan dongkrak,
4. Kecelakaan akibat penggunaan *Crane*/dongkrak/alat pengangkat dan alat bantu lain serta manusia.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Penarikan Kabel pada Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan yaitu :

1. Operasi penarikan kabel harus dikerjakan oleh tenaga yang terlatih dan berpengalaman dibidangnya.
2. Selama proses penarikan kabel tidak seorangpun berdiri dimuka dongkrak. Sesaat sebelum penarikan kabel tanda-tanda yang cukup jelas harus terpasang pada kedua ujung unit tersebut untuk memperingatkan agar orang tidak mendekati tempat tersebut,

3. Landasan yang menahan beban gaya prategang diberi perancah yang sesuai dan dicek faktor keamanannya. Pada waktu mengangkat dengan dongkrak, dongkrak harus :
  - a) Dipasang pada alas yang kuat,
  - b) Mempunyai posisi yang tepat untuk mengangkat,
  - c) Ditempatkan di tempat-tempat yang tidak ada benda-benda penghalang, pada waktu dongkrak bekerja,
- d. Proses pelepasan dongkrak harus dilakukan secara bertahap dan menerus, Pengukuran atau kegiatan lain harus dilaksanakan dari samping dongkrak atau tepat lain yang cukup aman. Dongkrak hidrolik dan dongkrak yang digerakkan oleh tekanan angin (pneumatic) harus diberi alat pengaman untuk mencegah muatan jatuh mendadak bila silinder yang berisi cairan atau udara rusak.

### 6.11.3 Erection Gelagar

Perencanaan awal yang baik sangat penting untuk pemasangan Gelagar jembatan yang aman. Semua personel harus menyadari bahwa pemasangan elemen apa pun memiliki risiko bahaya dan bahwa tujuan dari proses praperencanaan adalah untuk mengidentifikasi bahaya dan untuk menghilangkan atau mengendalikannya selama proses ereksi. Contoh daftar simak item pemeriksaan pekerjaan ereksi Gelagar beton pracetak dapat dilihat pada Lampiran B. Daftar simak tersebut harus disiapkan oleh Penyedia Jasa dan diperiksa oleh Pengawas K3 serta disetujui oleh Pejabat Pembuat Komitmen. Daftar simak terbagi atas tiga tahap yaitu tahap sebelum ereksi Gelagar, tahap pelaksanaan ereksi Gelagar, dan tahap setelah ereksi Gelagar. Pelaksanaan ereksi Gelagar dapat merujuk pada pedoman yang berlaku tentang pelaksanaan pemasangan Gelagar jembatan tipe I, tipe U, tipe beton bertulang, tipe komposit, dan tipe pelat berongga.

- a. Perencanaan konstruksi dan tahapan ereksi

Sebelum tahapan pabrikan, erektor yang bekerja sama dengan insinyur desain dan Penyedia Jasa harus sudah merencanakan konstruksi secara lengkap dan tahapan ereksinya. Proses perencanaan harus didokumentasikan sebagai bagian dari suatu Metode Kerja dan memperhitungkan:

1. batasan lokasi,
2. akses jalan lokal,
3. ukuran dan bentuk elemen,
4. ukuran pesawat angkat, mobilisasi, dan jalan masuk,
5. urutan pengecoran,
6. penghalang bagian atas, termasuk aliran listrik yang terletak di atas,
7. lokasi terhadap dengan infrastruktur jalan raya dan kereta api terdekat,
8. pekerjaan sementara,
9. Surat Izin Layak Operasi (SILO) dan Surat Izin Operator (SIO)
10. perencanaan manajemen lalu lintas jalan,
11. penentuan lokasi pemasangan Pesawat angkat (*Crane*) dan penyimpanan Gelagar,

12. tidak ada orang yang bekerja di bawah beban yang digantung,
13. akses terhadap ketinggian dan platform kerja yang aman,
14. persyaratan untuk pekerjaan/penggunaan jalan raya dan jalan kereta api,
15. persyaratan keselamatan dan kesehatan kerja dan persyaratan industri konstruksi untuk waktu bekerja maksimum dan waktu istirahat,
16. pencahayaan yang cukup untuk bekerja di malam hari,
17. rencana cadangan untuk antisipasi skenario terburuk,
18. perencanaan lokasi darurat dan pemberitahuan kepada otoritas lokal,
19. pekerjaan di dekat atau di atas air.

Proses perencanaan harus memastikan ketentuan di lapangan tentang:

1. fasilitas untuk pekerja ereksi sesuai dengan pedoman keselamatan kerja yang sesuai,
2. kecukupan akses lapangan untuk metode konstruksi yang diusulkan,
3. akses yang memadai sesuai dengan ukuran Pesawat angkat (*Crane*) dan alat lain yang akan digunakan,
4. akses yang memadai untuk semua moda transportasi yang diperlukan dalam proyek, termasuk truk semi-trailer, trailer yang dapat diperpanjang, transport dollies, dan pesawat angkat,
5. pemeliharaan rutin dan pemeriksaan peralatan yang digunakan untuk mencapai ketinggian agar memastikan kemudahan pelaksanaan dan kelayakannya.

Elemen-elemen harus dipasang sesuai dengan urutan yang direncanakan. Elemen pracetak tidak boleh dipasang di lokasi dalam tujuh hari setelah pengecoran kecuali betonnya telah diuji secara khusus untuk memastikan bahwa kuat rencana terhadap pemasangan seperti yang ditunjukkan pada gambar kerja telah tercapai. Hasil pengujian harus tersedia di lokasi sebelum pengangkutan dan pengangkatan elemen pracetak. Penyedia Jasa harus memberikan verifikasi kepada erektor bahwa beton dalam perancah telah mencapai kekuatan yang dibutuhkan sebelum elemen pracetak diangkat dan dipasang. Metode pengangkatan dan penempatan harus memastikan bahwa kegagalan tiba-tiba dari elemen pracetak atau sistem pengikatan tidak akan membahayakan juru ikat, operator pesawat angkat, atau pesawat angkat.



**Gambar 6.165 - pagar pembatas sebagai sistem pencegahan jatuh**

Jika pekerjaan dilakukan di atas rel kereta api atau jalan raya, langkah- langkah yang harus diambil untuk menyediakan sistem pencegahan jatuh adalah sebagai berikut:

1. tidak ada pemasangan Gelagar atau elemen-elemen di atas lalu lintas eksisting,
2. perlindungan di lokasi setiap saat untuk mencegah jatuhnya objek pada lalu lintas eksisting atau orang di bawahnya,
3. disediakan pagar sementara dengan tinggi paling sedikit 1,8 meter di setiap sisi dek jembatan yang diangkat. Pagar tersebut harus ditutup dengan kain berwarna atau bahan serupa untuk mencegah potensi material tertiuap angin. Karung goni tidak boleh digunakan karena mudah terbakar.

b. Pekerjaan dekat dengan listrik bertegangan tinggi

Pada pekerjaan yang berdekatan dengan jaringan listrik tegangan tinggi, prosedur dan persyaratan yang ditetapkan oleh otoritas kelistrikan harus mencakup:

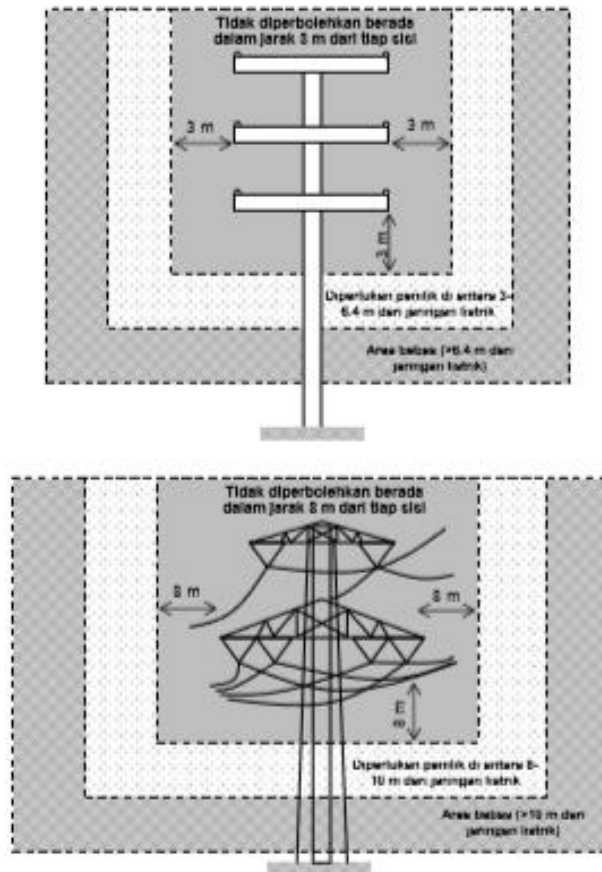
1. Ketentuan untuk pekerjaan dekat dengan jaringan tegangan tinggi khususnya untuk *Crane*, alat pompa beton, dan peralatan penggalian.
2. Ketentuan pengoperasian pekerjaan pengangkatan platform di dekat jaringan listrik tegangan tinggi.
3. Ketentuan untuk pemasangan penyangga yang dekat dengan jalur kabel listrik.
4. Hal yang perlu diperhitungkan adalah ketika Pesawat angkat (*Crane*) harus beroperasi dalam jarak enam meter dari kabel listrik sepanjang jalur rel kereta api. Dalam hal tersebut, diperlukan perizinan akses dari otoritas perkeretaapian (Kementerian Perhubungan dan PT. Kereta Api Indonesia) pastikan sebelum pekerjaan berjalan sudah berunding dengan instansi terkait. Ketika diperlukan izin dari otoritas perkeretaapian atau otoritas distribusi jaringan listrik, izin tersebut harus tersedia untuk pengawas dan operator Pesawat angkat (*Crane*) sebelum pelaksanaan pekerjaan.

c. Persyaratan operasional

Erector yang melakukan pekerjaan selama fase erection dan pengoperasian Pesawat angkat (*Crane*) dalam zona izin yang telah ditentukan, harus memiliki Surat Izin Layak Operasi (SILO) dan Surat Izin Operator (SIO). Pada tahap ini, diperlukan persetujuan dari otoritas kelistrikan (PT. Perusahaan Listrik Negara) dan prosedur kerja yang aman harus digunakan dengan berkonsultasi dengan pihak-pihak terkait.

Ketika bekerja di dalam zona izin yang ditentukan, erektor harus menerapkan langkah-langkah berikut ;

1. Memperlambat siklus operasi normal Pesawat angkat (*Crane*) untuk meningkatkan waktu reaksi yang tersedia untuk menilai jarak.
2. Agar siapapun yang tidak diizinkan oleh erektor untuk menjauh dari area tersebut.
3. Memerintahkan semua staf lapangan untuk berdiri jauh dari Pesawat angkat (*Crane*) setiap saat memuat.
4. Memasang papan peringatan dengan posisi yang menonjol di depan Pesawat angkat (*Crane*) untuk mengingatkan operator terhadap keberadaan tegangan listrik. Misalnya : 'WASPADA - BAHAYA TEGANGAN TINGGI'.



Gambar 8 - Jarak aman pesawat angkat terhadap saluran udara tegangan tinggi (SUTET)

### Gambar 6.166 - Tiang Listrik Tegangan Tinggi

5. Menggunakan tali yang terbuat dari serat alami seperti rami, sisal, atau bahan non-konduktif lainnya untuk mengontrol beban. Karena sifatnya yang konduktif, tali sintetis tidak boleh digunakan. Tali tersebut harus diposisikan agar tidak dekat atau bersinggungan dengan kabel listrik.
6. Menyediakan Pesawat angkat (*Crane*) tipe mobile dengan rantai yang terhubung dengan tanah dengan diameter minimum rantai 10 mm. Rantai tersebut harus dibaut atau dilas ke rangka Pesawat angkat (*Crane*) dan harus memiliki panjang yang cukup agar setidaknya satu meter rantai bersentuhan dengan tanah ketika Pesawat angkat (*Crane*) menggunakan outriggers. Rantai tidak boleh digunakan ketika Pesawat angkat (*Crane*) berada di atas truk pembawa dalam jarak enam meter dari rel pada sistem kereta listrik.
7. Ketika beroperasi atau berjalan di daerah yang baru, operator Pesawat angkat (*Crane*) harus memeriksa keberadaan tiang listrik tegangan tinggi.

Jika Pesawat angkat (*Crane*) tersebut menyentuh saluran listrik secara langsung, operator Pesawat angkat (*Crane*) harus:

1. tetap di dalam kabin,
2. memperingatkan semua personel lain untuk menjauhkan diri dari Pesawat angkat (*Crane*) dan tidak menyentuh bagian apa pun dari pesawat angkat, tali sling, atau beban,

3. mencoba dengan tanpa bantuan dan tanpa ada orang yang mendekati mesin untuk memindahkan Pesawat angkat (*Crane*) sampai bersih dari kabel listrik,
4. jika mesin tidak dapat dipindahkan, agar tetap di dalam kabin dan beritahu otoritas distribusi listrik, jangan ambil tindakan hingga otoritas distribusi listrik memastikan bahwa kondisi sudah aman,
5. meninggalkan kabin jika ada api atau hal berbahaya lainnya yang dapat mengancam jiwa, melompat sejauh mungkin dari pesawat angkat. Tidak menyentuh Pesawat angkat (*Crane*) dan tanah pada saat bersamaan,
6. bergerak menjauh dari pesawat angkat, hindari atau lompat secara perlahan melintasi area yang berbahaya. Langkah besar harus dihindari, karena satu kaki bisa berada di area tegangan yang lebih tinggi dan satu lagi di daerah tegangan lebih rendah. Perbedaan tegangan antara dua area bisa menyebabkan kematian,
7. menginformasikan segera situasi tersebut kepada otoritas kelistrikan. Sampai bantuan tiba, harus ada orang yang tetap dekat dengan Pesawat angkat (*Crane*) tetapi pada jarak yang aman, untuk memperingatkan orang lain tentang bahaya mendekati pesawat angkat.

Setelah kontak dengan kabel listrik secara langsung, tenaga yang kompeten harus memeriksa Pesawat angkat (*Crane*) sebelum digunakan lebih lanjut untuk memeriksa kemungkinan kerusakan yang disebabkan oleh kontak listrik tersebut. Setiap komponen yang rusak harus diperbaiki atau diganti sebelum digunakan lebih lanjut. Tali kawat harus diganti jika menyentuh kabel listrik, karena umumnya tali kawat akan meleleh atau terilit dengan kabel listrik. Peralatan penanda peringatan jarak, pelindung boom, dan perangkat sejenis memiliki keterbatasan dan tidak dapat diandalkan sepenuhnya untuk melindungi terhadap bahaya sengatan listrik.

d. Persiapan ereksi

Sebelum ereksi dimulai, Penyedia Jasa dan erektor harus:

1. memastikan bahwa penilaian risiko dan pernyataan metode kerja sesuai dan telah mencakup semua aspek prosedur ereksi,
2. memeriksa akses Pesawat angkat (*Crane*) ke lokasi pekerjaan dan platform ereksi dan pastikan keamanannya,
3. mengkonfirmasi metode yang akan digunakan untuk memastikan lokasi yang benar dari setiap Gelagar,
4. memeriksa Gelagar, jarak Gelagar, dan tumpuan untuk memastikan Gelagar duduk dengan baik,
5. memperoleh verifikasi bahwa platform ereksi (struktur yang ada, area hardstand, dan lain-lain) dapat membawa beban konstruksi dan ereksi dengan aman,
6. memastikan area untuk akses truk dan Pesawat angkat (*Crane*) telah dibersihkan dan tersedia ruang yang memadai untuk outriggers pesawat angkat, manuver *counterweight*, manuver boom, dan underhook,
7. memastikan semua persyaratan manajemen lalu lintas diatur dan disetujui,
8. memeriksa alas (pedestal) dan lokasi bantalan,
9. memastikan bahwa bantalan karet ditempatkan dengan benar,
10. memastikan bahwa alat penyokong, termasuk perancah, cukup dan ditempatkan



dengan benar, termasuk tingkatan dan persilangannya,

11. memastikan bahwa kekuatan beton dalam elemen tersebut telah mencapai kekuatan yang ditentukan untuk diangkat,
12. memastikan bahwa struktur pendukung beton telah memiliki kekuatan yang ditentukan,
13. menentukan apakah diperlukan untuk menyamakan beban pada titik pengangkatan,
14. memastikan bahwa peralatan sistem pengikatan yang sesuai tersedia dan tersertifikasi,
15. memeriksa apakah pemasangan pengangkatan berada di lokasi yang benar dan telah dibersihkan untuk persiapan pengangkatan,
16. memastikan dimensi elemen-elemen sesuai dengan gambar desain.

Jika diperlukan pekerjaan galian, timbunan, dan parit, penanganan tambahan seperti penyediaan lembaran kayu atau batu pecah diperlukan untuk memastikan bahwa penimbunan kembali dapat mendukung konstruksi dan beban ereksi. Kondisi ini harus diperiksa untuk mendapatkan daya dukung tanah baik oleh insinyur geoteknik atau insinyur profesional lainnya. Jika struktur eksisting digunakan untuk mendukung pesawat angkat, desain struktur harus diperiksa untuk beban pesawat angkat. Sistem penyangga yang sesuai diperlukan dan harus dirancang dengan baik. Jika terdapat kesalahan lokasi, kesalahan atau pengangkatan yang kurang tepat teridentifikasi, harus dilakukan komunikasi langsung dengan insinyur desain untuk membuat solusi yang tepat. Sebelum elemen diangkat, uji coba harus dilakukan untuk memastikan radius Pesawat angkat (*Crane*) sudah baik dan terdapat jarak yang cukup untuk swing.

e. Pencegahan jatuh

Pernyataan metode kerja untuk pemasangan Gelagar jembatan harus memastikan bahwa orang yang terlibat dalam pemasangan, dan pekerjaan selanjutnya pada Gelagar jembatan memiliki risiko jatuh yang kecil. Pencegahan jatuh harus dilakukan dengan tindakan pengendalian seperti penyediaan pagar pembatas. Jika pemasangan pagar pengaman hanya pada satu sisi Gelagar dianggap cukup, pengendalian risiko jatuhnya pekerja di sisi lain dari Gelagar diperlukan dengan penggunaan serangkaian jangkar, garis keselamatan atau garis statis untuk perangkat pelindung pekerja. Sistem penahan yang membatasi gerakan horizontal pekerja sehingga mereka terhindar dari kecelakaan harus lebih diutamakan dibandingkan dengan sistem pengaman yang menggunakan jaring-jaring untuk menangkap seseorang ketika jatuh.

f. Kru ereksi

Erektor harus memilih satu orang kru ereksi untuk bertanggung jawab langsung dalam pengarahan dan koordinasi pada tahapan ereksi. Orang tersebut harus memiliki sertifikat kompetensi sistem pengikatan kelas menengah (*intermediate rigging*) atau lanjut (*advanced rigging*). Operator Pesawat angkat (*Crane*) harus memiliki, atau berada di bawah pengawasan langsung pemegang sertifikat kompetensi yang sesuai dengan jenis Pesawat angkat (*Crane*) dan dalam hal Pesawat angkat (*Crane*) tipe mobile, sesuai dengan nilai kapasitas pesawat angkat. Ukuran dan susunan kru ereksi bervariasi tergantung pada sifat lokasi dan keadaan tertentu. Sebagai aturan umum, kru ereksi harus mencakup minimal satu juru ikat tambahan yang memiliki sertifikat kelas dasar dan tambahan orang yang terampil sesuai kebutuhan. Satu dari pekerja ereksi atau juru

ikat harus bertanggung jawab atas pekerja yang telah dilatih sesuai dengan standar industri konstruksi ini. Satu dari pekerja ereksi atau tenaga lain yang tetap di lokasi sepanjang proses ereksi harus memegang kualifikasi sebagai penolong pertama level pertama.

g. Kelelahan pekerja

Kelelahan pekerja dapat secara signifikan meningkatkan risiko pekerja yang melakukan kegiatan konstruksi. Waktu respons, kemampuan membuat keputusan, kekuatan fisik dan ketangkasan dapat terganggu ketika seseorang mengalami kelelahan. Untuk mengenali dan meminimalkan kemungkinan kelelahan yang mempengaruhi pekerja, pemberi kerja harus memperhitungkan beban kerja dan faktor organisasi yang dapat menyebabkan tingkat kelelahan pekerja yang lebih tinggi. Beberapa faktor yang perlu diperhitungkan adalah:

1. waktu kerja yang harus dilakukan harus sesuai dengan peraturan pemerintah yang berlaku tentang ketenagakerjaan,
2. tingkat beban kerja fisik dan mental yang dibutuhkan, baik beban kerja tinggi maupun rendah,
3. fasilitas tersedia bagi para pekerja untuk mengambil minuman untuk mencegah dehidrasi, dan makanan untuk memulihkan energi,
4. efek penyakit lain dan efek jangka panjang dari kegiatan kerja lapangan seperti konsumsi alkohol dan kegiatan olahraga,
5. bekerja dan waktu istirahat.

Ketika tugas menuntut kewaspadaan yang berkelanjutan, pertimbangan harus diberikan untuk jangka waktu kerja, sehingga risiko kecelakaan tidak meningkat karena kelelahan pekerja.

Atasan harus mendorong para pekerja untuk menginformasikan kepada mereka tentang faktor-faktor yang tidak terkait pekerjaan yang mungkin berdampak pada tingkat kelelahan mereka.

h. Sistem pengikatan

Persiapan sistem pengikatan membutuhkan praperencanaan yang cermat dan saksama. Konfigurasi pengangkatan harus didokumentasikan dan tidak boleh diubah tanpa persetujuan insinyur desain ereksi. Metode untuk menghubungkan sistem pengikatan ke elemen-elemen harus disetujui oleh produsen, Penyedia Jasa, dan erektor. Sistem pengikatan harus mendistribusikan beban yang sama ke semua titik angkat kecuali jika ditentukan lain dalam gambar kerja. Untuk memastikan distribusi beban yang sama saat pengangkatan elemen pracetak dengan sling berkaki banyak, perlu diperhitungkan pemberian beban dalam menyamakan kedudukan gigi sebagai bagian dari sistem pengikatan. Jika digunakan pengaturan keseimbangan pengangkatan, peningkatan beban yang bekerja pada lifting inserts harus diperhitungkan ketika memilih kapasitas lifting inserts. Panjang sling sangat penting karena sistem pengikatan mencakup penggunaan spreader beam dengan sling yang berada di sepanjang sheave. Sistem pengikatan harus dirancang agar sesuai dengan jarak dan tata letak pemasangan Gelagar. Sling harus memiliki kapasitas dengan angka keamanan minimum sebesar 4,5 atau sesuai dengan kebutuhan pesawat angkat. Sling tunggal, ganda, dan berkaki empat umumnya digunakan dalam penanganan elemen

pracetak. Dalam memilih kapasitas sling, peningkatan gaya-gaya karena kemiringan sling dan perubahan arah pada titik reeving harus diperhitungkan. Sudut yang dibentuk antara kaki sling tidak melebihi 90°. Jika diperlukan, untuk sudut sama dengan atau lebih besar dari 90°, kapasitas seluruh komponen sistem pengikatan, termasuk kait Pesawat angkat (*Crane*) harus diverifikasi. Dalam beberapa kondisi, diperlukan pemakaian sling yang tidak memiliki panjang yang sama. Dalam kondisi tersebut, beban di setiap kaki sling akan berbeda dan semua komponen harus diperiksa kapasitasnya. Sling tidak boleh digunakan dalam proses ereksi jika terdapat:

1. retak-retak
2. indikasi pemakaian berlebihan
3. kerusakan karena panas
4. korosi atau lubang yang berlebih
5. lelehan bekas pengelasan
6. mata rantai atau perlengkapan lainnya mengalami mulur, bengkok, berubah bentuk,
7. tidak ada label identifikasi atau sulit dibaca.

Sistem pengikatan harus diatur agar memungkinkan elemen terletak di dalam atau di dekat sudut yang benar untuk pemasangan ke dalam struktur. Hal ini dapat dicapai dengan beberapa cara sebagai berikut:

1. penggunaan panjang alat angkat yang sesuai, termasuk shackles dan sling,
2. penempatan lifting inserts yang tepat,
3. penggunaan pelat kompensator,
4. konfigurasi Gelagar dalam truk.

#### **6.11.4 Jembatan Struktur Baja**

##### **a. Pengukuran dan pemotongan**

Pekerjaan Pengukuran dan Pemotongan pada Pekerjaan Baja Struktur mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Kecelakaan akibat pemotongan baja dengan menggunakan mesin potong atau las listrik (luka bakar, luka gores, lecet, tertimpa potongan baja),
2. Tertabrak kendaraan pada saat pengukuran.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Pengukuran dan Pemotongan pada Pekerjaan Baja Struktur yaitu :

1. Pekerja diberi perlindungan memakai sepatu boot, sarung tangan, helm kaca mata yang sesuai,
2. Diperlukan rambu untuk melindungi personel yang berkerja dari kendaraan yang melintas lokasi proyek. Diperlukan antara lain rambu pengontrol lalu lintas satu jalur, kendaraan yang sedang dijalankan, papan rambu stop/go, lampu lalu lintas praktis (portable), kerucut lalu lintas.

##### **b. Pabrikasi**

Pekerjaan Pabrikasi pada Pekerjaan Baja Struktur mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Resiko kecelakaan akibat pabrikasi, menyambung, memindahkan baja, mengelas dll,
2. Kecelakaan yang diakibatkan oleh sesama pekerja,
3. Kecelakaan pada saat pemindahan baja/pengangkatan dengan alat takel atau alat lainnya,

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Pabrikasi pada Pekerjaan Baja Struktur yaitu :

1. Proses pabrikasi dilakukan secara terpisah dan ditempatkan secara khusus. Pabrikasi bisa dilakukan oleh pabrik pembuat jembatan (tinggal memasang saja). Diusahakan dalam proses penyambungan dilakukan dengan teliti dan hati-hati,
2. Proses pabrikasi harus terhindar dari kecelakaan yang diakibatkan sesama pekerja ataupun yang diakibatkan oleh alat atau bahan,
3. Diusahakan sedemikian rupa proses pemindahan baja/pengangkatan dengan alat takel atau alat lainnya dilakukan secara hati-hati dan oleh orang yang ahli dibidangnya.

c. Pengelasan

Pekerjaan Pengelasan pada Pekerjaan Baja Struktur mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Potensi kecelakaan terhadap mata dari mesin las,
2. Luka bakar
3. Kebakaran,
4. Kecelakaan akibat alat pemotong/mesin las,
5. Kecelakaan akibat sesama pekerja,
6. Percikan bunga api pada pekerja lain,
7. Arus pendek

d. Erection

Pekerjaan Erection pada Pekerjaan Pemasangan Jembatan Baja mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Kecelakaan akibat alat pengangkat/*Crane*/takel,
2. Potensi kecelakaan para pekerja yang melakukan pengencangan baut dan mur pada proses erection,
3. Kejatuhan benda/lepasnya struktur /tertimpa pada proses erection,
4. Kecelakaan pada saat pengiriman bahan,
5. Kecelakaan oleh runtuhnya perancah,
6. Potensi kecelakaan akibat penggunaan dongkrak.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Erection pada Pekerjaan Pemasangan Jembatan Baja yaitu :

1. Harus diusahakan sedemikian rupa agar keselamatan dari para pekerja, konstruksi baja dijamin dengan cara-cara antara lain sebagai berikut : Menyediakan tangga,

- gang, pelataran kerja tetap, pelataran kerja (platform) bak pengangkut, kursi pengawas dan peralatan lain yang digantung pada alat pengangkat (Lifting Appliances), tali dan sabuk pengaman, jala (jaring) pengaman penahan orang jatuh,
2. Proses erection baja tak boleh dikerjakan sewaktu ada angin ribut, angin kencang atau dalam keadaan licin. Sebelum melakukan Proses erection semua peralatan dan perlengkapan yang digunakan diperiksa secara seksama oleh orang yang ahli dibidangnya. Para pekerja yang melakukan pengencangan baut dan mur pada proses erection dilengkapi dengan helm, sepatu boot dan bila bekerja pada ketinggian tertentu juga harus dilengkapi dengan sabuk pengaman. Ketika proses erection sedang berjalan daerah di bawah tempat kerja itu harus dipagari atau dijaga,
  3. Sebelum bagian-bagian konstruksi baja diangkat, tindakan pengamanan harus dilakukan terhadap bagian-bagian yang dapat jatuh, harus diamankan dengan mengikat atau menyingkirkan bagian-bagian tersebut. Kerangka batang baja yang sedang dipasang harus disangga dan dikopel secukupnya,
  4. Harus disiapkan instruksi-instruksi mengenai cara pengangkatan (lifting), transportasi, pemasangan dan penyimpanan bagian-bagian konstruksi baja harus disiapkan dan instruksi tersebut harus selalu tersedia di tempat kerja,
  5. Penggunaan perancah untuk erection harus dihitung dengan faktor pengaman (faktor safety) sebesar 4 kali beban maksimal dan harus diberi tangga pengaman untuk tempat berjalan dan lain-lain fasilitas yang aman. Tenaga kerja tidak boleh bekerja di dekat bangunan perancah sewaktu angin kencang,
  6. Alat pengangkat tidak boleh digunakan sebelum diperiksa dan diberi sertifikat serta diuji oleh orang yang berwenang.
- e. Pengecatan

Pekerjaan Pengecatan pada Pekerjaan Pemasangan Jembatan Baja mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Luka pada tangan akibat sistem pencelupan panas pada proses,
2. Terjatuh pada saat pengecatan pada ketinggian tertentu.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Pengecatan pada Pekerjaan Pemasangan Jembatan Baja yaitu :

1. Proses pengecatan / proses galvanisasi dengan sistem pencelupan panas harus dilakukan oleh orang yang ahli dibidangnya dan dilakukan secara hati-hati. Pekerja yang melakukan pengecatan menggunakan sarung tangan untuk melindungi kulit dan menggunakan cream,
2. Jika pengecatan dilakukan pada tempat yang tinggi maka pekerja diberi sabuk pengaman.

### 6.11.5 Jembatan Struktur Kayu

#### a. Pengukuran , pemotongan dan pematokan

Pekerjaan Pengukuran, Pemotongan dan Pematokan pada Pekerjaan Pembuatan Struktur Kayu Jembatan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Kecelakaan akibat pengukuran yang dilakukan di jalan raya,
2. Luka akibat kena pukul palu, luka akibat kena gergaji, luka akibat kena paku.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Pengukuran, Pemotongan dan Pematokan pada Pekerjaan Pembuatan Struktur Kayu Jembatan yaitu :

1. Memasang rambu-rambu pada lokasi pekerjaan untuk melindungi personil yang bekerja dari kendaraan yang melintasi proyek dan menempatkan petugas bendera di semua tempat kegiatan pelaksanaan,
2. Diusahakan sedemikian rupa agar waktu memasang patok, tangan menggunakan sarung tangan yang sesuai dan menggunakan palu yang proporsional. Jika pemotongan menggunakan gergaji manual atau alat potong otomatis/listrik dilakukan secara hati-hati.

#### b. Penggergajian

Pekerjaan Penggergajian pada Pekerjaan Pembuatan Struktur Kayu Jembatan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Potensi bahaya kecelakaan akibat gergaji (mesin/manual) pada saat memotong kayu,
2. Potensi bahaya kecelakaan akibat alat gergaji,
3. Potensi bahaya kecelakaan akibat kayu yang digergaji.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Penggergajian pada Pekerjaan pembuatan Struktur Kayu Jembatan yaitu :

1. Jika menggunakan gergaji bundar para pekerja tidak diperkenankan mengatur bilah/pisau gergaji atau kedudukannya pada waktu gergaji yang bersangkutan sedang bekerja, apabila hal itu dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan. Para pekerja diusahakan sedemikian rupa menggunakan sarung tangan yang sesuai. Jika penggergajian dilakukan pada ketinggian maka para pekerja diberi perlindungan yang cukup misalnya dengan sabuk pengaman,
2. Diusahakan sedemikian rupa jika penggergajian menggunakan Gergaji bundar, maka gergaji budar haruslah selalu dilengkapi dengan tutup pelindung, dengan ketentuan sebagai berikut :
  - a) Menutupi seluas mungkin segala bagian gergaji yang tampak di atas meja,
  - b) Mudah diatur,
  - c) Melindungi operator dari kecelakaan akibat sentuhan dengan gergaji dan dari pecahan-pecahan kayu atau gigi gergaji yang patah. Diusahakan sedemikian rupa Jika penggergajian menggunakan gergaji pita semua bagian bilah gergajinya harus ditutup sampai dengan di atas bagian pemotongnya dan harus terbungkus dengan pelindung yang kuat dari lempengan metal atau bahan sejenisnya yang mempunyai kekuatan yang senilai (sama). Jika penggergajian

menggunakan gergaji manual diusahakan sedemikian rupa tidak mengganggu pekerja lain dan mempertahankan jarak yang cukup dengan pekerja lain,

3. Untuk mencegah resiko bahaya kecelakaan tindakan pencegahan harus diambil untuk mencegah agar bahan-bahan yang sedang digergaji tidak menendang ke belakang. Apabila kayu bulat, tiang-tiang bulat atau benda-benda semacamnya itu sedang digergaji, alat-alat itu harus digunakan untuk mencegah terjadinya gejala berputar atau terjungkal. Diusahakan sedemikian rupa kayu sisa-sisa gergajian ditempatkan secara aman agar tidak mengganggu dan membahayakan.

c. Pabrikasi

Pekerjaan Pabrikasi pada Pekerjaan Pembuatan Struktur Kayu Jembatan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Luka akibat kena palu, kena gergaji, pada saat menyambung, memperkuat sambungan,
2. Terhimpit/tergencet pada saat pengangkatan, pemindahan meterai/bahan struktur jembatan.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Pabrikasi pada Pekerjaan Pembuatan Struktur Kayu Jembatan yaitu :

1. Diusahakan sedemikian rupa proses pabrikasi penggunaan palu, paku atau pasak dilakukan secara hati-hati,
2. Pengangkatan, pemindahan dan penyambungan dilakukan sedemikian rupa sehingga terhindar dari resiko bahaya kecelakaan.

d. Pengecatan

Pekerjaan Pengecatan pada Pekerjaan Pembuatan Struktur Kayu Jembatan mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja yaitu :

1. Asap Cat (sesak napas),
2. Luka/gatel/noda pada tangan akibat bahan pengawet,
3. Terjatuh pada saat pengecatan pada tempat yang tinggi.

Antisipasi pencegahan terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat Pekerjaan Pengecatan pada Pekerjaan Pembuatan Struktur Kayu Jembatan yaitu :

1. Diusahakan sedemikian rupa para pekerja yang melakukan pengecatan menggunakan masker pernapasan,
2. Pekerja yang melakukan pengecatan menggunakan sarung tangan untuk melindungi kulit dan menggunakan cream,
3. Jika pengecatan dilakukan ditempat yang tinggi maka para pekerja diberi perlindungan yang cukup serta dipasang sabuk pengaman.

## 7 Contents

6	BANGUNAN ATAS JEMBATAN.....	6-1
6.1	Umum.....	6-1
6.2	Jembatan Beton Bertulang.....	6-1
6.3	Jembatan Gelagar .....	6-5
6.3.2	Gelagar Beton Pasca-Tarik ( <i>Post-Tension</i> ).....	6-5
6.3.3	Gelagar Pratarik ( <i>Pre-Tension</i> ).....	6-25
6.3.4	Sistem Pengaku Gelagar Beton.....	6-29
6.3.5	Gelagar Baja Komposit .....	6-34
6.3.6	Persiapan Pemasangan Gelagar Pada Jembatan .....	6-44
6.3.7	Pemasangan Gelagar Pada Jembatan .....	6-49
6.3.8	Pemberian Pengaman Gelagar Setelah Terpasang .....	6-61
6.4	Jembatan Rangka Baja .....	6-63
6.4.1	Jembatan Rangka Tetap (Permanen) .....	6-63
6.4.2	Jembatan Rangka Semi Permanen .....	6-66
6.4.3	Persiapan Pelaksanaan Jembatan Rangka Baja.....	6-68
6.4.4	Metode Pemasangan Rangka Baja .....	6-73
6.4.5	Persoalan Umum .....	6-90
6.5	Jembatan Voided Slab .....	6-92
6.5.1	Umum.....	6-92
6.5.2	Pelaksanaan Fabrikasi.....	6-92
6.5.3	Pengangkutan Voided Slab .....	6-93
6.5.4	Sistem Pemasangan .....	6-97
6.5.5	Spasi dan <i>grouting</i> .....	6-97
6.5.6	<i>Stressing</i> Voided Slab .....	6-97
6.5.7	Kondisi Akhir.....	6-97
6.6	Lantai Jembatan .....	6-98
6.6.1	Umum.....	6-98
6.6.2	Lantai Deck Beton.....	6-98
6.6.3	Lantai Plat Baja Bergelombang .....	6-98
6.6.4	Perancah Lantai.....	6-99
6.6.5	Pemasangan Acuan Lantai.....	6-100
6.6.6	Drainase Jembatan .....	6-101
6.6.7	Pengaman lalu lintas ( <i>barrier</i> ) untuk jembatan .....	6-102
6.6.8	Perakitan Tulangan Lantai.....	6-105
6.6.9	Pengecoran Dan Perawatan Lantai Kendaraan.....	6-107



6.6.10	Pengaspalan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin ( <i>Cold Paving Hot Mix Asbuton</i> ).....	6-107
6.7	Box Culvert.....	6-110
6.7.1	Umum.....	6-110
6.7.2	Cara Pelaksanaan Secara Umum.....	6-110
6.7.3	Pekerjaan Pemasangan Bekisting .....	6-110
6.7.4	Perakitan Baja Tulangan .....	6-111
6.7.5	Pengecoran Beton .....	6-112
6.8	Siar Muai Jembatan ( <i>Expansion Joint</i> ).....	6-114
6.8.1	Umum.....	6-114
6.8.2	Jenis-Jenis Siar Muai Jembatan ( <i>Expansion Joint</i> ).....	6-114
6.8.3	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Siar Muai Jembatan.....	6-118
6.9	Corrugated Steel Plate.....	6-125
6.9.1	Petunjuk Pemasangan .....	6-125
6.9.2	Timbunan.....	6-133
6.9.3	Jenis Peralatan Pemasangan.....	6-137
6.10	Jembatan Kayu.....	6-139
6.10.1	Umum.....	6-139
6.10.2	Bahan.....	6-139
6.10.3	Metode Pelaksanaan.....	6-140
6.11	Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3).....	6-146
6.11.1	Pekerjaan Pemasangan Unit Pracetak.....	6-146
6.11.2	Pekerjaan Pemasangan Kabel Prategang, Pengadaan dan Penarikan.....	6-147
6.11.3	Erection Gelagar .....	6-149
6.11.4	Jembatan Struktur Baja.....	6-156
6.11.5	Jembatan Struktur Kayu .....	6-159
	Gambar 6.1 – Perancah.....	6-2
	Gambar 6.2 - Flow Chart Pelaksanaan Jembatan Beton.....	6-4
	Gambar 6.3 - Pengangkutan Segmen Dengan Trailer.....	6-6
	Gambar 6.4 - Pengangkutan gelagar dengan <i>bogie</i> .....	6-6
	Gambar 6.5 - Pengangkatan Segmen dengan <i>Crane</i> ; (a) Sudut kemiringan sling terhadap segmen Gelagar minimal 60°. Pengangkatan dengan sudut sling dibawah 60° beresiko putus pada titik angkat segmen Gelagar, (b) Pengangkatan menggunakan lifting beam apabila sudut kemiringan angkat terhadap segmen Gelagar kurang dari 60°. Sudut kemiringan sling terhadap lifting beam minimum 45°, (c) Operasi boom <i>Crane</i> masih dibawah jarak maksimum operasi radius untuk menghindari overturning <i>Crane</i> angkat. ....	6-7
	Gambar 6.6 - Segmen unit Gelagar pada <i>stressing</i> bed sebelum <i>stressing</i> .....	6-8
	Gambar - 6.7 Lantai Kerja.....	6-9

Gambar 6.8 - Bagan alir <i>stressing</i> bed .....	6-10
Gambar 6.9 - Pengolesan <i>Epoxy</i> .....	6-12
Gambar 6.10 - Perangkat angkut .....	6-13
<b>Gambar 6.11 - Persiapan pemasangan .....</b>	<b>6-13</b>
<b>Gambar 6.12 - Instalasi <i>Stressing Jack hydraulic</i>.....</b>	<b>6-14</b>
<b>Gambar 6.13 - Penarikan <i>Strand</i> .....</b>	<b>6-14</b>
<b>Gambar 6.14 - Perlepasan <i>stressing Jack hydraulic</i> .....</b>	<b>6-15</b>
<b>Gambar 6.15 - <i>Grouting</i> .....</b>	<b>6-16</b>
<b>Gambar 6.16 - Landasan <i>Stressing</i> atau lantai kerja .....</b>	<b>6-16</b>
<b>Gambar 6.17 - Penyusunan Gelagar sesuai nomor kode produksi.....</b>	<b>6-17</b>
<b>Gambar 6.18 - Memasukkan <i>Strand</i> ke lubang tendon.....</b>	<b>6-17</b>
<b>Gambar 6.19 - Pemasangan angkur .....</b>	<b>6-18</b>
<b>Gambar 6.20 - Pengolesan epoxy.....</b>	<b>6-18</b>
<b>Gambar 6.21 - Persiapan <i>stressing</i> Gelagar .....</b>	<b>6-19</b>
<b>Gambar 6.22 - <i>Stressing</i>.....</b>	<b>6-19</b>
<b>Gambar 6.23 - Pengukuran elongation.....</b>	<b>6-20</b>
<b>Gambar 6.24 - Pemotongan <i>Strand</i> yang lebih .....</b>	<b>6-20</b>
<b>Gambar 6.25 - Bagan Alir <i>Stressing</i> Gelagar .....</b>	<b>6-21</b>
<b>Gambar 6.26 - Bagan Alir <i>Stressing</i> dan <i>Grouting</i> .....</b>	<b>6-22</b>
<b>Gambar 6.27 - Peralatan <i>Grouting</i>.....</b>	<b>6-23</b>
<b>Gambar 6.28 - Super Tee Gelagar .....</b>	<b>6-25</b>
<b>Gambar 6.29 - Pemasangan diafragma .....</b>	<b>6-31</b>
<b>Gambar 6.30 - Instalasi <i>Strand</i>.....</b>	<b>6-31</b>
<b>Gambar 6.31 - Patch dengan semen pasir dengan rasio 1:4 .....</b>	<b>6-32</b>
<b>Gambar 6.32 - <i>Stressing</i> dan angkur.....</b>	<b>6-32</b>
<b>Gambar 6.33 - Potong <i>Strand</i> dan Angkur di tutup .....</b>	<b>6-32</b>
<b>Gambar 6.34 - <i>Grouting</i> Diafragma .....</b>	<b>6-33</b>
<b>Gambar 6.35 - Bentangan siap dipasang diafragma.....</b>	<b>6-33</b>
<b>Gambar 6.36 - Pemasangan diafragma dengan <i>Crane</i> .....</b>	<b>6-34</b>
<b>Gambar 6.37 - <i>Stressing</i> Lateral.....</b>	<b>6-34</b>
<b>Gambar 6.38 - Potongan Melintang.....</b>	<b>6-35</b>
<b>Gambar 6.39 - Tipe Perkuatan yang digunakan .....</b>	<b>6-37</b>
<b>Gambar 6.40 - Pengaku Tekuk Local.....</b>	<b>6-37</b>
<b>Gambar 6.41- Bagan Alir Perakitan Gelgar Baja .....</b>	<b>6-43</b>
<b>Gambar 6.42- Proses Erection dengan satu <i>Crane</i> angkat.....</b>	<b>6-50</b>
<b>Gambar 6.43- Penyusunan Gelagar.....</b>	<b>6-51</b>

<b>Gambar 6.44- Gelagar siap di Erection .....</b>	<b>6-51</b>
<b>Gambar 6.45- roses Erection dengan satu Crane angkat.....</b>	<b>6-52</b>
<b>Gambar 6.46- Proses Erection dengan satu Crane angkat.....</b>	<b>6-52</b>
<b>Gambar 6.47- Kondisi semua Gelagar terpasang .....</b>	<b>6-53</b>
<b>Gambar 6.48- Penyusunan Segmen Gelagar .....</b>	<b>6-54</b>
<b>Gambar 6.49- Setelah di Stressing.....</b>	<b>6-54</b>
<b>Gambar 6.50- Proses Erection dengan Portal.....</b>	<b>6-55</b>
<b>Gambar 6.51- Selesai.....</b>	<b>6-55</b>
<b>Gambar 6.52 - Proses Penyusunan diatas launcher.....</b>	<b>6-56</b>
<b>Gambar 6.53 - Proses Pengangkatan.....</b>	<b>6-57</b>
<b>Gambar 6.54 - Gelagar diangkat.....</b>	<b>6-57</b>
<b>Gambar 6.55 - kondisi semua Gelagar terpasang.....</b>	<b>6-58</b>
Gambar 6.56 - Proses Erection dengan Double Launcher .....	6-59
Gambar 6.57 - Launcher Bergerak .....	6-60
<b>Gambar 6.58 - Selesai .....</b>	<b>6-60</b>
<b>Gambar 6.59 - Perletakan Elastomer .....</b>	<b>6-61</b>
<b>Gambar 6.60 - Perkuatan dengan rantai dan shoring kayu .....</b>	<b>6-62</b>
<b>Gambar 6.61 - Shoring baja dengan kayu.....</b>	<b>6-62</b>
<b>Gambar 6.62 - Shoring Baja.....</b>	<b>6-62</b>
<b>Gambar 6.63 - Stressing lateral diafragma dan pengecoran .....</b>	<b>6-63</b>
<b>Gambar 6.64 – Jembatan Rangka Permanen Standar Indonesia Kelas A.....</b>	<b>6-64</b>
<b>Gambar 6.65 – Jembatan Rangka Permanen Standar Indonesia Kelas B.....</b>	<b>6-65</b>
<b>Gambar 6.66 – Jembatan Rangka Permanen Standar Indonesia Kelas C.....</b>	<b>6-66</b>
<b>Gambar 6.67 – Potongan Melintang Rangka Semi Permanen dengan Lantai Kayu .....</b>	<b>6-67</b>
<b>Gambar 6.68 – Potongan Jembatan Rangka Semi Permanen dengan Lantai Beton .....</b>	<b>6-68</b>
<b>Gambar 6.69 - Perakitan Rangka Baja.....</b>	<b>6-74</b>
<b>Gambar 6.70 - Perakitan Rangka Baja panel kesatu .....</b>	<b>6-75</b>
<b>Gambar 6.71 - Perakitan Rangka Baja panel kedua.....</b>	<b>6-75</b>
<b>Gambar 6.72 - Perakitan Rangka Baja panel ketiga, dan panel seterusnya.....</b>	<b>6-76</b>
<b>Gambar 6.73 - Rangka baja mencapai satu span penuh .....</b>	<b>6-76</b>
<b>Gambar 6.74 - Pengulangan perakitan Rangka Baja panel kesatu span berikutnya .....</b>	<b>6-76</b>
<b>Gambar 6.75 - Pengulangan perakitan Rangka Baja panel kedua span berikutnya .....</b>	<b>6-77</b>
<b>Gambar 6.76 - Pengulangan Perakitan Rangka Baja panel ketiga dan seterusnya .....</b>	<b>6-77</b>
<b>Gambar 6.77 - Jembatan Rangka mencapai satu span penuh .....</b>	<b>6-77</b>
<b>Gambar 6.78 - Konstruksi jembatan rangka baja.....</b>	<b>6-78</b>
<b>Gambar 6.79 - Tampak dekat jembatan rangka baja.....</b>	<b>6-78</b>

Gambar 6.80 - Konstruksi Kantilever Dipasang Sebagian Demi Sebagian .....	6-79
Gambar 6.81- Persiapan landasan kayu.....	6-80
Gambar 6.82 - Perakitan bentang pemberat ( <i>counterweight</i> ).....	6-81
Gambar 6.83- Perakitan bentang pemberat dengan traveler .....	6-81
Gambar 6.84 - Pemasangan <i>Link Set</i> .....	6-81
Gambar 6.85 - Perakitan bentang permanen secara bertahap .....	6-82
Gambar 6.86 - Lanjutan perakitan bentang permanen secara bertahap .....	6-82
Gambar 6.87 - Lanjutan perakitan bentang permanen secara bertahap .....	6-82
Gambar 6.88 - Perakitan rangka permanen pada tengah bentang terhubung .....	6-83
Gambar 6.89 - penurunan rangka utama dengan hidrolis .....	6-83
Gambar 6.90 - Pemasangan tumpuan pada rangka baja .....	6-83
Gambar 6.91 - Konstruksi jembatan rangka baja.....	6-84
Gambar 6.92 - Konstruksi Jembatan Rangka Baja .....	6-85
Gambar 6.93 - Instalasi landasan kayu dan bentang sementara .....	6-86
Gambar 6.94 - Perakitan secara bertahap bentang peluncur .....	6-86
Gambar 6.95 - Perakitan bentang peluncur .....	6-87
Gambar 6.96 - Perakitan bentang utama.....	6-87
Gambar 6.97 - Perakitan bentang utama secara bertahap, dorong bentang sementara dengan hidrolis penggeser dan beri pemberat atau <i>counterweight</i> , kemudian dorong .....	6-87
Gambar 6.98 - konstruksi di dorong.....	6-88
Gambar 6.99 - Konstruksi di luncurkan .....	6-88
Gambar 6.100 - Pelepasan konstruksi rangka sementara secara bertahap.....	6-88
Gambar 6.101 - Rangka baja sementara dilepas dan rangka baja permanen diturunkan secara bertahap dengan dongkrak .....	6-89
Gambar 6.102 - Instalasi landasan pada tumpuan.....	6-89
Gambar 6.103 - Konstruksi jembatan rangka baja.....	6-89
Gambar 6.104 - Produksi Gelagar pretension.....	6-92
Gambar 6.105 - Setelah pemberian gaya prategang .....	6-92
Gambar 6.106- Penyimpanan unit Gelagar .....	6-92
Gambar 6.107 - Pengangkatan unit voided slab .....	6-93
Gambar 6.108 - Pengaman saat pengangkutan .....	6-94
Gambar 6.109 - Pengiriman dengan ponton .....	6-95
Gambar 6.110 - Pengangkatan dari truck.....	6-96
Gambar 6.111- Pengangkatan Perletakan pada landasan kayu .....	6-96
Gambar 6.112 - Penyimpanan .....	6-97
Gambar 6.113 - Lateral <i>Stressing</i> .....	6-97

<b>Gambar 6.114 - Deck beton pada sistem Gelagar beton .....</b>	<b>6-98</b>
<b>Gambar 6.115 - Deck Baja .....</b>	<b>6-99</b>
<b>Gambar 6.116 - Ilustrasi drainase jembatan.....</b>	<b>6-102</b>
<b>Gambar 6.117 - Contoh Tipikal penghalang.....</b>	<b>6-103</b>
<b>Gambar 6.118- Flow Chart Pelaksanaan Jembatan Beton.....</b>	<b>6-113</b>
<b>Gambar 6.119 - Siar muai tipe seal silicone .....</b>	<b>6-114</b>
<b>Gambar 6.120 - Siar muai tipe aspalthic plug .....</b>	<b>6-115</b>
<b>Gambar 6.121 - Siar muai tipe compression seal .....</b>	<b>6-116</b>
<b>Gambar 6.122 - Siar muai tipe strip seal .....</b>	<b>6-117</b>
<b>Gambar 6.123 - Siar muai tipe modular joint.....</b>	<b>6-118</b>
<b>Gambar 6.124 - Penutupan celah menggunakan masking strip.....</b>	<b>6-119</b>
<b>Gambar 6.125 - Pelapisan dengan wearing course .....</b>	<b>6-119</b>
<b>Gambar 6.126 - Pemotongan lapisan .....</b>	<b>6-119</b>
<b>Gambar 6.127 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-120</b>
<b>Gambar 6.128 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-120</b>
<b>Gambar 6.129 - Bagan alir pelaksanaan siar muai tipe asphaltic plug .....</b>	<b>6-121</b>
<b>Gambar 6.130 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-122</b>
<b>Gambar 6.131 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-122</b>
<b>Gambar 6.132 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-122</b>
<b>Gambar 6.133 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-123</b>
<b>Gambar 6.134 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-123</b>
<b>Gambar 6.135 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-124</b>
<b>Gambar 6.136 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-124</b>
<b>Gambar 6.137 - Pembersihan sisa pemotongan .....</b>	<b>6-124</b>
<b>Gambar 6.138 - Bagan alir siar muai tipe strip sea .....</b>	<b>6-125</b>
<b>Gambar 6.139 - Band Connector .....</b>	<b>6-126</b>
<b>Gambar 6.140 - Standard &amp; Gasketed Couplers .....</b>	<b>6-127</b>
<b>Gambar 6.141 - Band Connector .....</b>	<b>6-128</b>
<b>Gambar 6.142 - Tipe-tipe gasket.....</b>	<b>6-129</b>
<b>Gambar 6.143 - Erection CSP dengan Hoist .....</b>	<b>6-130</b>
<b>Gambar 6.144 - Seam.....</b>	<b>6-131</b>
<b>Gambar 6.145 - Perletakan CSP .....</b>	<b>6-132</b>
<b>Gambar 6.146 - Timbunan CSP .....</b>	<b>6-134</b>
<b>Gambar 6.147 - Timbunan Sisi .....</b>	<b>6-135</b>
<b>Gambar 6.148 - Timbunan tanah granular.....</b>	<b>6-135</b>
<b>Gambar 6.149 - Stabilisasi Pondasi Diameter Kecil.....</b>	<b>6-135</b>

<b>Gambar 6.150 - Stabilisasi Pondasi Diameter Besar .....</b>	<b>6-136</b>
<b>Gambar 6.151 - Pemasangan alat berat .....</b>	<b>6-138</b>
<b>Gambar 6.152 - Jembatan kayu bentang 5 m .....</b>	<b>6-139</b>
<b>Gambar 6.153 - Gelagar kayu Jembatan .....</b>	<b>6-139</b>
<b>Gambar 6.154 - Kayu Papan .....</b>	<b>6-140</b>
<b>Gambar 6.155 - Kayu Gelondongan/Balak .....</b>	<b>6-140</b>
<b>Gambar 6.156 - Pemasangan Pematokan .....</b>	<b>6-140</b>
<b>Gambar 6.157 - Kepala Jembatan Kayu .....</b>	<b>6-141</b>
<b>Gambar 6.158 - Kepala jembatan kayu .....</b>	<b>6-142</b>
<b>Gambar 6.159 - Pembuatan pilar dengan pemancangan kayu .....</b>	<b>6-142</b>
<b>Gambar 6.160 - pemasangan brace kayu dan lantai kayu .....</b>	<b>6-143</b>
<b>Gambar 6.161 - tipe Gelagar kayu .....</b>	<b>6-144</b>
<b>Gambar 6.162 - Sandaran kayu .....</b>	<b>6-144</b>
<b>Gambar 6.163 - jalur kendaraan dan pejalan kaki .....</b>	<b>6-145</b>
<b>Gambar 6.164 - jalur kendaraan .....</b>	<b>6-145</b>
<b>Gambar 6.165 - pagar pembatas sebagai sistem pencegahan jatuh .....</b>	<b>6-150</b>
<b>Gambar 6.166 - Tiang Listrik Tegangan Tinggi .....</b>	<b>6-152</b>
<b>Tabel 6.1 - Bentangan untuk Seri Jembatan Rangka .....</b>	<b>6-69</b>
<b>Tabel 6.2 - Sistem Pemberian Nama Komponen-komponen Jembatan Rangka .....</b>	<b>6-69</b>



## 7 JALAN PENDEKAT JEMBATAN (OPRIT)

### 7.1 Umum

Bab ini menjelaskan beberapa aspek pelaksanaan untuk jalan pendekat jembatan (Oprit). Jalan pendekat ini atau oprit merupakan segmen yang menghubungkan konstruksi perkerasan dengan kepala jembatan. Komponen dari jalan pendekat jembatan ini bisa terdiri dari timbunan badan jalan, drainase, lapisan perkerasan, pelat injak, dan dinding MSE (*Mechanically Stabilized Earth*).

### 7.2 Timbunan Jalan

Timbunan Jalan pendekat dapat dikategorikan menjadi dua jenis yaitu timbunan tanah (timbunan biasa, timbunan pilihan, dan timbunan berbutir) dan timbunan khusus atau timbunan ringan. Apabila tanah dasar (*subgrade*) di bawah timbunan oprit merupakan tanah lunak, maka tanah dasar perlu distabilisasi (diperbaiki) atau diperkuat ataupun digali lapisan tanah lunaknya dan kemudian ditimbun kembali dengan material yang bagus. Pemadatan timbunan harus dilakukan dengan baik dan benar. Beberapa permasalahan akibat turunnya di daerah oprit diakibatkan pemadatan timbunan yang buruk, sehingga pengawasan pada tahapan pelaksanaan perlu diperhatikan dengan baik agar sesuai prosedur.

#### 7.2.1 Tanah Timbunan

Timbunan biasa, timbunan pilihan, dan timbunan pilihan berbutir. Berikut merupakan jenis timbunan tanah berdasarkan Spesifikasi Umum tahun 2018:

- a. Timbunan biasa adalah timbunan tanah yang sebaiknya tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut AASHTO 145 atau sebagai CH menurut USCS. Timbunan biasa tidak boleh tanah ekspansif yang memiliki nilai aktif  $>1.25$  atau nilai derajat *swelling* sebagai *very high* atau *extra high*. Serta timbunan biasa tidak boleh dari bahan galian tanah yang mengandung organik (OL, OH dan Pt) dalam sistem USCS dan kadar air alami yang sangat tinggi yang tidak praktis dikeringkan untuk memenuhi toleransi kadar air pada pemadatan (melampaui Kadar Air Optimum +1%);
- b. Timbunan Pilihan adalah timbunan tanah yang harus terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi semua ketentuan diatas untuk timbunan biasa dan sebagai tambahan harus memiliki CBR paling sedikit 10% setelah 4 hari perendaman bila dipadatkan 100%;
- c. Timbunan pilihan berbutir adalah timbunan tanah berupa batu, pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya yang memiliki indeks plastisitas maksimum 10 %.



**Tabel 7.1- Gradasi timbunan pilihan berbutir**

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos
ASTM	(mm)	(%)
4"	100	100
No. 4	4,75	25 - 90
No. 200	0,075	0 - 10

Pelaksanaan oprit dengan timbunan tanah adalah sebagai berikut:

- a. Penyiapan tempat kerja seperti pembersihan lahan dari sampah dan semak-semak. Apabila daerah tanah lunak dasar fondasi timbunan harus dipadatkan seluruhnya sampai 15 cm bagian permukaan dasar fondasi memenuhi kepadatan yang disyaratkan.
- b. Penghamparan timbunan disebar dalam lapisan yang merata yang bila dipadatkan akan memenuhi toleransi tebal lapisan yang disyaratkan. Dan harus dilakukan pada cuaca cerah atau tidak hujan.
- c. Setelah dilakukan penghamparan dilakukan pemadatan, pemadatan pada tanah harus dilaksanakan hanya bilamana kadar air bahan berada dalam rentang 3% dibawah kadar air optimum sampai 1% diatas kadar air optimum. Untuk pemadatan pada timbunan batu harus dilaksanakan dengan menggunakan penggilas berkisi (*grid*) atau pemadat bervibrasi atau alat berat lainnya yang serupa. Pemadatan harus dilaksanakan dalam arah memanjang sepanjang timbunan. Setiap lapis harus terdiri dari batu bergradasi menerus dan seluruh rongga pada permukaan harus terisi dengan pecahan batu. Ukuran batu tidak boleh > 10cm.

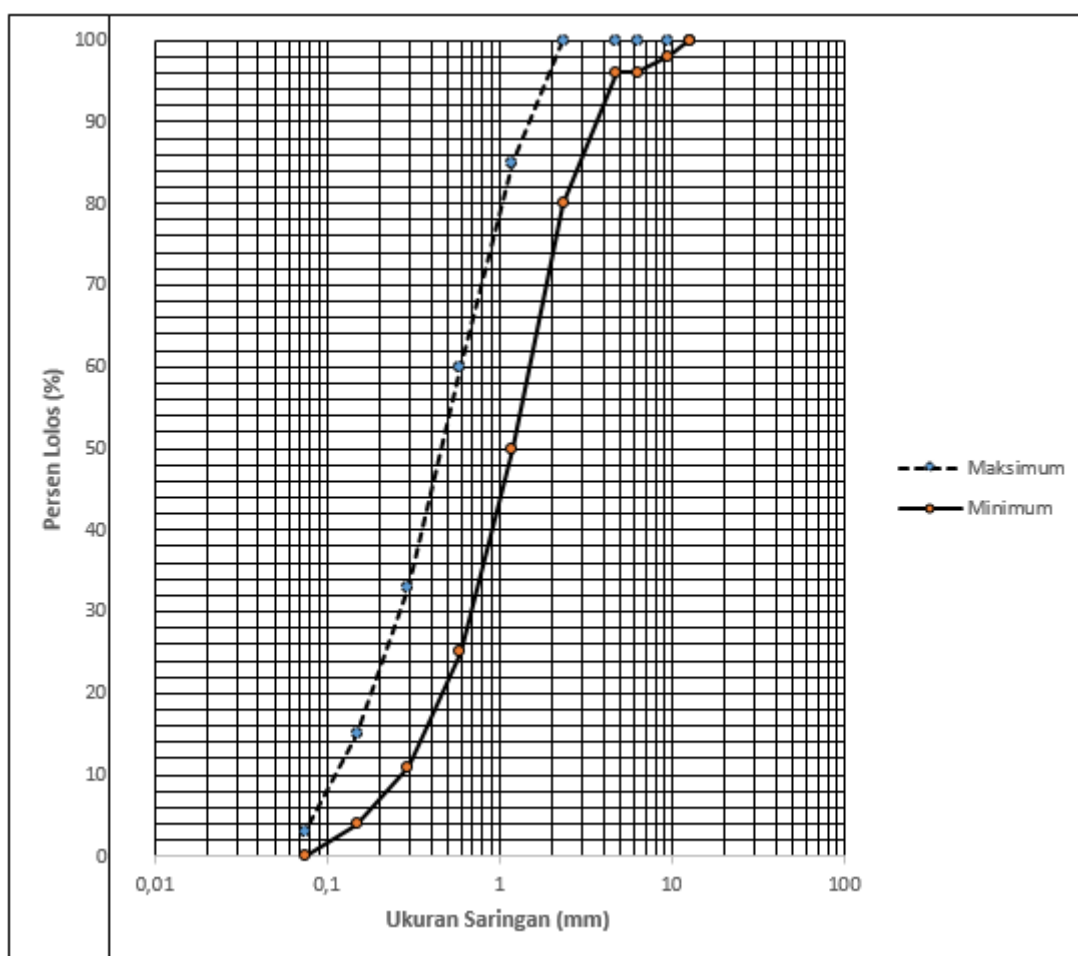
### 7.2.2 Timbunan Ringan

Timbunan ringan ini merupakan teknologi terbaru yang bisa diaplikasikan sebagai timbunan jalan atau fondasi jalan, yang memiliki karakteristik seperti beton namun sangat ringan. Timbunan ringan ini merupakan campuran pasir, semen, air dan busa (*foam*) dengan komposisi tertentu. Berikut merupakan ketentuan bahan-bahan dalam pembuatan timbunan ringan berdasarkan Surat Edaran Menteri PUPR No. 41/SE/M/2015.

- a. Semen yang digunakan harus sesuai SNI 15-2049-2004, SNI 15-7064-2004 dan SNI 15-0302-2004.
- b. Agregat halus yaitu pasir yang digunakan harus memenuhi spesifikasi Tabel 7.2 dan Gambar 7.1. Agregat pasir tidak boleh mengandung lumpur, tanah liat dan material-material gembur/mudah hancur (*clay lumps and friable particles*) lebih dari 3% (SNI 03-6819-2002). Agregat pasir harus bebas dari arang, benda-benda dari kayu serta kotoran-kotoran lainnya yang tidak dikehendaki.
- c. Cairan busa (*foam agent*), yang digunakan harus dapat menghasilkan gelembung dengan nilai berat isi sebesar 0,075 – 0,085 t/m<sup>3</sup> bila bercampur dengan air menggunakan alat pembangkit busa (*foam generator*). Cairan busa ini akan menghasilkan material ringan mortar-busa bila dicampur dengan pasir, semen dan air sesuai komposisi desain campuran.
- d. Air untuk mencampur material ringan mortar – busa harus sesuai spesifikasi SNI 7974:2013.

**Tabel 7.2- Gradasi agregat pasir alam berdasarkan ukuran saringan**

	Ukuran Saringan		% Berat Lolos Saringan	
	Inci / No	mm	Minimum	Maksimum
1	1/2"	12,7	100	100
2	3/8"	9,51	98	100
3	1/4"	6,35	96	100
4	4	4,76	96	100
5	8	2,36	80	100
6	16	1,19	50	85
7	30	0,595	25	60
8	50	0,297	11	33
9	100	0,149	4	15
10	200	0,075	0	3



**Gambar 7.1- Grafik gradasi agregat pasir untuk mortar-busa**

Pelaksanaan jalan pendekat (oprit) dengan menggunakan timbunan ringan harus merujuk pada Surat Edaran Menteri PUPR No. 41/SE/M/2015. Berikut ini adalah tahapan pelaksanaan pekerjaan timbunan ringan mortar busa:

- a. Persiapan, sebelum memulai percobaan campuran material ringan mortar-busa untuk mendapatkan komposisi yang optimal untuk mendapatkan nilai persyaratan *flow*, densitas, dan kuat tekan bebas. Semua bahan–bahan harus sesuai ketentuan spesifikasi khusus material ringan mortar busa.
- b. Pemasangan Bekisting, sesuai dengan bentuk timbunan oprit yang telah direncanakan. Segala ketentuan pemasangan bekisting harus sesuai dengan spesifikasi.
- c. Pemasangan jaring kawat (*wire mesh*) ditempatkan di atas lantai kerja, selanjutnya anyaman baja ditempatkan minimum 1 m di atas lapisan material ringan. Dan sesuai dengan spesifikasi material ringan mortar busa.
- d. Penghamparan harus dilakukan pada saat cuaca cerah, tata cara pencampuran sesuai dengan pengadukan dan penghamparan beton (SNI 03-3976-1995). Dan tidak perlu dipadatkan dengan *vibrator*. Atau sesuai dengan spesifikasi material ringan mortar busa.

### 7.3 Drainase

Berikut ini adalah tahapan pelaksanaan pekerjaan drainase pada jalan pendekat (oprit) jembatan:

- a. Persiapan Tempat Kerja
 

Penggalian harus dilaksanakan menurut kelandaian, garis, dan elevasi yang ditentukan dalam gambar desain atau ditunjukkan oleh Pengawas Pekerjaan. Pekerjaan Galian harus dilaksanakan dengan gangguan seminimal mungkin terhadap bahan di bawah dan di luar batas galian.
- b. Pelaksanaan Drainase Beton
  1. Saluran beton bertulang dan pelat penutup harus dibuat sesuai dengan garis dan elevasi dan detail lainnya yang ditunjukkan dalam Gambar Desain, atau seperti yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan dan memenuhi ketentuan Pekerjaan Beton.
  2. Bagian permukaan dari saluran terbuka berbentuk U atau bagian permukaan dari pelat penutup harus dilaksanakan dengan profil yang rata, elevasi akhir dari lapangan harus sesuai dengan rencana serta terhadap elevasi akhir dari perkerasan atau permukaan dari kerb mempunyai toleransi  $\pm 1$  cm. Saluran beton dapat dicor di tempat atau dengan beton pra-cetak. Pelat penutup harus dibuat sebagai unit pracetak dan dapat dipindahkan.
  3. Untuk saluran yang dicor di tempat, Pengawas Pekerjaan dapat mengizinkan untuk menggunakan sisi galian sebagai pengganti cetakan. Dalam hal ini tebal dinding yang menghadap sisi galian dan selimut beton harus ditambah 25 mm tanpa pembayaran tambahan.
  4. Selain itu untuk saluran yang dicor di tempat, sambungan konstruksi harus dibuat pada interval 10 m atau kurang. Sambungan tersebut, seperti sambungan antara ruas-ruas beton pracetak harus mempunyai lebar nominal pemuaian 1 cm dan harus dibungkus dengan adukan semen yang rata dengan permukaan dalam saluran.

5. Lubang sulingan harus dibuat pada dinding saluran sesuai dengan ketentuan tentang drainase *porous*.

## 7.4 Lapisan Perkerasan

Lapisan perkerasan yang biasa digunakan pada jalan pendekat terdapat dua jenis yang umum digunakan yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Berikut tahapan pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku dan perkerasan lentur.

### 7.4.1 Perkerasan Kaku

- a. Pemasangan Bekisting

Setelah dilakukan pengukuran oleh tim surveyor dengan *theodolite* dan *waterpass*.

- b. Pemasangan plastik, profil kayu, *dowel*

Lembaran plastik dihamparkan di atas *lean concrete* sebagai alas beton. *Dowel* terbuat dari baja polos yang ditutup PVC agar beton bisa bergerak (tidak terikat tulangan) dengan diameter sesuai Gambar dipasang memanjang mengakomodir muai susut beton dan transfer beban dan baja *tiebars* sirip/ulir yang dipasang melintang mengakomodir gerakan lenting plat beton akibat panas dingin pada siang malam.

- c. Pengangkutan dan penuangan beton

Beton dituangkan perlahan-lahan sesuai ketebalan yang direncanakan. Perhatikan cuaca dan suhu terlebih jika beton yang digunakan *slump*-nya sangat rendah ( $\pm 5$  cm). Untuk menghindari retak rambut, sebaiknya dilakukan saat malam hari (terutama untuk daerah panas).

- d. *Spreading*

Beton diratakan keseluruh lebar jalan menggunakan alat *spreader*.

- e. Pematatan

Beton yang telah dihampar kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat *vibrator*.

- f. Pekerjaan jidar

Pekerjaan ini dilakukan untuk menguji kerataan permukaan beton. Dilakukan dengan mengetok jidar aluminium di atas permukaan beton. Jika ada permukaan yang bergelombang, maka ditambah adukan beton yang telah diambil 2/3 agregat kasarnya.

- g. Pekerjaan *trowelling*

Sambil menunggu beton *setting* (proses mengeras), penghalusan permukaan beton terus dilakukan. Hasil *trowel* ini sangat bagus dengan permukaan kelihatan rata & mengkilap.

- h. *Grooving* dan perencanaan

*Grooving* dan perencanaan merupakan tahapan pemberian tekstur pada permukaan beton.

- i. Perawatan beton (*curing*)

Untuk melindungi beton dari retak rambut akibat cepatnya susut beton. Perawatan beton dapat dilakukan dengan menggunakan *curing compound* atau dengan cara

menghamparkan karung goni di atas permukaan beton. Apabila menggunakan karung goni, maka karung tersebut perlu dibasahi secara terus menerus selama umur perawatan beton atau sesuai dengan yang diinstruksikan oleh pengawas pekerjaan.

j. Pekerjaan tenda pelindung

Mengurangi terlalu cepatnya penguapan pada permukaan beton. Melindungi dari benda-benda jatuh atau binatang. Melindungi bila tiba-tiba terjadi hujan.

k. Pelepasan bekisting

Bekisting dapat dilepas apabila proses perawatan beton (*curing*) telah selesai dilakukan dan telah mendapatkan persetujuan dari pengawas pekerjaan.

#### 7.4.2 Perkerasan Lentur

a. Peralatan

Instalasi pencampur, alat pengangkut, dan penghampar campuran aspal harus memenuhi ketentuan. Kontraktor harus melakukan pemeliharaan yang tepat agar alat-alat kecil selalu bersih dari material bitumen yang melekat. Juga harus tersedia selalu penutup atau terpal, bila diperintahkan Konsultan Pengawas, untuk keadaan darurat seperti hujan, angin dingin, atau bila harus ada penundaan, untuk menutupi atau melindungi material yang sudah dihamparkan tapi belum dipadatkan.

b. Penyiapan material bitumen (aspal)

Material bitumen harus dipanaskan sampai suhu yang ditentukan dan tidak boleh ada kelebihan suhu secara lokal, dan harus menjamin pengiriman material itu secara menerus ke *mixer* dalam suhu yang tetap dan merata. Aspal semen harus tidak boleh digunakan kalau masih berbuih atau suhunya melebihi dari 175° C.

c. Penyiapan agregat

Agregat untuk campuran harus dikeringkan dan dipanaskan pada suhu tertentu. Api untuk pemanasan itu harus diatur sehingga tidak menyebabkan agregat rusak dan berjelaga. Setelah dipanaskan dan dikeringkan, agregat harus segera disaring menjadi tiga macam fraksi atau lebih sebagaimana ketentuan, dan dibawa ke penyimpanan (*compartment*) masing-masing untuk segera dicampur dengan material bitumen. Saat aspal semen digunakan, suhu agregat pada waktu masuk ke *mixer*, dengan batas toleransi yang dibolehkan oleh *job-mix* formula, tidak lebih dari suhu dimana aspal keras mempunyai kekentalan (*Saybolt Furol Viscosity*) sebesar 100 detik, menurut AASHTO T 72. Suhu tidak boleh lebih rendah dari yang telah ditentukan untuk mencapai pelapisan yang baik dan merata untuk butir agregat, dan untuk menghasilkan campuran yang mudah dikerjakan.

d. Pencampuran

Agregat yang sudah kering harus dicampurkan ke dalam *mixer* dengan jumlah setiap fraksi agregat sesuai dengan ketentuan *job-mix formula*. Material bitumen harus diukur dan dimasukkan ke dalam *mixer* dengan ketentuan yang sama dengan *job-mix formula*.

Setelah agregat dan material bitumen dalam jumlah tertentu dimasukkan ke dalam *mixer*, kecuali bila ditentukan lain, material-material itu harus diaduk sampai butir-butir agregat terlapisi aspal secara merata.

Waktu pencampuran basah akan ditentukan oleh Konsultan Pengawas untuk setiap alat dan setiap tipe agregat yang digunakan.

Untuk perkerasan aspal maka campuran aspal beton harus dibuat pada temperatur yang mendekati temperatur terendah yang masih memungkinkan campuran mudah dikerjakan (dihampar dan dipadatkan), dan masih didalam rentang temperatur yang disyaratkan.

e. Pengangkutan, penghamparan, dan penyelesaian

Campuran (aspal beton) harus diangkut dari instalasi pencampur ke tempat pekerjaan sesuai dengan ketentuan spesifikasi. Pengangkutan material jangan sampai terlambat sehingga menghambat penyelesaian pekerjaan pada siang hari, kecuali bila Konsultan Pengawas mengizinkan kerja malam dan disediakan penerangan yang memadai. Setiap kendaraan pengangkut harus ditimbang setelah dimuati, dan harus ada catatan mengenai berat kotor, berat bersih, berat kendaraan, suhu, dan waktu operasi pengangkutan. Suhu campuran aspal saat dimasukkan ke alat penghampar minimum 130° C dan saat digilas pertama kali (*initial rolling*) suhu minimum 125° C.

f. Campuran (aspal beton) harus dihamparkan pada permukaan yang telah disetujui, diratakan dan ditempa sesuai dengan kelandaian dan elevasi yang ditentukan. Untuk menghamparkan campuran, harus digunakan *paver*, baik pada seluruh lebar atau sebagian lebar jalan yang masih memungkinkan.

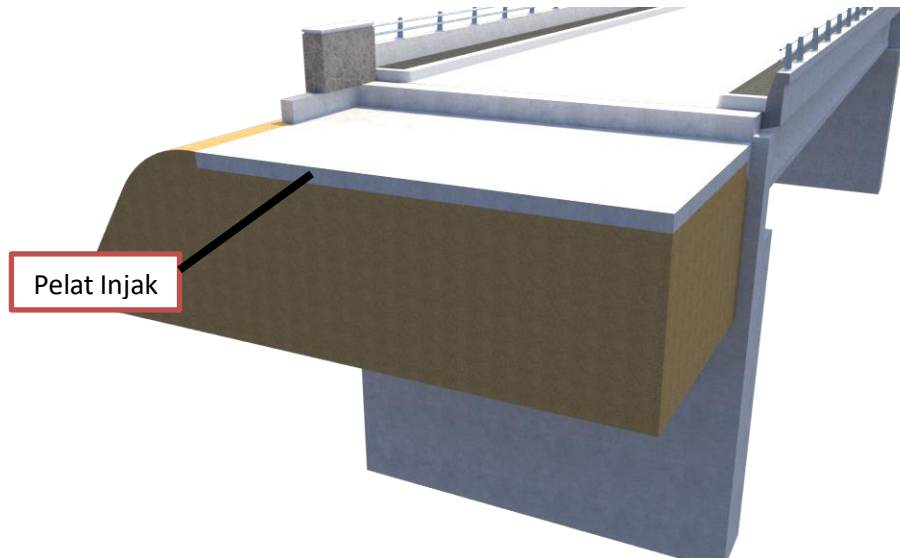
g. Pemadatan

1. Setelah campuran aspal dihamparkan, ditempa dan permukaan yang tidak rata diperbaiki, maka harus dipadatkan secara merata dengan digilas. *Specific gravity* sesuai ketentuan AASHTO T 230, tidak boleh kurang dari 98% *specific gravity* material contoh laboratorium yang tersusun dari material yang sama, dengan proporsi yang sama pula.
2. Jumlah, berat dan jenis *roller* harus memadai untuk menghasilkan kepadatan yang ditentukan, pada saat campuran dalam keadaan yang dapat dikerjakan (*workable*). Urutan operasi penggilasan dan pemilihan jenis *roller* harus sesuai dengan kepadatan yang dikehendaki dan disetujui oleh Konsultan Pengawas.
3. Penggilasan campuran harus terdiri dari tiga operasi pelaksanaan yang terpisah sebagai berikut:
  - a) Penggilasan awal (*break down*)
  - b) Penggilasan sekunder (*intermediate*)
  - c) Penggilasan akhir (*finishing*).

4. Penggilasan awal dan akhir seluruhnya harus dilaksanakan dengan mesin gilas beroda baja. Penggilasan sekunder harus dikerjakan dengan mesin gilas yang beroda bertekanan angin. Mesin gilas untuk penggilasan awal harus beroperasi dengan depan (*drive roll*) sedekat mungkin dengan mesin penghampar (*paver*).
  5. Penggilasan sekunder harus dilaksanakan secepat mungkin setelah penggilasan awal dan harus dikerjakan sementara campuran masih pada suatu temperatur yang akan menghasilkan suatu pemadatan yang maksimum. Penggilasan akhir harus dikerjakan sementara bahan yang bersangkutan masih berada dalam suatu kondisi yang cukup dapat dikerjakan sehingga semua bekas jejak roda mesin gilas dapat dihilangkan.
  6. Permukaan harus digilas pada saat campuran dalam kondisi yang tepat, tidak memungkinkan terjadi lapisan lepas (terkelupas), retak atau bergeser.
  7. Kecepatan mesin gilas tidak boleh lebih dari 4 km/jam untuk mesin gilas beroda baja dan 6 km/jam untuk mesin yang menggunakan ban bertekanan angin. Jalur penggilasan tidak boleh diubah dengan tiba-tiba, begitu pula arah penggilasan tidak diputar balik dengan tiba-tiba, cara mana dapat menimbulkan perpindahan/bergesernya campuran.
  8. Penggilasan harus berlanjut secara terus menerus selama waktu yang diperlukan untuk memperoleh pemadatan yang seragam sementara campuran yang bersangkutan berada dalam kondisi dapat dikerjakan dan sampai semua bekas jejak roda mesin gilas dan ketidakrataan lainnya dihilangkan.
  9. Sambungan-sambungan melintang harus digilas pertama dan dalam penggilasan awal harus digilas dalam arah melintang dengan memasang papan-papan dengan ketebalan seperti yang diminta dari perkerasan jalan untuk memungkinkan gerakan mesin gilas di luar perkerasan jalan. Dimana sambungan melintang akan dibuat di samping suatu jalur lapisan sebelumnya maka lintasan pertama harus dibuat sepanjang sambungan membujur untuk suatu jarak yang pendek.
  10. Roda *roller* harus dijaga agar selalu basah dengan disemprot air atau air dicampur sedikit detergen atau material lain yang disetujui, agar campuran tidak melekat pada roda *roller*. Cairan pembasah yang berlebihan tidak diperbolehkan. Pada daerah-daerah yang tidak memungkinkan dipadatkan dengan *roller*, pemadatan dilakukan dengan "*hand tamper*" atau alat pemadat tangan lainnya yang disetujui. Pada daerah yang rendah dapat digunakan *trench roller*, atau *cleated compression strips* yang digunakan di bawah *roller* untuk meneruskan tekanan ke daerah yang rendah tersebut.
- h. *Overlay* dan penyesuaian permukaan
- Bila Kontrak mensyaratkan pelapisan ulang (*overlay*) perkerasan jalan *existing*, pekerjaan ini harus dilakukan sesuai dengan instruksi Konsultan Pengawas. Konsultan Pengawas mungkin memerintahkan pelapisan ulang dilakukan pada sebagian lebarnya atau dibatasi panjangnya, untuk mempermudah penyesuaian tinggi permukaan.

## 7.5 Pelat Injak

Pelat injak adalah konstruksi beton bertulang yang berada di bawah permukaan jalan dan berada di belakang kepala jembatan yang memiliki fungsi untuk menyebarkan beban roda kendaraan ke tanah timbunan. Metode pelaksanaan pelat injak bisa dilakukan secara cor ditempat (*cast in situ*) dan pracetak (*precast*).



Gambar 7.2- Sketsa pelat injak jembatan

### 7.5.1 Pelaksanaan Pekerjaan Pelat Injak Cor Ditempat (*Cast In Situ*)

Pelaksanaan pekerjaan pelat injak cor ditempat (*cast in situ*) meliputi pekerjaan berikut ini:

- Pekerjaan persiapan, pastikan pekerjaan timbunan dan pemadatan jalan pendekat (oprit) selesai dilaksanakan. Selain itu perlu dipastikan juga stabilitas tanah asli dan tanah timbunan agar ketika dilaksanakan pekerjaan pelat injak tidak terjadi penurunan.
- Setelah pekerjaan persiapan selesai dikerjakan, maka selanjutnya dilakukan perakitan bekisting pelat dan perakitan baja tulangan.
- Bekisting dan baja tulangan yang telah selesai dipabrikasi lalu ditempatkan pada titik atau lokasi penempatan pelat injak. Baja tulangan dipasang dengan *spacer* beton dengan ketentuan yang disyaratkan pada sub bab Material Jembatan mengenai "Selimut Beton". Instalasi baja tulangan yang telah dipabrikasi perlu dilakukan secara hati-hati agar posisi penempatannya sesuai dengan gambar rencana.
- Beton yang digunakan harus memenuhi persyaratan pada Bab 2 mengenai Material Beton. Pengecoran dilakukan dengan menggunakan bantuan pompa beton/pipa tremi. Setelah pengecoran selesai dilakukan maka beton dipadatkan dengan menggunakan alat penggetar (*vibrator*).
- Segara setelah pengecoran, beton harus dilindungi dari pengeringan dini, temperatur yang terlalu panas, dan gangguan mekanis. Perawatan yang perlu dilakukan untuk menjaga beton tidak mengalami hidrasi berlebih adalah dengan cara menggunakan *curing compound* atau dengan membungkus dengan bahan penyerap air dan dibasahi terus menerus selama minimal 3 hari.



- f. Bekisting dapat dilepas setelah mendapat persetujuan dari pengawas pekerjaan.

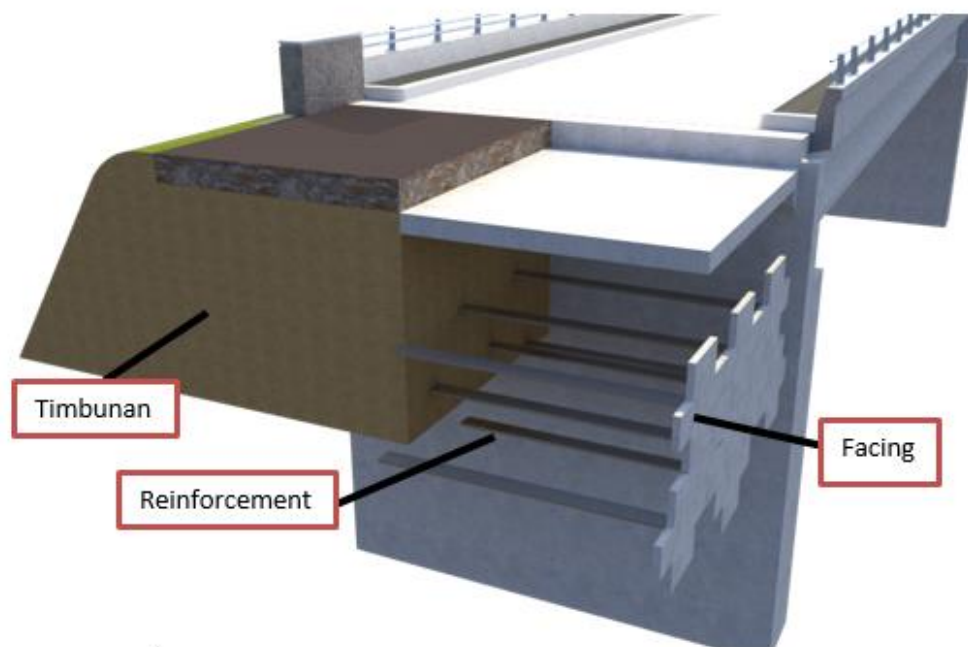
### 7.5.2 Pelaksanaan Pelat Injak Pracetak (*Precast*)

Tahapan pelaksanaan pekerjaan pelat injak pracetak (*precast*) meliputi pekerjaan berikut ini:

- a. Pekerjaan persiapan, pastikan pekerjaan timbunan dan pemadatan jalan pendekat (*oprit*) selesai dilaksanakan. Selain itu perlu dipastikan juga stabilitas tanah asli dan tanah timbunan agar ketika dilaksanakan pekerjaan pelat injak tidak terjadi penurunan.
- b. Pembuatan pelat dari beton pracetak harus sesuai dengan yang disyaratkan dalam perencanaan.
- c. Setelah pembuatan panel beton pracetak selesai dilakukan maka tahapan selanjutnya adalah mobilisasi panel beton menuju lokasi pekerjaan.
- d. Panel beton pracetak dipasang secara segmental seluas area pelat injak.

### 7.6 Dinding MSE (*Mechanically Stabilize Earth*)

Dinding MSE terdiri atas dinding muka/penutup muka dan perkuatan baja atau geosintetik yang diikatkan pada dinding dan dipasang secara berlapis di dalam timbunan tanah berbutir yang mudah mengalirkan air (*free draining material*). Kombinasi perkuatan dan timbunan tanah berbutir menghasilkan struktur komposit yang stabil secara internal. Sketsa dari dinding MSE dapat dilihat pada Gambar 7.3 berikut ini. Pelaksanaan pekerjaan dinding MSE dapat merujuk pada AASHTO LRFD *Bridge Construction Specification* 4<sup>th</sup> 2017 mengenai "*Mechanically Stabilized Earth Walls*".



**Gambar 7.3- Sketsa dinding MSE**

a. Panel Dinding (*Facing*)

Panel dinding (*facing*) dapat terbuat dari panel beton pracetak (*precast*), beton cor ditempat (*cast-in-place*) atau kabel baja yang dipabrikasi dan harus sesuai dengan yang disyaratkan dalam dokumen kontrak atau gambar kerja yang disetujui.

Panel beton pracetak harus dipasang sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam standar konstruksi struktur beton dalam AASHTO 2010 divisi 2 bagian 8. Kuat tekan beton harus sesuai dokumen kontrak atau memiliki kuat tekan sebesar 25 MPa, ataupun lebih besar.

*Facing* kabel yang dilas, baik yang bersifat sementara ataupun permanen, harus dibengkokkan dengan sudut 90 derajat dari perkuatan tanah. Bagian vertikal dari perkuatan tanah yang membentuk dinding (*facing*) dihubungkan ke bagian atas dari perkuatan tanah.

b. Perkuatan Tanah (*Soil Reinforcement*)

Semua perkuatan tanah dengan baja dan baja konektor lainnya harus digalvanisasi sesuai dengan AASHTO M 111M/M 111 (ASTM A123/A123M).

Perkuatan dengan sistem *steel strip* harus dicetak sesuai dengan bentuk dan dimensinya. Baja yang digunakan harus sesuai dengan ASTM A572/A572M, kelas 65 (kelas 450), kecuali jika tidak ditentukan dalam dokumen kontrak.

Perkuatan dengan sistem kabel las pabrikasi harus dibuat dari kabel yang ditarik secara dingin (*cool-drawn*) sesuai dengan ukuran dan spasi yang ditentukan dalam dokumen kontrak atau pada gambar kerja yang disetujui. Kabel baja harus sesuai dengan persyaratan AASHTO M 32M / M 32 (ASTM A82) dan sistem pabrikasinya harus sesuai dengan persyaratan AASHTO M 55M / M 55 (ASTM A185).

Perkuatan dengan sistem polimerik harus dari jenis dan ukuran yang ditentukan dalam dokumen kontrak atau pada gambar kerja yang disetujui dan harus sesuai dengan yang ditentukan persyaratan material dan manufaktur. Konektor harus sesuai dengan dokumen kontrak atau gambar kerja yang disetujui. Mutu dari perkuatan dengan polimerik dapat merujuk pada Pedoman No. 003/BM/2009 mengenai "Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik".

c. Pelaksanaan Perkuatan Dinding MSE dengan Menggunakan *Steel Strip*

1. Tahap persiapan pekerjaan dinding MSE terdiri dari persiapan material dan peralatan yang akan digunakan, dilakukan pengukuran dan pemasangan patok pekerjaan.
2. Pekerjaan galian dilakukan setelah pekerjaan persiapan selesai dilakukan. Kedalaman dan lebar dari galian dilakukan sesuai dengan gambar rencana dan persetujuan dari pengawas pekerjaan. Penggalian dilakukan dengan alat penggali seperti *excavator*.
3. Setelah bantalan beton selesai dikerjakan maka dilanjutkan dengan pemasangan panel beton. Panel beton harus dijaga ketegakannya. Untuk menjaga panel tetap pada posisi yang tegak, maka penyedia dapat membuat pangaku dari kayu yang ditempatkan di luar panel yang bertujuan untuk menahan panel agar tetap tegak.

4. Dilakukan penimbunan secara bertahap sesuai dalam gambar rencana. Setelah tanah dihampar maka dilanjutkan dengan pemadatan dengan menggunakan stamper ataupun alat berat seperti *roller*. Alat pemadat jenis *sheep foot* atau *grid-type roller* tidak boleh digunakan untuk memadatkan timbunan dalam batas perkuatan tanah.
  5. Setelah tanah telah ditimbunan dan dipadatkan, maka selanjutnya dilakukan pemasangan perkuatan. Perkuatan dipasang dan ikatkan pada panel dinding beton dengan cara dimur (untuk perkuatan jenis *steel strip*). Semua perkuatan harus dikencangkan secara seragam untuk menghilangkan lendutan pada sambungan atau pada material.
  6. Setelah itu dilakukan kembali tahap 5 hingga tahap 7. Ulangi langkah tersebut hingga elevasi pekerjaan sesuai dengan gambar rencana.
- d. Pelaksanaan Perkuatan Dinding MSE dengan Menggunakan Geosintetik
1. Persiapan tanah dasar;
    - a) Penggalian tanah pondasi hingga mencapai elevasi rencana;
    - b) Periksa daerah tanah pondasi yang telah digali. Tanah pondasi yang buruk harus dipadatkan atau digali dan diganti dengan bahan timbunan pilihan yang dipadatkan;
    - c) Pemadatan tanah dasar dengan alat pemadat getar atau pemadat roda karet;
    - d) Pada areal pondasi yang tidak stabil, metode perbaikan tanah atau metode lainnya perlu dibuat sebelum pemasangan dinding.
  2. Penempatan alas perata;

Alas perata beton tak bertulang harus ditempatkan pada elevasi pondasi untuk seluruh dinding MSE yang menggunakan elemen penutup muka beton (panel dan blok beton modular). Biasanya alas perata beton ini mempunyai lebar 300 mm dan tebal 150 mm. Fungsi alas perata ini adalah sebagai acuan dalam pemasangan penutup muka dan bukan sebagai pondasi penopang struktural.
  3. Penempatan penutup muka di atas alas perata;
    - a) Penutup muka dapat terdiri dari panel beton pracetak, baja atau blok modular;
    - b) Baris pertama panel dapat berupa panel dengan tinggi utuh maupun hanya setengahnya, tergantung pada jenis penutup muka yang digunakan. Deret bertingkat pertamanya harus ditopang ke atas untuk mempertahankan stabilitas dan kelurusan. Untuk konstruksi dengan blok modular pracetak, digunakan blok utuh dan tidak ditopang;
    - c) Pemasangan panel penutup muka serta penimbunan dilakukan secara simultan.

4. Penimbunan dan pemadatan timbunan tanah dasar;
  - a) Bahan timbunan harus dihamparkan dengan tebal seperti yang disyaratkan;
  - b) Timbunan sebaiknya dipadatkan hingga kepadatan tertentu, umumnya 95% sampai dengan 100% kepadatan maksimum, pada rentang kadar air optimum tertentu;
  - c) Kinerja timbunan yang baik menuntut penimbunan dan pemadatan yang konsisten. Tebal lapisan timbunan dinding harus dibatasi dengan persyaratan spesifikasi dan distribusi vertikal elemen perkuatan.
5. Penggelaran elemen perkuatan;

Perkuatan digelar dan dihubungkan dengan penutup muka ketika penimbunan telah mencapai elevasi sambungan. Perkuatan biasanya ditempatkan secara tegak lurus terhadap unit penutup muka bagian belakang;
6. Penghamparan timbunan di atas perkuatan;
  - a) Perkuatan geosintetik harus ditarik kencang dan diangkurkan sebelum penghamparan timbunan;
  - b) Pekerjaan penghamparan dan penyebaran timbunan harus dapat mencegah atau meminimalisasi terjadinya kerutan pada geosintetik. Kerutan di dekat sambungan dengan penutup muka harus dihindari karena dapat menyebabkan terjadinya pergerakan diferensial pada muka dinding;
  - c) Suatu lapisan timbunan minimal setebal sebesar 150 mm harus berada di antara perkuatan dan roda alat berat sepanjang waktu.

## **7.7 K3 Pelaksanaan Jalan Pendekat Jembatan**

### **7.7.1 K3 Pekerjaan Timbunan Jalan**

Pelaksanaan pekerjaan timbunan jalan memiliki resiko tersendiri terhadap keselamatan pekerja di lingkungan pekerjaan selama pembuatan timbunan jalan berlangsung. Berikut ini potensi bahaya dan caraantisipasi dari pelaksanaan timbunan ditunjukkan pada Tabel 7.3

**Tabel 7.3- K3 pekerjaan timbunan jalan**

<b>Pekerjaan</b>	<b>Item Pekerjaan</b>	<b>Potensi Bahaya</b>	<b>Antisipasi</b>
Pelaksanaan Pekerjaan Lapis Perkerasan	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> <li>• Tergores oleh alat ukur.</li> <li>• Kecelakaan akibat pemasangan patok.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li> <li>• Pekerja harus menggunakan sarung tangan.</li> <li>• Pemasangan patok harus dilakukan secara hati-hati.</li> </ul>
	Penghamparan material timbunan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat alat gali.</li> <li>• Bahaya akibat lereng galian longsor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggalian harus dilakukan secara hati-hati dan pekerja menggunakan APD.</li> <li>• Lereng galian harus dibuat landai.</li> </ul>
	Penyiraman	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luka terkena mortar.</li> <li>• Luka terkena pecahan batu,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan mortar dilakukan secara hati-hati dan menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Penempatan batu pecah dilakukan secara hati-hati.</li> </ul>
	Pemadatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat operasional alat pemadat.</li> <li>• Kecelakaan akibat metode penimbunan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengoperasian alat pemadat harus dilakukan oleh operator yang berpengalaman.</li> <li>• Metode pemadatan harus dilakukan secara benar.</li> </ul>

### 7.7.2 K3 Pekerjaan Drainase

Pelaksanaan pekerjaan drainase memiliki resiko tersendiri terhadap keselamatan pekerja di lingkungan pekerjaan selama pembuatan drainase berlangsung. Berikut ini potensi bahaya dan cara antisipasi dari pelaksanaan drainase ditunjukkan pada Tabel 7.4

**Tabel 7.4 - K3 pekerjaan drainase**

<b>Pekerjaan</b>	<b>Item Pekerjaan</b>	<b>Potensi Bahaya</b>	<b>Antisipasi</b>
Pelaksanaan Pekerjaan Lapis Perkerasan	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li><li>• Tergores oleh alat ukur.</li><li>• Kecelakaan akibat pemasangan patok.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li><li>• Pekerja harus menggunakan sarung tangan.</li><li>• Pemasangan patok harus dilakukan secara hati-hati.</li></ul>
	Penggalian	<ul style="list-style-type: none"><li>• Terluka akibat alat gali.</li><li>• Bahaya akibat lereng galian longsor.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Penggalian harus dilakukan secara hati-hati dan pekerja menggunakan APD.</li><li>• Lereng galian harus dibuat landai.</li></ul>
	Pasangan batu	<ul style="list-style-type: none"><li>• Luka terkena mortar.</li><li>• Luka terkena pecahan batu,</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pemasangan mortar dilakukan secara hati-hati dan menggunakan APD lengkap.</li><li>• Penempatan batu pecah dilakukan secara hati-hati.</li></ul>

### 7.7.3 K3 Lapis Perkerasan

Pelaksanaan pekerjaan lapis perkerasan memiliki resiko tersendiri terhadap keselamatan pekerja di lingkungan pekerjaan selama pembuatan lapis perkerasan berlangsung. Berikut ini potensi bahaya dan cara antisipasi dari pelaksanaan lapis perkerasan ditunjukkan pada Tabel 7.5

**Tabel 7.5- K3 pekerjaan lapis perkerasan**

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
Pelaksanaan Pekerjaan Lapis Perkerasan	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> <li>• Tergores oleh alat ukur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li> <li>• Pekerja harus menggunakan sarung tangan.</li> </ul>
	Penghamparan lapis pondasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat penghamparan lapis pondasi.</li> <li>• Sesak pernapasan akibat debu dari material lapis pondasi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja harus menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Pekerja harus menggunakan masker.</li> </ul>
	Penghamparan lapis perkerasan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terciprat oleh aspal panas</li> <li>• Sesak pernapasan akibat debu dari material lapis pondasi.</li> <li>• Terluka akibat alat penghampar lapis perkerasan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja harus menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Pekerja harus menggunakan masker.</li> <li>• Pekerja harus menjaga jarak aman dengan peralatan yang digunakan.</li> </ul>
	Pemadatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat mesin pemadat lapis perkerasan (<i>roller</i>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelaksanaan pemadatan harus dilakukan oleh pekerja yang ahli dan diusahakan menjaga jarak aman dengan alat pemadat.</li> </ul>

#### 7.7.4 K3 Pelat Injak

Pelaksanaan pekerjaan pelat injak memiliki resiko tersendiri terhadap keselamatan pekerja di lingkungan pekerjaan selama pembuatan pelat injak berlangsung. Berikut ini potensi bahaya dan cara antisipasi dari pelaksanaan pelat injak ditunjukkan pada Tabel 7.6

**Tabel 7.6- K3 pekerjaan pelat injak**

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
Pelaksanaan Pekerjaan Pelat Injak	Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li></ul>
	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bahaya dari alat yang digunakan.</li><li>• Bahaya dari material yang digunakan.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan.</li><li>• Pemeriksaan terlebih dahulu terhadap material yang digunakan.</li></ul>
	Timbunan	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sesak nafas akibat debu dari material timbunan</li><li>• Terluka akibat alat pemadat.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pekerja harus menggunakan masker.</li><li>• Pekerja yang menggunakan alat pemadat harus orang yang berpengalaman dan dilakukan secara hati-hati.</li></ul>
	Pemasangan pelat lantai pracetak	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tertimpa beton pracetak.</li><li>• Kecelakaan akibat alat pengangkat beton pracetak.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pemasangan dilakukan secara hati-hati dan pekerja harus menggunakan APD lengkap.</li><li>• Pekerja harus menjaga jarak aman saat pelaksanaan pengangkatan beton pracetak.</li></ul>



### 7.7.5 K3 Dinding MSE

Pelaksanaan pekerjaan dinding MSE memiliki resiko tersendiri terhadap keselamatan pekerja di lingkungan pekerjaan selama pembuatan dinding MSE berlangsung. Berikut ini potensi bahaya dan cara antisipasi dari pelaksanaan dinding MSE ditunjukkan pada Tabel 7.7.

**Tabel 7.7 - K3 dinding MSE**

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Antisipasi
Pelaksanaan Pekerjaan MSE Wall	Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li> </ul>
	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya dari alat yang digunakan.</li> <li>• Bahaya dari peralatan yang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan.</li> <li>• Pemeriksaan terlebih dahulu terhadap material yang digunakan.</li> </ul>
	Penyiapan lantai kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya akibat bahan dan peralatan yang digunakan.</li> <li>• Bahaya akibat genangan air.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Menggunakan sepatu <i>boot</i> yang sesuai standar.</li> </ul>
	Pemasangan panel dinding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tertimpa panel dinding.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan dilakukan secara hati-hati dan pekerja harus menggunakan APD lengkap.</li> </ul>
	Pemasangan perkuatan ( <i>reinforcement</i> ) dari baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tangan tergores akibat pemasangan perkuatan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja diharuskan menggunakan sarung tangan.</li> </ul>
	Timbunan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sesak nafas akibat debu dari material timbunan</li> <li>• Terluka akibat alat pemadat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja harus menggunakan masker.</li> <li>• Pekerja yang menggunakan alat pemadat harus orang yang berpengalaman dan dilakukan secara hati-hati.</li> </ul>

## Contents

7	JALAN PENDEKAT JEMBATAN (OPRIT).....	7-1
7.1	Umum.....	7-1
7.2	Timbunan Jalan.....	7-1
7.2.1	Tanah Timbunan.....	7-1
7.2.2	Timbunan Ringan.....	7-2
7.3	Drainase.....	7-4
7.4	Lapisan Perkerasan.....	7-5
7.4.1	Perkerasan Kaku .....	7-5
7.4.2	Perkerasan Lentur.....	7-6
7.5	Pelat Injak.....	7-9
7.5.1	Pelaksanaan Pekerjaan Pelat Injak Cor Ditempat ( <i>Cast In Situ</i> ) .....	7-9
7.5.2	Pelaksanaan Pelat Injak Pracetak ( <i>Precast</i> ).....	7-10
7.6	Dinding MSE ( <i>Mechanically Stabilize Earth</i> ) .....	7-10
7.7	K3 Pelaksanaan Jalan Pendekat Jembatan.....	7-13
7.7.1	K3 Pekerjaan Timbunan Jalan .....	7-13
7.7.2	K3 Pekerjaan Drainase.....	7-15
7.7.3	K3 Lapis Perkerasan .....	7-16
7.7.4	K3 Pelat Injak .....	7-17
7.7.5	K3 Dinding MSE.....	7-18
	Gambar 7.1- Grafik gradasi agregat pasir untuk mortar-busa.....	7-3
	Gambar 7.2- Sketsa pelat injak jembatan .....	7-9
	Gambar 7.3- Sketsa dinding MSE.....	7-10
	Tabel 7.1- Gradasi timbunan pilihan berbutir.....	7-2
	Tabel 7.2- Gradasi agregat pasir alam berdasarkan ukuran saringan.....	7-3
	Tabel 7.3- K3 pekerjaan timbunan jalan.....	7-14
	Tabel 7.4 - K3 pekerjaan drainase .....	7-15
	Tabel 7.5- K3 pekerjaan lapis perkerasan .....	7-16
	Tabel 7.6- K3 pekerjaan pelat injak.....	7-17
	Tabel 7.7 - K3 dinding MSE .....	7-18

## 8 BANGUNAN PELENGKAP

### 8.1 Umum

Bangunan pelengkap jembatan merupakan bangunan yang bertujuan untuk mendukung fungsi dan keamanan dari konstruksi jembatan. Bangunan pelengkap yang akan dibahas pada bab ini meliputi bangunan pengaman dan perlengkapan lainnya.

### 8.2 Bangunan Pengaman

Bangunan pengaman merupakan bangunan yang dibuat untuk melindungi komponen struktur bawah jembatan dan melindungi tebing sungai dari gerusan. Bangunan pengaman yang dimaksud terbagi menjadi bangunan pelindung tebing sungai, bangunan pengarah aliran/pelindung tebing tak langsung (krib), bangunan pengaman pilar jembatan (fender), dan bangunan pengaman/pengendali dasar sungai.

#### 8.2.1 Bangunan Pengaman Tebing Sungai

Bangunan pengaman tebing sungai dibuat dengan tujuan untuk melindungi tebing sungai akibat dari gerusan material yang terbawa oleh arus sungai. Material yang terbawa oleh aliran sungai dapat menyebabkan longsoran yang terjadi di bagian tebing sungai apabila bagian tebingnya tidak dilindungi oleh struktur penahan. Bangunan pengaman tebing sungai meliputi dinding penahan tanah, dinding turap, talud, rip-rap, dan dinding tiang secant.

##### 8.2.1.1 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan suatu sistem struktur yang berfungsi untuk menjaga kestabilan lereng. Lereng ini dapat berbentuk lereng timbunan atau lereng alami yang terdapat indikasi ketidakstabilan lereng. Material dinding penahan tanah terbuat dari beton, pasangan batu atau beronjong. Pada konstruksi jembatan tipe konstruksi dari dinding penahan tanah yang umum dilaksanakan adalah tipe gravitasi (*gravity wall*). Tipe gravitasi ini dapat terbuat dari pasangan batu, beton kantilever dan semi gravitasi berupa beton kantilever dengan rusuk (*counterfort*). Pada gambar berikut ditunjukkan perkiraan dimensi untuk masing-masing jenis konstruksi.

3. Dinding penahan tanah dari beton bertulang
  - Beton (pasir, agregat, semen dan air).
  - Baja Tulangan
  - *Curing compound*
  - Material timbunan (timbunan pilihan atau timbunan biasa)
  - Material bekisting (kayu atau papan).

b. Jenis Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan jenis konstruksinya dinding penahan tanah ini terdiri dari 3 jenis, yaitu:

1. Dinding penahan tanah tipe gravitasi dan semi gravitasi

Dinding penahan tanah gravitasi terbuat dari pasangan batu kali atau beton tidak bertulang, yang mengandalkan bobotnya sendiri untuk menjaga stabilitasnya.

2. Dinding penahan tanah beton tipe kantilever

Dinding penahan tanah kantilever dibuat dari beton bertulang, karena itu dimensi *stem* dan *base slab* menjadi relatif tipis. Selain bobotnya sendiri, dinding penahan tanah kantilever ini mengandalkan pada bobot massa tanah yang berada di atas *base slab*, untuk menjaga stabilitasnya.

3. Dinding penahan tanah beton kantilver dengan rusuk (counterfort)

Untuk menahan tanah yang tinggi dengan tetap menjaga dinding vertikal yang tipis, maka *stem* dinding penahan tanah kantilever perlu diperkuat dengan *rib-rib* beton yang dipasang pada jarak-jarak tertentu. Bila *rib-rib* tersebut berada di belakang dinding (akan tertutup tanah) maka pengaku tersebut dinamakan *counterfort*, sedangkan bila berada di muka dinding, dinamakan *buttress*.

## 2. Pelaksanaan Pekerjaan Pasangan Batu

### a) Pekerjaan Persiapan

- 1) Pekerjaan persiapan dimulai dari pelaksanaan pengukuran, penentuan titik lokasi dinding penahan, pemasangan patok-patok penggalian, persiapan peralatan yang akan digunakan, perencanaan urutan galian, urutan pelaksanaan pasangan batu, penentuan lokasi yang dijadikan *stock yard*, juga tempat penimbunan sementara batu yang digunakan sebelum dipasang.
- 2) Pelaksanaan pekerjaan galian dimulai dengan memastikan patok yang telah dipasang pada lokasi pekerjaan sudah sesuai dengan gambar. Galian harus memenuhi ketentuan dari disyaratkan dalam gambar rencana dan disetujui oleh pengawas pekerjaan. Setelah pekerjaan penggalian selesai dilaksanakan, pastikan bahwa permukaan tanah yang telah digali benar-benar rata.

### b) Pemasangan Batu

- 1) Landasan dari adukan mortar (1 semen : 3 pasir pasang) digunakan sebagai landasan dengan ketebalan 3 cm dan disiapkan sesaat sebelum penempatan masing-masing batu pada lapisan pertama. Batu besar harus digunakan untuk lapis dasar dan pada sudut-sudut. Perlu diperhatikan bahwa batu dengan ukuran yang seragam perlu dihindari.
- 2) Batu dipasangkan dengan sisi yang terpanjang pada posisi mendatar dan sisi yang tampak harus dipasang sejajar dengan sisi dinding dari batu yang terpasang.
- 3) Batu harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak bergeser setelah disusun. Dibutuhkan peralatan yang sesuai untuk memasang batu yang lebih besar dari ukuran yang dapat ditangani oleh dua orang.

### c) Penempatan Adukan Mortar

- 1) Sebelum pemasangan, batu perlu dicuci (dibersihkan) terlebih dahulu agar terbebas dari lumpur yang menempel pada permukaan batu dan batu harus dalam kondisi jenuh. Landasan (permukaan) yang akan menerima setiap batu juga perlu dibasahi dan selanjutnya landasan dari adukan harus disebar pada sisi batu yang bersebelahan dengan batu yang dipasang.
- 2) Tebal lapisan mortar harus berkisar antara 2 cm hingga 5 cm. Hal tersebut merupakan kebutuhan minimum untuk menjamin bahwa seluruh rongga antara batu yang dipasang terisi penuh.
- 3) Banyaknya adukan mortar semen untuk landasan yang ditempatkan pada suatu waktu haruslah dibatasi sehingga batu hanya dipasang pada adukan mortar baru yang belum mengeras. Apabila batu menjadi longgar atau lepas setelah adukan mengalami pengerasan awal, maka batu tersebut perlu dibongkar dan dibersihkan kembali permukaannya untuk kemudian dipasang kembali dengan adukan mortar yang baru.

berat untuk penggaliannya seperti *excavator*. Apabila selama penggalian berlangsung terdapat muka air, maka perlu dilakukan *dewatering* terlebih dahulu agar tidak mengganggu pekerjaan penggalian.

3) Perakitan Bekisting

Perakitan bekisting dilakukan dengan menggunakan kayu atau papan kayu yang dibentuk menyesuaikan dengan bentuk dinding penahan tanahnya.

4) Pengecoran

Pengecoran beton dilakukan setelah instalasi baja tulangan selesai. Tinggi jatuh pengecoran maksimal 1,5 m agar tidak terjadi segregasi. Selama pengecoran berlangsung maka dilakukan juga pemadatan terhadap beton dengan menggunakan alat penggetar (*vibrator*).

5) Curing Beton

Segera setelah pengecoran, beton harus dilindungi dari pengeringan dini, temperatur yang terlalu panas, dan gangguan mekanis. Perawatan yang perlu dilakukan untuk menjaga beton tidak mengalami panas hidrasi berlebih adalah dengan cara menggunakan curing compound atau dengan membungkus dengan bahan penyerap air dan dibasahi terus menerus selama minimal 3 hari atau sesuai dengan yang diinstruksikan oleh pengawas pekerjaan.

6) Pelepasan Bekisting

Bekisting dapat dilepas setelah mendapat persetujuan dari pengawas pekerjaan.

7) Penimbunan

Setelah bekisting dilepas maka dilakukan tahap penimbunan kembali dilakukan dengan cara menghamparkan material timbunan (timbunan biasa atau timbunan pilihan) per lapisan sekitar  $\pm 20$  cm lalu dipadatkan dengan menggunakan stamper. Proses ini dilakukan hingga elevasi yang sesuai dalam gambar rencana.

g) Tahapan pelaksanaan pekerjaan dinding penahan tanah dari beton bertulang:

1) Pekerjaan persiapan

Pekerjaan persiapan dimulai dari pelaksanaan pengukuran, penentuan titik lokasi dinding penahan, pemasangan patok-patok penggalian, persiapan peralatan yang akan digunakan, perencanaan urutan galian, urutan pelaksanaan pekerjaan DPT Beton Bertulang, penentuan lokasi yang dijadikan *stock yard*, juga tempat penimbunan sementara material hasil galian.

2) Pekerjaan Galian

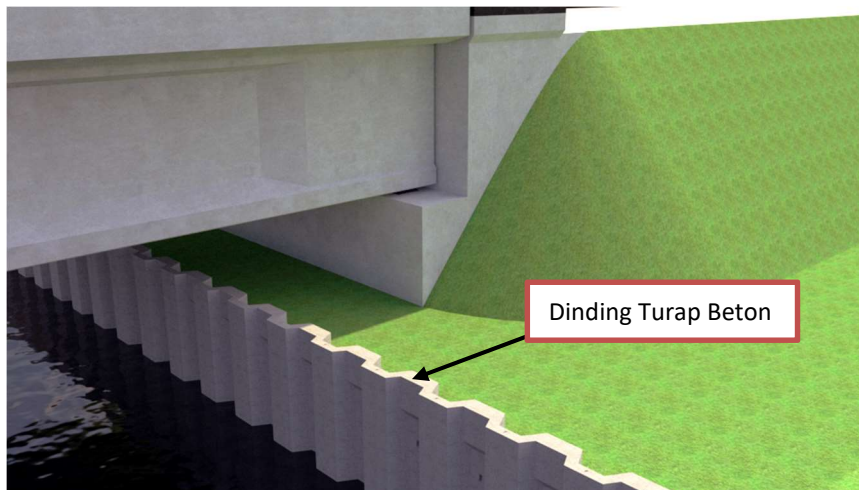
Pelaksanaan pekerjaan galian dimulai dengan memastikan patok yang telah dipasang pada lokasi pekerjaan sudah sesuai dengan gambar. Penggalian dilakukan hingga kedalaman dan lebar yang direncanakan pada gambar rencana. Penggalian dilakukan dengan menggunakan

biasa atau timbunan pilihan) per lapisan sekitar  $\pm 20$  cm lalu dipadatkan dengan menggunakan *stamper*. Proses ini dilakukan hingga elevasi yang direncanakan dalam gambar rencana.

### 8.2.1.2 Dinding Turap

Dinding turap berupa lembaran yang terbuat dari beton pracetak atau baja, dinding turap ini berfungsi sebagai dinding penahan tanah yang terletak pada jalan pendekat jembatan. Pelaksanaan/pemancangan dinding turap dapat merujuk pada subbab 4.4.4.2 "Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang". Material dinding turap yang umum digunakan adalah sebagai berikut ini:

- a Turap Kayu,
- b Turap Beton Pracetak,
- c Turap Baja.



**Gambar 8.3- Contoh penggunaan dinding turap beton**

- a. Turap Kayu

Pelaksanaan pekerjaan turap kayu perlu memperhatikan beberapa hal, baik sebelum proses pemancangan dan pada saat pemancangan pada dinding turap tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Setiap turap harus ditandai dengan tanggal pengecoran dan panjangnya, ditulis dengan jelas dekat kepala turap.
- c. Turap Baja
- Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pekerjaan turap baja seperti hal berikut ini:
1. Pada umumnya, turap baja struktur terbuat dari profil baja, material pembuat turap ini yang harus sesuai dengan AASHTO M202M/M202-08(2012).
  2. Bila terdapat kemungkinan turap baja akan mengalami korosi yang diakibatkan oleh lingkungan maka, turap perlu dilapisi dengan galvanis yang sesuai dengan AASHTO M111M/M111-15. Seluruh panjang turap baja yang terekspos di atas muka air terendah maka harus dilindungi dari korosi.
  3. Pada pemancangan di tanah keras, maka ujungnya dapat diperkuat dengan menggunakan pelat baja tuang atau dengan mengelaskan pelat atau siku baja untuk menambah ketebalan baja pada bagian kaki turap baja. Contoh perkuatan yang digunakan pada bagian kaki turap baja ditunjukkan pada Gambar berikut ini.



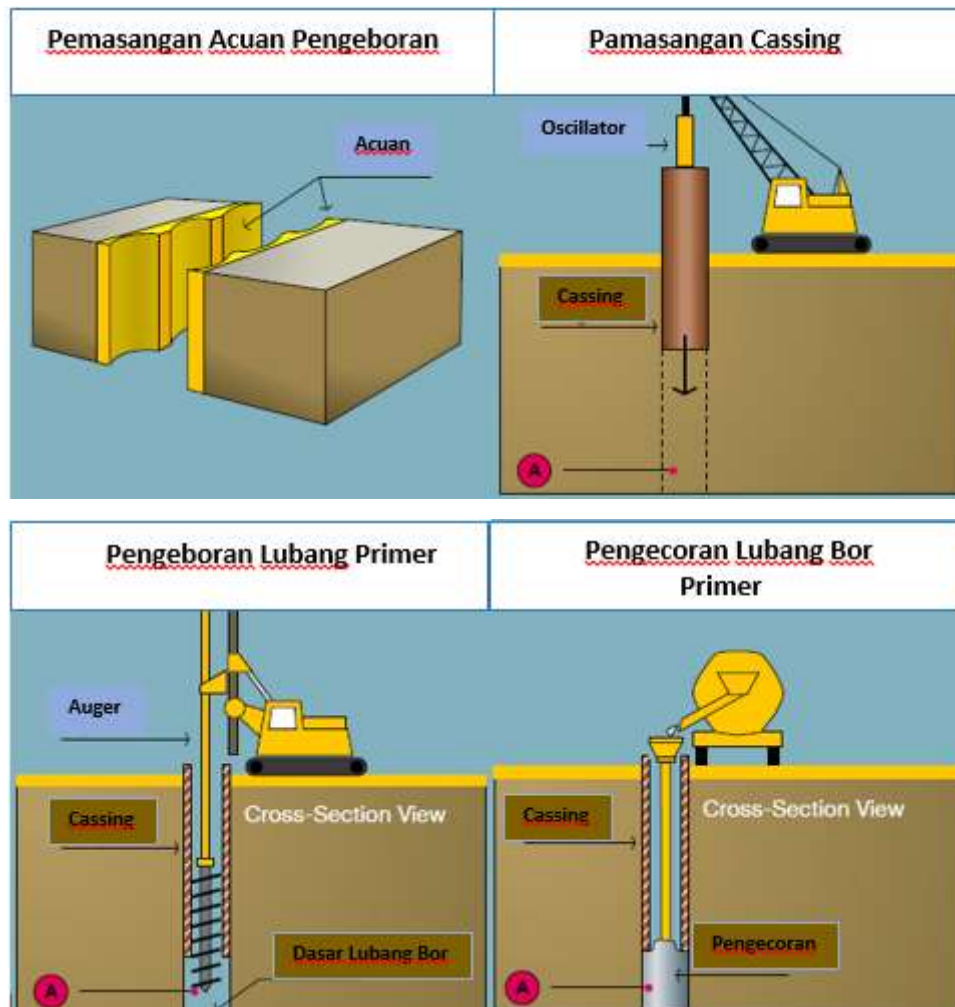
**Gambar 8.4– Sketsa pemasangan perkuatan pada kaki turap baja**

#### 8.2.1.3 Talud

Talud pada dasarnya merupakan dinding penahan tanah yang terbuat dari pasangan batu yang dipasang pada dinding/tebing sungai. Tujuan dari pembuatan talud ini adalah untuk melindungi tebing sungai dari erosi atau gerusan dari material yang terbawa oleh aliran sungai. Pelaksanaan pekerjaan talud dapat mengikuti sub bab 8.2.1.1 poin 2 mengenai “Dinding Penahan Tanah dari Pasangan Batu”. Contoh sketsa talud pada tebing sungai ditunjukkan pada Gambar 8.5 berikut ini. Bentuk dan dimensi bangunan harus diperhatikan sesuai dengan SNI 03-3441-1994 yaitu :



tiang sekunder, pengerjaannya dilakukan setelah pekerjaan tiang primer selesai dikerjakan dan bahan pengisinya merupakan beton bertulang. Pada prinsipnya dinding tiang secant ini merupakan struktur yang memiliki fungsi kurang lebih sama dengan dinding turap, hanya saja secara metode pelaksanaannya berbeda. Selain itu juga, dinding tiang secant memiliki kekakuan yang lebih tinggi dari dinding turap. Metode pelaksanaan pengeboran dinding tiang secant dapat merujuk pada sub bab 4.5 mengenai "Fondasi Tiang Bor". Berikut ini contoh tahapan pelaksanaan pekerjaan dinding tiang secant ditunjukkan pada Gambar 8.6.



Gambar 8.6- Tahapan pelaksanaan dinding tiang secant (lanjutan)

waktu pelaksanaan yang diperlukan. Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan jenis krib adalah sebagai berikut:

a. Tujuan pemasangan krib

1. Sebagai pelindung tebing tidak langsung terutama untuk tebing yang terletak pada daerah potensial seperti bangunan fasilitas umum, jalan raya, jembatan, tanggul, maka krib harus dapat membelokkan arus dan kecepatan diantara krib akan tereduksi sehingga *suspended load* (sedimen) akan mengendap dan akan membentuk garis tebing yang baru, sedangkan untuk pelindung tebing sungai langsung terhadap longsor, akan ditanggulangi dengan konstruksi tersendiri.
2. Sebagai pengarah untuk membelokkan aliran sungai agar sesuai dengan tujuannya yaitu :
  - a) Krib untuk mengatur debit agar masuk ke percabangan sebagai suplesi, agar aliran masuk ke bangunan pengambilan;
  - b) Krib untuk memperbaiki arah arus apabila di hilir terdapat bangunan pengambilan (bendung, pompa air, pintu air) terjadi perubahan arus;
  - c) Krib untuk memperbaiki pola dan arah aliran pada alur sungai tidak menentu misalnya pada sungai di dataran rendah.
3. Sebagai pengarah untuk memperbaiki alinyemen sungai untuk keperluan tertentu yaitu :
  - a) Untuk mempertahankan lebar dan kedalaman sungai yang dipakai keperluan navigasi, maka krib dipasang pada tebing kiri dan kanan sungai;
  - b) Untuk memperbaiki alinyemen karena terjadinya longsor tebing karena arus, maka krib dipasang secara serial guna memacu terjadinya endapan pada bagian tebing tersebut.

b. Jenis tanah pada dasar dan tebing sungai

- 1) Tebing yang mudah longsor digunakan krib tiang pancang; crucuk kayu/bambu.
- 2) Dasar sungai yang lunak digunakan krib tiang pancang; dengan kedalaman pemancangan disesuaikan dengan kondisi tersebut.
- 3) Dasar sungai yang cukup padat menggunakan krib beronjong, pasangan batu kali atau juga blok beton.
- 4) Tebing sungai yang tinggi dipakai krib tiang pancang dengan pertimbangan kemudahan pelaksanaan.
- 5) Tebing yang rendah atau alur sungai tidak dalam dapat digunakan krib pasangan batu dan krib beronjong batu.

c. Jenis sungai

1. Sungai lebar dengan arus tidak deras pada kemiringan dasar sungai  $< 1/1000$  dipakai krib tiang pancang atau krib permeabel bercelah besar.
2. Sungai lebar dengan arus deras pada kemiringan dasar sungai antara  $1/50$  sampai  $1/500$  dipakai krib tipe rangka dengan digabung blok beton.

3. Selama penumbukan berlangsung posisi dan kedudukan tiang pancang harus selalu dipantau dengan alat optik yang sesuai, agar apabila terjadi perubahan posisi dapat segera diketahui;
  4. Pelaksanaan penumbukan dihentikan setelah mencapai kedalaman yang direncanakan;
  5. Apabila sebelum mencapai kedalaman yang direncanakan tiang pancang tidak mau turun meskipun penumbukan tetap dilakukan, maka harus dikonsultasikan dengan perencana;
  6. Apabila ada beberapa tiang pancang pada pangkal krib yang elevasinya lebih rendah dari muka tanah setempat, maka tanah di tempat tersebut harus dikupas sedemikian sehingga elevasi krib sesuai dengan rencana, sedang tanah galian dikembalikan dan dipadatkan.
- d. Pembuatan balok serta pelat penghubung

Tahapan pembuatan balok serta pelat penghubung adalah sebagai berikut:

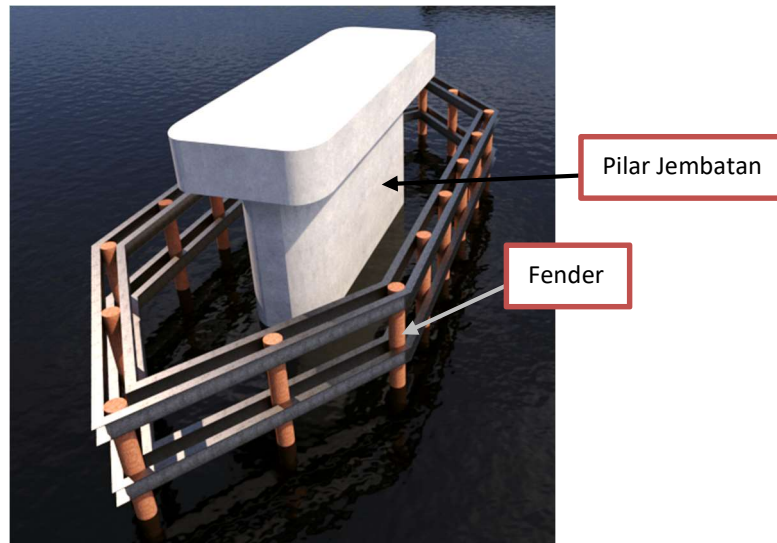
1. Pembuatan cetakan balok dan pelat penghubung ;
2. Pangkal tiang pancang sepanjang 1,50 m dibongkar sehingga baja tulangnya bebas dari beton;
3. Perpanjangan baja tulangan ditekuk, kemudian diikat dengan tulangan balok atau pelat penghubung sesuai dengan gambar rencana;
4. Merakit tulangan balok maupun pelat penghubung, kemudian diganjak dengan *spacer* beton di bagian bawah dan samping;
5. Pengecoran balok dan pelat penghubung dapat dilakukan sesuai dengan aturan yang disyaratkan pada SNI 03-2847-1992.

Pelaksanaan krib dari beronjong dan krib dari pasangan batu dapat merujuk pada sub bab 8.2.1.1 mengenai "Dinding Penahan Tanah". Hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pekerjaan krib ini yaitu :

- a. Pembersihan medan kerja sehingga bebas dari segala sesuatu yang dapat menghambat kelancaran pelaksanaan pekerjaan;
- b. Pemasangan patok-patok bantu serta papan-papan duga yang telah diikat pada patok tetap sebagai acuan untuk menentukan letak dan arah krib;
- c. Sebelum pemasangan krib dimulai, untuk memudahkan pelaksanaannya, maka lokasi krib harus dalam keadaan kering, untuk itu perlu dibuatkan *cofferdam* (tanggul penutup).
- d. Untuk pemasangan krib beronjong:
  1. Pangkal krib beronjong harus dimasukkan ke dalam tebing sungai 1,00 – 1,50 m atau sesuai yang dipersyaratkan dalam gambar rencana;
  2. Dasar krib beronjong harus diletakkan minimum 0,50 m ke dalam dasar sungai;
  3. Lapisan beronjong yang terbawah harus dibuat lebar dan pada ujung krib harus dibuat engsel pada ikatan beronjong paling bawah.

Berikut ini sketsa penggunaan krib sebagai pengarah alur sungai ditunjukkan pada Gambar 8.8 sampai Gambar 8.11

dengan perencanaan, dimana pada umumnya elevasi kepalanya berkisar 1 – 2 m diatas HWL. Gambar 8.12 menunjukkan contoh penggunaan fender sebagai bangunan pengaman pilar.



**Gambar 8.12- Fender sebagai pengaman pilar jembatan**

Berikut adalah tahapan pelaksanaan pekerjaan pemancangan fender sebagai pengaman pilar jembatan:

- a. Pekerjaan persiapan meliputi pelaksanaan pengukuran, penentuan titik pemancangan, mobilisasi peralatan dan penyiapan tiang pancang;
- b. Ujung tiang pancang diletakkan pada posisi yang telah ditentukan;
- c. Apabila posisi tiang pancang sudah sesuai dengan gambar rencana, maka proses penumbukan dapat dilakukan;
- d. Selama penumbukan berlangsung posisi dan kedudukan tiang pancang harus selalu dipantau dengan alat optik yang sesuai, agar apabila terjadi perubahan posisi dapat segera diketahui;
- e. Pelaksanaan penumbukan dihentikan setelah mencapai kedalaman yang direncanakan;
- f. Apabila sebelum mencapai kedalaman yang direncanakan tiang pancang tidak mau turun meskipun penumbukan tetap dilakukan, maka harus dikonsultasikan dengan perencana;
- g. Setelah proses pemancangan selesai dilakukan, maka bagian tiang yang berada di atas muka air kemudian dipasang pelat baja mengelilingi tiang pancang.

#### **8.2.4 Bangunan Pengaman Dasar Sungai**

Bangunan pengaman dasar sungai diperlukan untuk melindungi struktur bawah jembatan dari gerusan lokal dan degradasi dasar sungai. Terkadang gerusan setempat masih mungkin terjadi di hilir jembatan akibat dari:

- a. Beronjong yang digunakan merupakan beronjong yang dipabrikasi di lapangan dimana terkadang mutu dari pelaksanaannya tidak bisa dijamin. Kawat beronjong yang digunakan harus dipastikan tergalvanisasi dengan baik karena, apabila sampai berkarat maka tidak akan tahan terhadap benturan batu atau material lainnya yang terbawa oleh arus sungai;
- b. Ukuran batu yang digunakan tidak seragam sehingga ketika kawat dari keranjangnya putus maka batu-batunya akan terbawa hanyut;
- c. Beronjong tidak memiliki sifat menyebar dan tidak fleksibel, bila terjadi gerusan setempat di hilirnya, maka beronjong itu akan ikut turun dan apabila kawatnya tidak kuat maka akan putus sehingga batunya akan hanyut.

Untuk mengatasi hal-hal tersebut maka sebaiknya memesan bronjong yang telah dipabrikasi atau dijual dipasaran, karena mutu dari beronjongnya lebih baik. Apabila terpaksa untuk membuat beronjong di lapangan, maka pengawasan perlu dilakukan lebih ketat. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dengan baik untuk memastikan mutu dari beronjongnya, seperti berikut ini:

- a. Pastikan bahwa kawat yang digunakan telah sesuai mutunya dengan perencanaan dan sudah tergalvanis sebelum dibentuk;
- b. Jumlah lilitan kawat beronjong harus sesuai persyaratan;
- c. Batu yang digunakan harus memiliki ukuran yang seragam baik di bagian sisi luar maupun di bagian tengah dari komposisi beronjongnya.

#### 8.2.4.5 *Groundsill* (Ambang Dasar Sungai)

*Groundsill* adalah bangunan melintang sungai yang terbuat dari konstruksi beton atau pasangan batu. Bangunan ini berfungsi untuk mencegah kemungkinan penurunan elevasi dasar palung sungai pada bagian hulu lokasi terpasangnya *groundsill* tersebut serta dibangun pada sungai-sungai yang menghadapi masalah degradasi atau agradasi dasar sungai (SNI 1724:2015). *Groundsill* ini juga diarahkan untuk melindungi dari degradasi dasar sungai serta mengurangi kemiringan dasar sungai. *Groundsill* dapat terbuat dari pasangan batu atau blok beton. Pada prinsipnya pelaksanaan mirip dengan pelaksanaan rip-rap batu ataupun beton, hanya saja perlu diperhatikan bahwa tinggi dari *groundsill* sendiri minimal sama dengan elevasi kepala fondasi (*pile cap*) yang akan dilindungi.

Dalam pelaksanaan pekerjaan *groundsill*, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- a. Pekerjaan Persiapan
  1. Pembersihan lapangan
 

Areal pekerjaan *groundsill* harus dibersihkan baik dari sampah maupun rumput/tanaman lainnya, dan dibersihkan sampai ke akar-akarnya.
  2. Areal yang akan dikerjakan dikupas menggunakan peralatan sesuai yang dipersyaratkan dalam spesifikasi teknis dan gambar.

- e. Pekerjaan konstruksi *groundsill* dengan material beronjong dapat merujuk pada sub bab 8.2.1.1 mengenai pelaksanaan pekerjaan Dinding Penahan Tanah dari Beronjong. Berikut tahapan pelaksanaan pekerjaan *groundsill* dari beronjong:
1. Pasangan beronjong pabrikan.
  2. Sebelum dipasang ditempat, beronjong harus direntangkan sampai mencapai ukuran yang sebenarnya dan semua pinggiran beronjong harus diikat dengan kawat sesuai gambar dan spesifikasi teknis.
  3. Pasangan geotekstil di belakang pasangan beronjong agar material *backfill* yang berupa pasir berbatu tidak lolos keluar melalui celah beronjong.
  4. Pemasangan pipa galvanis dengan ukuran sesuai gambar, dipancang sebagai fondasi sekaligus memperkuat posisi beronjong terutama bagian depannya. Pipa dipotong sampai mencapai ukuran sesuai syarat dalam spesifikasi teknis. Pemasangan tiang dilakukan setelah kawat beronjong lapisan pertama diletakkan dan sebelum batu pengisi beronjong dimasukkan.
  5. Pemancangan tiang sampai kedalaman yang dipersyaratkan, jarak dan jumlah sesuai gambar rencana.
- f. Pekerjaan konstruksi *groundsill* dengan material beton bertulang dapat mengacu kepada Bab 3 mengenai Pekerjaan Struktur Beton.
1. Pekerjaan beton untuk fondasi, tubuh bendung, kolam olak, sayap, peluap, dan tembok tepi harus sesuai dengan gambar rencana.
  2. Pada permukaan *groundsill* yang terjadi pergesekan dengan air sungai dimana diasumsikan terdapat batuan lepas, ranting/pohon, oleh karena itu perlu dilapisi dengan *steel fibre concrete*.
- g. Pekerjaan konstruksi *groundsill* dengan pasangan batu
1. Batu yang digunakan harus tahan terhadap perubahan cuaca, getaran dan tekanan dimana ukuran batu yang digunakan untuk konstruksi utama *groundsill* berkisar antara 250 kg – 1000 kg.
  2. Batu dengan ukuran 250 kg – 1000 kg merupakan batu primer yang dipasang atau ditempatkan dengan menggunakan alat *excavator*. Batu ini dipasang setelah pekerjaan galian tanah untuk fondasi selesai, setelah itu batu disusun rapi hingga mencapai elevasi tanah yang ditentukan.
- h. Pekerjaan konstruksi *groundsill* dengan blok beton terkunci.
1. Blok beton terkunci merupakan blok yang bersifat pabrikan oleh penyedia. Mutu dari material blok beton terkunci harus sesuai dengan yang tertuang dalam dokumen kontrak.
  2. Pemasangan blok beton terkunci dapat menggunakan alat berat ataupun manual tergantung pada dimensi pekerjaan.
  3. Blok beton disusun satu persatu sampai benar-benar mengunci antara blok beton yang satu dengan yang lain. Blok beton dipasang mengikuti gambar rencana.

**Tabel 8.2 - K3 pekerjaan dinding pasangan batu**

<b>Pekerjaan</b>	<b>Item Pekerjaan</b>	<b>Potensi Bahaya</b>	<b>Pencegahan</b>
Pelaksanaan Pekerjaan Dinding Pasangan Batu	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> <li>• Terluka akibat pemasangan patok.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li> <li>• Pekerja harus menggunakan APD yang lengkap.</li> </ul>
	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya dari alat yang digunakan.</li> <li>• Bahaya dari meterial yang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan.</li> <li>• Pemeriksanaan terlebih dahulu terhadap material yang digunakan.</li> </ul>
	Penyiapan lantai kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya akibat bahan dan peralatan yang digunakan.</li> <li>• Bahaya akibat genangan air.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Menggunakan sepatu boot yang sesuai standar.</li> </ul>
	Pemasangan batu dengan adukan mortar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tertimpa batu saat memasang batu.</li> <li>• Terluka akibat adukan mortar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila batu terlalu berat untuk diangkat, maka sebisa mungkin menggunakan alat bantu untuk mengangkat batu.</li> <li>• Pekerja diharuskan menggunakan APD lengkap.</li> </ul>

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Pencegahan
	Pengecoran	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengalami iritasi akibat terkena adukan coran.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pengecoran dilakukan secara hati-hati dan pekerja perlu menggunakan APD.</li> </ul>
	Pelepasan Bekisting	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tergores oleh kayu bekisting.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pekerja perlu menggunakan APD lengkap.</li> </ul>
	Penimbunan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sesak nafas akibat debu dari material timbunan</li> <li>Terluka akibat alat pemadat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pekerja harus menggunakan masker.</li> <li>Pekerja yang menggunakan alat pemadat harus orang yang berpengalaman dan dilakukan secara hati-hati.</li> </ul>

#### 8.2.5.2 Dinding Turap

Pelaksanaan K3 pada pekerjaan dinding turap memiliki kesamaan dengan K3 pada pelaksanaan Fondasi tiang pancang. Secara pelaksanaan, potensi bahaya dan pencegahan K3 dinding turap dapat disesuaikan dengan sub bab 5.5.9 mengenai “K3 Fondasi Tiang Pancang”.

#### 8.2.5.3 Talud

Pelaksanaan K3 pada pekerjaan talud untuk pengaman tebing sungai memiliki kesamaan dengan K3 pada pelaksanaan pekerjaan dinding pasangan batu. Secara pelaksanaan, potensi bahaya dan pencegahan K3 pekerjaan talud dapat disesuaikan dengan Tabel 8.2 mengenai “K3 Pekerjaan Dinding Pasangan Batu”.

#### 8.2.5.4 Rip-rap

Pelaksanaan pekerjaan rip-rap memiliki resiko tersendiri terhadap keselamatan pekerja di lingkungan pekerjaan selama pembuatan rip-rap berlangsung. Berikut ini potensi bahaya dan cara pencegahan dari pelaksanaan pekerjaan rip-rap ditunjukkan pada Tabel 8.4



pekerjaan dinding tiang secant dapat disesuaikan dengan sub bab 4.9 mengenai “K3 Pekerjaan Fondasi”.

#### 8.2.5.6 Krib

Pelaksanaan K3 pada pekerjaan Krib :

- a. Tiang pancang memiliki kesamaan dengan K3 pada pekerjaan Tiang Pancang. Secara pelaksanaan, potensi bahaya dan pencegahan K3 pekerjaan krib tiang pancang dapat disesuaikan dengan sub bab 5.5.9 mengenai “K3 Fondasi Tiang Pancang”.
- b. Beronjong memiliki kesamaan dengan K3 pada pelaksanaan pekerjaan Dinding Penahan Tanah dari Beronjong. Secara pelaksanaan, potensi bahaya dan pencegahan K3 pekerjaan krib beronjong dapat disesuaikan dengan Tabel 8.1 mengenai “K3 Pekerjaan Beronjong”.
- c. Pasangan batu memiliki kesamaan dengan K3 pada pelaksanaan pekerjaan dinding pasangan batu. Secara pelaksanaan, potensi bahaya dan pencegahan K3 pekerjaan krib pasangan batu dapat disesuaikan dengan Tabel 8.2 mengenai “K3 Pekerjaan Dinding Pasangan Batu”.

#### 8.2.5.7 Fender

Pelaksanaan K3 pada pekerjaan fender untuk pengaman pilar jembatan memiliki kesamaan dengan K3 pada pelaksanaan Fondasi tiang pancang. Secara pelaksanaan, potensi bahaya dan pencegahan K3 pekerjaan fender dapat disesuaikan dengan sub bab 5.5.9 mengenai “K3 Fondasi Tiang Pancang”.

#### 8.2.5.8 Groundsill

Pelaksanaan K3 pada pekerjaan *groundsill* untuk pengaman gerusan pada dasar sungai memiliki kesamaan dengan K3 pada pelaksanaan pekerjaan Dinding Penahan Tanah. Secara pelaksanaan, potensi bahaya dan pencegahan K3 pekerjaan *groundsill* dapat disesuaikan dengan K3 Pekerjaan Dinding Penahan Tanah.

### 8.3 Perlengkapan Lainnya

Perlengkapan lainnya merupakan sarana yang terdapat pada jembatan yang berfungsi sebagai keselamatan, keamanan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas serta memudahkan pengendara dalam berlalu lintas. Komponen dari perlengkapan lainnya terdiri dari rambu beserta marka, papan nama jembatan dan penerangan jalan.

#### 8.3.1 Rambu-Rambu Lalu Lintas Jembatan dan Marka

##### 8.3.1.1 Umum

Pada bab ini membahas mengenai persyaratan yang digunakan untuk pembuatan rambu-rambu lalu lintas dan marka pada jembatan, yang mencakup spesifikasi bahan dan pelaksanaannya.

- a) Pipa bulat diameter minimal 55 mm (2"), dengan tebal minimal 2 mm;
  - b) Baja profil H Np.80 mm;
  - c) Baja profil U ukuran 25x80x25 (Np.80 mm) tebal 5 mm.
6. Tiang Berbentuk Huruf F
- Tiang berbentuk huruf F yang digunakan sebagai rambu lalulintas jembatan harus memenuhi ketentuan berikut:
- a) Pipa bulat diameter minimal 150 mm (6") dengan tebal minimal 2,8 mm;
  - b) Pipa segi delapan dengan ukuran ekivalent pipa bulat.
7. Kupu-kupu Dengan Tiang Tunggal
- Kupu-kupu dengan tiang tunggal yang digunakan sebagai rambu lalulintas jembatan harus memenuhi ketentuan berikut:
- a) Pipa bulat diameter minimal 110 mm dengan tebal 2.8 mm atau disesuaikan ukuran rambu;
  - b) Pipa segi delapan dengan ukuran ekivalent pipa bulat.
8. Portal atau Gantri Dengan Tiang Ganda atau Lebih
- Portal atau gantri dengan tiang ganda yang digunakan sebagai rambu lalulintas jembatan harus memenuhi ketentuan berikut:
- a) Pipa bulat diameter minimal 250 mm (10") dengan tebal minimal 2,8 mm;
  - b) Pipa segi delapan dengan ukuran ekivalent pipa bulat.
9. Cat untuk Perlengkapan Jalan
- Seluruh bahan pelapisan (*coating*), cat dan email yang akan digunakan pada persiapan rambu, tiang dan perlengkapannya harus dari mutu yang baik, dibuat khusus untuk rambu, dan dari jenis dan merk yang dapat diterima oleh Pengawas Pekerjaan.
- Cat untuk bagian-bagian baja harus dari oksida seng kadar tinggi, mengandung minimum 7 kilogram oksida seng (*acicular type*) per 100 liter cat. Untuk kecocokan maka sebaiknya dipakai cat dasar, cat lapis awal dan cat untuk penyelesaian akhir dari pabrik yang sama. Seluruh bahan yang dipakai tidak boleh kadaluarsa dan harus dalam batas waktu seperti yang ditetapkan oleh pabrik pembuatnya.
10. Penyimpanan Cat
- Penyimpanan cat harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
- a) Cat tidak boleh ditempatkan langsung di atas lantai, gunakan lembaran kayu atau papan di atas lantai untuk mencegah agar cat tidak bersentuhan langsung dengan lantai.
  - b) Semua cat harus digunakan sesuai umur kemasan untuk menjamin bahwa hanya produk yang masih baru digunakan dalam batas waktu yang disyaratkan oleh pabrik pembuatnya.
  - c) Cat harus disimpan dalam ruangan yang sesuai dan mempunyai sirkulasi udara dan temperatur ruang yang cukup.

2,65 m dari sisi daun rambu yang paling bawah atau papan tambahan. Khusus untuk rambu peringatan ditempatkan dengan ketinggian 1,20 m dan rambu yang ditempatkan di atas daerah manfaat jalan ketinggian 1,20 m dan rambu yang ditempatkan di atas daerah manfaat jalan ketinggian 1,20 m dan rambu yang ditempatkan di atas daerah manfaat jalan minimum 5,00 m.

#### 4. Orientasi

Pemasangan rambu lalu lintas jalan berorientasi (mengarah) tegak lurus terhadap arah perjalanan (sumbu jalan) untuk jalan yang melengkung/belok ke kanan. Untuk jalan yang lurus atau melengkung/belok ke kiri pemasangan posisi rambu harus digeser minimal 30 derajat jarum jam dari posisi tegak lurus sumbu jalan kecuali rambu petunjuk seperti tempat penyeberangan, pemberhentian bis, tempat parker, dan petunjuk fasilitas, pemasangan rambu sejajar dengan bahu (tepi) jalan, dan arah dari rambu harus mengarah kepada arah yang tepat. Posisi rambu tidak boleh terhalang oleh bangunan, pepohonan dan atau benda-benda lain yang dapat mengakibatkan mengurangi atau menghilangkan arti rambu yang terpasang.

#### d. Tahap Pemasangan Rambu-Rambu Lalu Lintas

Tahapan pemasangan rambu lalu lintas meliputi kegiatan sebagai berikut:

##### 1. Peletakan daun rambu pada tiang rambu

Daun rambu yang telah dilapisi dengan lembaran reflektif, diletakkan pada tiang rambu dengan menggunakan baut yang dikencangkan.

##### 2. Pembuatan pondasi dan peletakan rambu untuk rambu tiang tunggal dengan syarat:

a) Ukuran pondasi rambu dibentuk dengan papan untuk bekisting dan setiap tiang masing-masing berukuran:

###### 1) Pengecoran di luar

Sisi bagian atas	: 250 mm
Sisi bagian bawah	: 400 mm
Kedalaman	: 600 mm

###### 2) Pengecoran setempat

Sisi bagian atas	: 250 mm
Sisi bagian bawah	: 500 mm
Kedalaman	: 500 mm

b) Bagian tiang rambu yang terbenam pada pondasi sedalam 600 mm.

c) Bagian dasar galian pondasi diberi lapisan pasir yang dipadatkan dengan ketebalan 100 mm.

d) Mutu minimal pondasi beton f'c 17 MPa.

e) Bagian pondasi di atas permukaan tanah setinggi 100 mm.

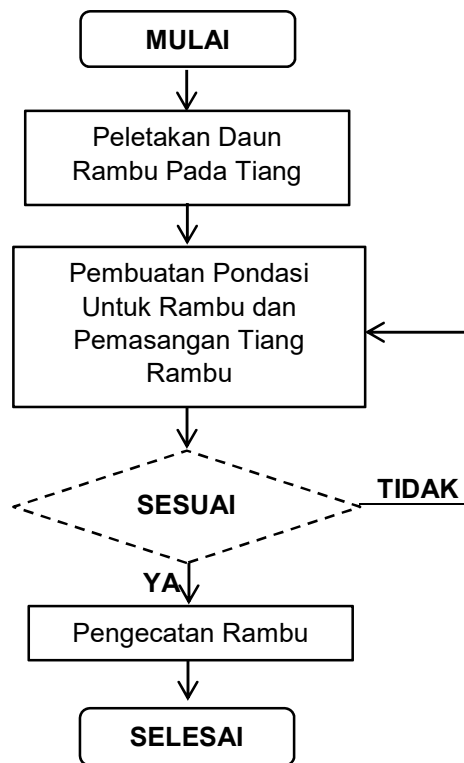
##### 3. Pengecatan Pelat Rambu Jalan

Semua pengecatan pada Pelat Rambu Jalan harus dilaksanakan dengan cara semprotan di atas permukaan pelat yang kering. Permukaan hasil pengecatan

- e) Bilamana pengecatan dengan mesin tidak memungkinkan, Pengawas Pekerjaan dapat membolehkan marka jalan dibuat dengan kwas tangan, disemprot, atau dicetak sesuai dengan bentuk konfigurasi dan jenis cat yang disetujui.
- f) Kristal gelas harus diberikan pada permukaan cat jalan segera setelah cat tersebut dioleskan. Semua kristal gelas harus dipasang dengan tekanan atau dengan takaran semprotan 450 gm/m<sup>2</sup>.
- g) Semua marka jalan harus dilindungi dari lalu lintas sampai marka jalan ini dapat dilalui oleh lalu lintas tanpa adanya bintik-bintik atau bekas jejak roda serta kerusakan lainnya.

#### 8.3.1.4 Bagan Alir Pemasangan Rambu-Rambu Lalu Lintas

Proses pelaksanaan pemasangan rambu lalu lintas dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut:



**Gambar 8.14– Bagan Alir Pemasangan Rambu-Rambu Lalu Lintas**

#### 8.3.2.4 Ketentuan Pelaksanaan Papan Nama Jembatan

Pelaksanaan papan nama jembatan meliputi :

- a. Papan Nama Jembatan dipasang di tempat yang sesuai dengan apa yang ditunjukkan gambar rencana, biasanya dipasang di parapet jembatan.
- b. Papan Nama Jembatan dipasang secara manual menggunakan alat bantu dan menggunakan adukan semen sebagai perekat. Setelah itu dilakukan *finishing* dengan membersihkan papan nama jembatan dari kotoran-kotoran seperti sisa adukan semen atau yang lainnya.

### 8.3.3 Lampu Penerangan Jembatan

#### 8.3.3.1 Umum

Pada bab ini akan membahas mengenai lampu penerangan jembatan berupa spesifikasi lampu penerangan jembatan, penempatan lampu penerangan jembatan, lampu panel surya, dan prosedur pelaksanaan pemasangan lampu penerangan jembatan.

#### 8.3.3.2 Komponen Lampu Penerangan Jembatan

- a. Pondasi

Beton untuk pondasi tiang dan alas kabinet panel minimal harus beton dengan mutu 17 MPa atau disesuaikan seperti ketentuan yang tercantum dalam Gambar Kerja.

- b. Tiang Lampu Penerangan Jalan

1. Tiang Lampu Baja

Tiang penerangan jalan dari baja harus dilakukan galvanisasi sesuai dengan detail yang terdapat pada Gambar Kerja. Tiang penerangan jalan harus dari baja galvanisasi. Goresan, tanda-tanda dan kerusakan lain pada tiang dan *fitting* harus ditolak. Setiap tanda atau noda yang dihasilkan dari material pembungkus harus dibuang. Semua tiang dan lengan-lengan harus dibungkus spiral satu persatu, sebagai tambahan harus di-pak untuk pengiriman dalam grup dengan kayu diantara tiang dan lengkap sekitar tiap grup pada minimum 4 lokasi dan dipegang dengan tali pengikat logam yang sesuai. Lengan-lengan harus dibungkus, dikemas dan dikirim ke lapangan dengan minimum pembebanan kembali diantara titik-titik asal dan tujuan.

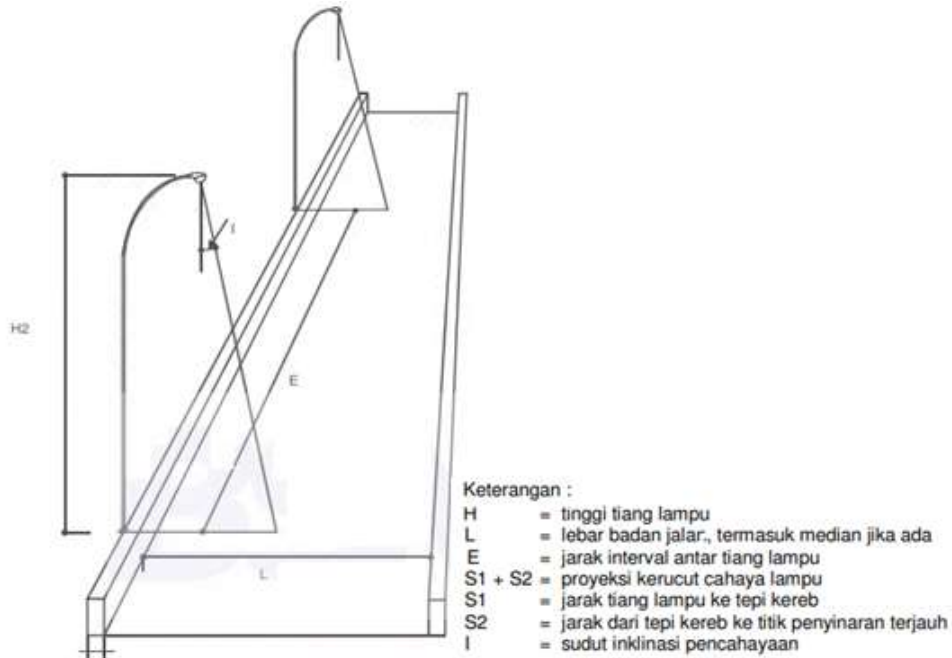
Pengepakan yang tidak sesuai dengan persyaratan ini harus ditolak untuk tiang dan lengannya. Semua pembebanan dan penurunan beban dari tiang-tiang dan lengan-lengan harus dibawah pengawasan pabrik. Semua perlengkapan tiang tambahan diperlukan untuk menyelesaikan proyek harus material standar dibuat untuk pelaksanaan pekerjaan tiang. Semua bagian metal harus digalvanisasi. Semua tiang harus tipe angkur terpasang pada batang dan terikat pada dua las melingkar.

2. Tiang Lampu Beton

Tiang lampu yang terbuat dari beton harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Perlengkapan Kerekan untuk Tiang Lampu Sorot
1. Perlengkapan ini harus meliputi susunan *head frame*, alat angkut lampu sorot, alat kerekan dan peralatan listrik.
  2. Setiap tiang menara harus dilengkapi dengan suatu mekanisme yang mempunyai tiga kunci dibagian atas struktur, untuk membantu gantungan lampu sorot, dll, bila kabel pengangkut kendur. Susunan *head frame* harus dipasang pada bagian atas tiang menara, dan harus disediakan juga satu alat angkut untuk menopang maksimum enam lampu sorot.
  3. Setiap struktur tiang menara harus dilengkapi dengan tiga kabel kerekan, kabel listrik dengan enam konduktor minimum 10 mm, *circuit breaker box*, dan kerekan yang digerakkan secara manual. Kabel listrik harus diputuskan hubungan dari *circuit breaker box* dan dipasangkan terhadap kabel penurun bila lampu sorot turun. Kabel listrik harus merentang dalam alat angkut lampu sorot dan dilengkapi sekring in-line 5 ampere yang dipasang pada setiap kabel suplai arus ke alat kontrol lampu sorot.
  4. Susunan *head frame* harus dilengkapi penutup yang dapat berpindah dan ring pengangkut harus dengan sistem semi putar untuk mempermudah pengangkutan, pemasangan dan pembongkaran setelah tiang menara didirikan. Ring ini harus dilengkapi dengan alat penyangga enam lampu sorot yang berjarak sama di sekitar ring, dan sebuah steker sebagai pasangan untuk enam *outlet stop* kontak tiang pada *base* harus dipasang pada pemasok daya induk untuk keperluan tes bila ring sedang dalam posisi rendah.
  5. Pada lubang tiang menara harus dibuat pintu berengsel, ukuran lubang harus cukup untuk keluar masuk perlengkapan yang dipasang didalamnya. Pintu harus dilengkapi dengan kunci gembok. Lubang harus dilengkapi dengan bingkai penguat agar tidak terjadi pelemahan struktur. Penguat ini juga tidak boleh sampai mengganggu gerak keluar-masuk peralatan yang diperlukan.
  6. Selain dengan kerekan kabel, tiang menara juga harus dilengkapi dengan tiang dan mur dalam tanah dan kotak logam lembaran baja yang dicat epoxy dan mempunyai tanda ukuran, meliputi:
    - a) Sebuah *three pole circuit breaker* 20 Ampere (kapasitas interupsi 30.000 Ampere pada tegangan 460 volt) untuk sumber penerangan.
    - b) Satu *single pole* 15 Ampere sebagaimana di atas untuk keamanan alat penerangan.
    - c) Satu *single pole* 15 Ampere *circuit breaker*, sama dengan di atas, untuk outlet alat penurunan.
    - d) Satu stecker dan outlet stop kontak tujuh lubang, untuk kabel gantungan 6 konduktor.
    - e) Satu jalur hubungan netral yang akan menghubungkan sirkuit netral dari panel penerangan jalan dan outlet stop kontak tiang menara. Sebuah stop kontak fase tunggal 265 volt yang sebanding dengan steker penurunan harus dihubungkan ke *circuit breaker* pada butir (iii) di atas. Motor penggerak alat pengangkatan dan penurunan harus mempunyai kopling putar untuk penurunan. Motor penggerak harus dipasang dengan pengunci.

- c. Pada sistem penempatan parsial, lampu penerangan jalan harus memberikan adaptasi yang baik bagi penglihatan pengendara, sehingga efek kesilauan dan ketidaknyamanan penglihatan dapat dikurangi.
- d. Perencanaan dan penempatan lampu penerangan jalan dapat dilihat pada Gambar 8.16



**Gambar 8.16 – Perencanaan dan Penempatan Lampu Penerangan Jembatan**

- e. Batasan penempatan lampu penerangan jalan tergantung dari tipe lampu, tinggi lampu, lebar jalan dan tingkat pemerataan pencahayaan dari lampu yang akan digunakan. Jarak antar lampu penerangan secara umum dapat mengikuti batasan seperti pada Tabel 8.8 (*A Manual of Road Lighting in Developing Countries*).

Dalam tabel tersebut dipisahkan antara dua tipe rumah lampu. Rumah lampu (*lantern*) tipe A mempunyai penyebaran sorotan cahaya/sinar lebih luas, tipe ini adalah jenis lampu gas sodium bertekanan rendah, sedangkan tipe B mempunyai sorotan cahaya lebih ringan/kecil, terutama yang langsung ke jalan, yaitu jenis lampu gas merkuri atau sodium bertekanan tinggi.

**Tabel 8.8 Jarak Antar Tiang Lampu Penerangan (E) Berdasarkan Tipikal Distribusi Pencahayaan dan Klasifikasi Lampu**

Rumah Lampu Tipe A										
Jenis Lampu	Tinggi Lampu (m)	Lebar Jalan (m)								Tingkat Pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11	
35W SOX	4	32	32	32	-	-	-	-	-	3,5 LUX
	5	35	35	35	35	-	-	-	-	
	6	42	40	38	36	33	31	30	29	
55W SOX	6	42	40	38	36	33	32	30	28	6,0 LUX
90W SOX	8	60	60	58	55	52	50	48	46	
90W SOX	8	36	35	35	33	31	30	29	28	10,0 LUX
135W SOX	10	46	45	45	44	43	41	40	39	
135W SOX	10	-	-	25	24	23	22	21	20	20,0 LUX
180W SOX	10	-	-	37	36	35	33	32	31	
180W SOX	10	-	-	-	-	22	21	20	20	30,0 LUX
Rumah Lampu Tipe B										
Lebar Jalan (m)										

- a) Tegangan kerja : min DC 24 V
- b) Efisiensi :  $\geq 13,5 \%$
- c) Umur teknis :  $\geq 15$  tahun
- d) Panel surya harus dilengkapi nomor seri produk dan nama pabrikan.

## 2. Baterai

### a) Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh tenaga surya. Spesifikasi kapasitas baterai minimum 24 Volt 50-85 Ah.

- 1) Jenis : deep cycle, maintenance free khusus panel surya
- 2) Tegangan Kerja (DC) : min 24 V
- 3) Umur Teknis : min 3 tahun
- 4) Umur Pemakaian :  $\geq 1000$  cycle

### b) Baterai Kontrol Unit (BKU)

BKU berfungsi untuk mengatur proses pengisian dan pemakaian baterai, agar baterai dalam keadaan aman. BKU ditempatkan di dalam kotak baterai.

- 1) Tegangan Kerja : min 24 V
- 2) Kapasitas Arus : 10 Ampere
- 3) *Self Construction*:  $< 10$  mA
- 4) Otomatis beban terputus jika tegangan baterai rendah.
- 5) Mempunyai tingkat indikator pengisian dan sudah termasuk otomatis *sun switch*.
- 6) Dapat diprogram agar energi harian yang digunakan untuk menyalakan lampu tidak melebihi dari energi harian yang dihasilkan panel surya.

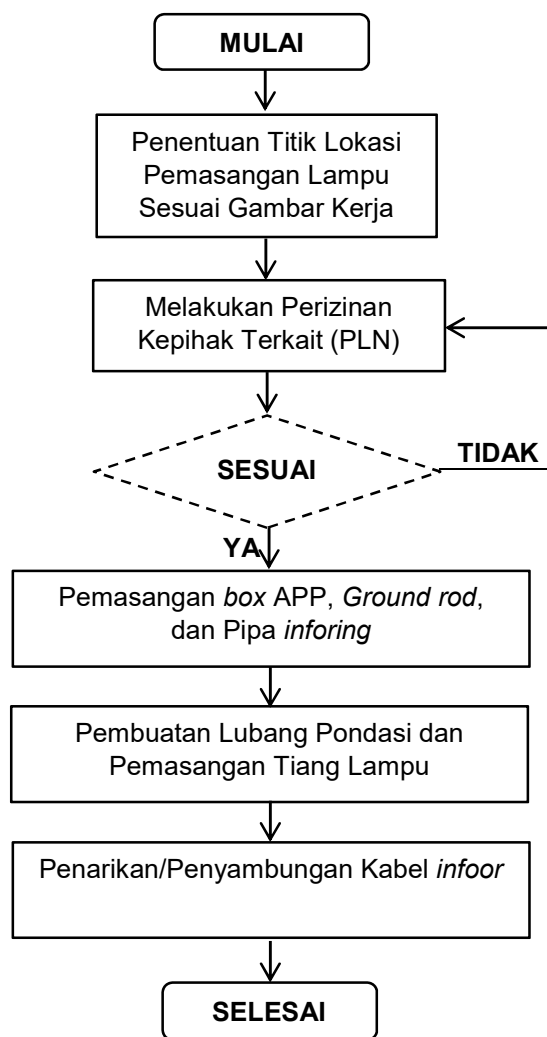
### c) Kotak Baterai

- 1) Kotak baterai, merupakan tempat atau rumah pengaman untuk menempatkan peralatan baterai, BKU, dan terminal dengan jenis *outdoor* agar terlindungi dari cuaca ekstrim dan kriminalitas.
- 2) Kotak utama/baterai terbuat dari bahan non korosif.
- 3) Pada kotak baterai diberi nomor kodefikasi untuk keperluan data base dan memudahkan pemeliharaan, dengan spesifikasi kotak baterai harus berbahan dasar besi pelat galvanis dan berukuran sesuai dengan volume baterai yang akan disuplai.

## 3. Lampu

Lampu berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi cahaya. Sehingga dapat menerangi area jalan pada malam hari. Spesifikasi lampu sebagai berikut:





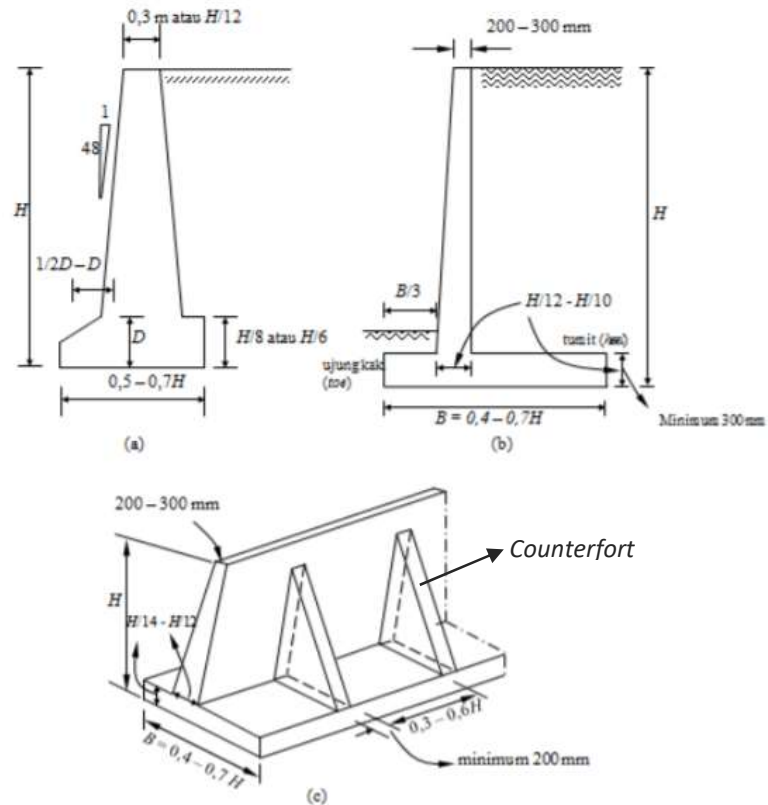
**Gambar 8.17 – Bagan Alir Pemasangan Lampu Penerangan Jembatan**

### 8.3.4 K3 Perlengkapan Lainnya

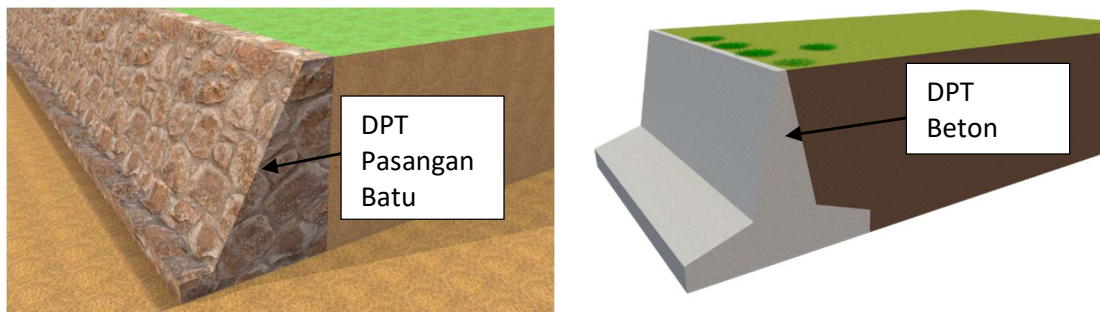
Pelaksanaan pekerjaan perlengkapan lainnya memiliki resiko tersendiri terhadap keselamatan pekerja di lingkungan pekerjaan selama pekerjaan berlangsung. Berikut ini potensi bahaya dan cara pencegahan dari pelaksanaan pekerjaan perlengkapan lainnya ditunjukkan pada Tabel 8.9.

**Tabel 8.9- K3 Pelengkap Lainnya**

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Pencegahan
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rambu-Rambu Lalu Lintas dan Marka Jalan</li> <li>Papan Nama Jalan</li> </ul>	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> <li>Terluka akibat pemasangan patok.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li> <li>Pekerja harus menggunakan APD yang lengkap.</li> </ul>



**Gambar 8.1– Ukuran standar penampang dinding penahan tanah**



**Gambar 8.2 – Sketsa penggunaan dinding penahan tanah**

a. Jenis Material Konstruksi Dinding Penahan Tanah

Jenis konstruksi dinding penahan tanah berdasarkan material pembentuknya terbagi menjadi 3 yaitu;

1. Dinding penahan tanah dari beronjong
  - Material timbunan (timbunan pilihan atau timbunan biasa)
  - Beronjong.
2. Dinding penahan tanah dari pasangan batu (SNI 03-3441-1994)
  - Mortar (pasir, semen dan air)
  - Batu kali atau batu pecah
  - Material timbunan (timbunan pilihan atau timbunan biasa).

c. Pelaksanaan Pekerjaan Dinding Penahan Tanah

1. Pelaksanaan Pekerjaan Beronjong

a) Persiapan

- 1) Galian harus memenuhi ketentuan yang tertuang dalam gambar rencana dan disetujui oleh pengawas pekerjaan. Galian, termasuk kunci pada tumit yang diperlukan untuk pasangan beronjong. Pastikan bahwa tanah dasar harus benar-benar rata sebelum beronjong ditempatkan.
- 2) Pastikan bahwa lipatan beronjong dalam posisi yang benar bila dibentuk, satu pada ujung akhir tiap panel dan tiap sekat. Bilamana melipat *box*/kotak diusahakan bahwa bagian atas dari keempat sisi-sisi kotak dalam posisi yang rata sebelum pemasangan kawat di sudut-sudut atas. Gunakanlah ikatan rangkap pada jarak 100 mm untuk pengikatan kawat. Material batu yang digunakan tidak boleh memiliki ukuran lebih dari 250 mm dan tidak boleh lebih kecil dari ukuran lubang anyaman kawatnya.

b) Penempatan Beronjong

- 1) Keranjang beronjong harus dibentangkan dengan kuat untuk memperoleh bentuk serta posisi yang benar dengan menggunakan bentang penarik atau ulir penarik kecil sebelum pengisian batu ke dalam kawat beronjong. Sambungan antar keranjang haruslah sekuat seperti anyamannya. Setiap segi enam harus menerima paling sedikit dua lilitan kawat pengikat dan kerangka beronjong antara segi enam tapi paling sedikit satu lilitan. Paling sedikit 15 cm kawat harus ditinggalkan sesudah pengikatan terakhir dan dibengkokkan ke dalam keranjang.
- 2) Batu harus dimasukan satu demi satu sehingga diperoleh kepadatan maksimum dan rongga seminimal mungkin. Apabila beronjong telah diisi setengah dari tingginya, maka perlu dipasang dua kawat pengaku horisontal dari muka hingga bagian belakang. Keranjang selanjutnya diisi sedikit lebih banyak dari tinggi keranjangnya agar terjadi penurunan (*settlement*). Sisi luar batu yang berhadapan (terkontak) langsung dengan kawat harus memiliki permukaan yang rata dan dapat bertumpu pada anyamannya.
- 3) Setelah pengisian selesai dilakukan, tepi dari tutup harus dibentangkan dengan batang penarik atau ulir penarik pada permukaan atasnya dan diikat.
- 4) Apabila keranjang saling bertumpukan, maka sambungan vertikal harus dibuat berselang seling (*menyilang*).

d) Ketentuan Lubang Sulingan dan Delatasi

- 1) Dinding pasangan batu harus dilengkapi dengan lubang sulingan. Apabila tidak ditunjukkan dalam gambar rencana, maka lubang sulingan perlu dipasang dengan jarak 2 m dari sumbu satu ke sumbu lainnya dan harus memiliki diameter 50 mm. Pipa sulingan harus dibuat menonjol dari dinding (diperpanjang) sekitar 10 cm – 20 cm, dan perlu dipastikan bahwa pipa tidak tersumbat material.
- 2) Delatasi harus dibentuk untuk panjang struktur yang tidak lebih dari 20 m dan lebar delatasi harus 30 mm serta diteruskan hingga seluruh tinggi dinding. Batu yang digunakan untuk pembentukan sambungan harus dipilih sedemikian rupa sehingga membentuk sambungan tegak lurus yang bersih seperti yang disyaratkan di atas.
- 3) Timbunan di belakang delatasi haruslah terbuat dari bahan drainase porous berbutir kasar dengan gradasi menerus yang dipilih sedemikian rupa hingga tanah yang tertahan tidak dapat hanyut jika melewatinya, serta bahan drainase porous tidak hanyut melewati sambungan.

e) Pekerjaan Akhir Pasangan Batu

- 1) Sambungan antar batu harus dibuat serata mungkin dengan permukaan pekerjaan tetapi tidak sampai menutupi batu.
- 2) Seluruh permukaan batu harus dibersihkan dari adukan mortar segera setelah pekerjaan pasangan batu selesai dikerjakan.
- 3) Permukaan yang telah selesai dikerjakan harus dirawat (*curing*) dengan menggunakan *curing compound* untuk menghindari panas hidrasi yang berlebihan yang dapat menurunkan mutu pekerjaan.
- 4) Penimbunan kembali dapat dilakukan dengan persetujuan dari pengawas pekerjaan apabila pekerjaan pasangan batu yang dihasilkan cukup kuat dan dalam waktu yang tidak kurang dari 14 hari.

3. Pelaksanaan Pekerjaan DPT Beton dan DPT Beton Bertulang

f) Tahapan pelaksanaan pekerjaan dinding penahan tanah dari beton:

1) Pekerjaan persiapan

Pekerjaan persiapan dimulai dari pelaksanaan pengukuran, penentuan titik lokasi dinding penahan, pemasangan patok-patok penggalian, persiapan peralatan yang akan digunakan, perencanaan urutan galian, urutan pelaksanaan pekerjaan DPT Beton, penentuan lokasi yang dijadikan *stock yard*, juga tempat penimbunan sementara material hasil galian.

2) Pekerjaan Galian

Pelaksanaan pekerjaan galian dimulai dengan memastikan patok yang telah dipasang pada lokasi pekerjaan sudah sesuai dengan gambar. Penggalian dilakukan hingga kedalaman dan lebar yang tertuang pada gambar rencana. Penggalian dilakukan dengan menggunakan peralatan konvensional untuk volume galian yang tidak besar seperti menggunakan cangkul, sedangkan untuk volume galian yang besar maka diperlukan alat

peralatan konvensional untuk volume galian yang tidak besar seperti menggunakan cangkul, sedangkan untuk volume galian yang besar maka diperlukan alat berat untuk penggaliannya seperti excavator. Apabila selama penggalian berlangsung terdapat muka air, maka perlu dilakukan dewatering terlebih dahulu agar tidak mengganggu pekerjaan penggalian.

3) Pabrikasi Baja Tulangan

Setelah proses galian selesai maka dilanjutkan dengan pabrikasi baja tulangan. Baja tulangan berbagai diameter (sesuai spesifikasi teknis) dipotong sesuai dengan ukuran pada gambar kerja dengan menggunakan bar cutter sedangkan pembengkokan tulangan menggunakan bar bender. Bila dilakukan penyambungan maka panjang penyambungannya perlu diperhatikan dan harus sesuai dengan gambar rencana juga mendapat persetujuan dari pengawas pekerjaan. Baja tulangan yang selesai dipabrikasi lalu dipasang spacer (selimut beton) dengan ketebalan sesuai dengan yang disyaratkan dalam gambar rencana.

4) Perakitan Bekisting

Perakitan bekisting dilakukan dengan menggunakan kayu atau papan kayu yang dibentuk menyesuaikan dengan bentuk dinding penahan tanahnya.

5) Instalasi Baja Tulangan

Setelah perakitan dan pemasangan bekisting selesai maka dilanjutkan dengan instalasi baja tulangan yang telah dirakit. Penempatan baja tulangan perlu dilakukan secara hati-hati agar posisinya sesuai dengan gambar rencana.

6) Pengecoran

Pengecoran beton dilakukan setelah instalasi baja tulangan selesai. Tinggi jatuh pengecoran maksimal 1,5 m agar tidak terjadi segregasi. Selama pengecoran berlangsung maka dilakukan juga pemadatan terhadap beton dengan menggunakan alat penggetar (vibrator).

7) Curing Beton

Segara setelah pengecoran, beton harus dilindungi dari pengeringan dini, temperatur yang terlalu panas, dan gangguan mekanis. Perawatan yang perlu dilakukan untuk menjaga beton tidak mengalami hidrasi berlebih adalah dengan cara menggunakan curing compound atau dengan membungkus dengan bahan penyerap air dan dibasahi terus menerus selama minimal 3 hari atau sesuai dengan yang diinstruksikan oleh pengawas pekerjaan.

8) Pelepasan Bekisting

Bekisting dapat dilepas setelah mendapat persetujuan dari pengawas pekerjaan.

9) Penimbunan

Setelah bekisting dilepas maka dilakukan tahap penimbunan kembali yang dilakukan dengan cara menghamparkan material timbunan (timbunan

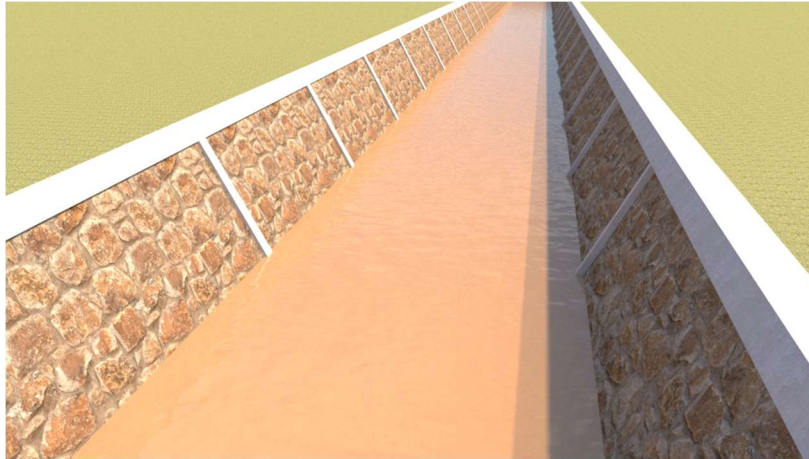
1. Pastikan bahwa material kayu yang dipergunakan sudah sesuai dengan persyaratan dan toleransi yang diijinkan untuk pekerjaan turap kayu.
2. Sebelum pemancangan dilakukan, bagian kepala turap kayu perlu diperkuat dengan menggunakan pelat baja agar pada saat pemancangan kepala dinding turap tidak hancur.
3. Setelah pemancangan, kepala turap harus dipotong tegak lurus terhadap panjangnya sampai bagian kayu yang keras.
4. Jika diperlukan pada tanah yang padat, ujung bawah dinding turap dapat dipasang sepatu berupa lembaran baja serta posisi sepatu ini harus sentris pada ujungnya. Bidang kontak antara sepatu dan kayu harus cukup untuk menghindari tekanan yang berlebihan selama pemancangan.
5. Jika diperlukan penyambungan akibat kebutuhan panjang turap yang tidak tercapai maka bagian sambungan perlu dihaluskan terlebih dahulu. Penyambungan dilakukan dengan cara memasang pelat penyambung berupa pelat siku atau pelat kanal yang terbuat dari baja.

b. Turap Beton Pracetak

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pekerjaan turap beton pracetak seperti hal berikut ini:

1. Beton pracetak yang digunakan untuk turap beton pracetak harus memenuhi persyaratan agar turap tidak terjadi kerusakan struktur selama proses pengangkutan, pencegahan (*handling*) dan juga pemancangan.
2. Selimut beton yang digunakan harus sesuai dengan yang disyaratkan dalam gambar rencana.
3. Turap beton pracetak tidak boleh dipancang apabila belum mencapai umur 28 hari atau belum mencapai kuat tekan minimum yang disyaratkan.
4. Bila diperlukan perpanjangan pada turap beton pracetak maka penyedia jasa perlu menunjukkan terlebih dahulu metode yang digunakan kepada direksi pekerjaan. Metode perpanjangan perlu disetujui terlebih dahulu oleh direksi pekerjaan, lalu pekerjaan perpanjangan boleh dilaksanakan.
5. Turap beton pracetak perlu dilengkapi dengan sepatu apabila terdapat lapisan yang keras seperti lapisan pasir padat atau lapisan batuan. Sepatu tersebut dapat terbuat dari baja atau besi tuang. Sedangkan untuk lapisan tanah seperti lempung, lanau ataupun pasir lepas maka sepatu tiang boleh digunakan atau boleh juga tidak. Luas ujung sepatu harus sedemikian rupa sehingga tegangan dalam beton pada bagian turap ini masih dalam batas yang aman seperti yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

- a. Kemiringan maksimum 1:2.
- b. Ketinggian maksimum 5 m, Jika lebih besar dari 5 m diberi brem, lebar brem antara 0,5 m – 1 m.
- c. Diberi Rib 5 m.
- d. Tebal pelindung tebing 0,40 m – 1,00 m.
- e. Tebal mortar untuk perletakan batu tidak boleh lebih dari 5 cm.
- f. Jarak antar batu satu dengan lainnya diisi mortar dengan tebal antara 1 cm – 5 cm.
- g. Sambungan gerak dipasang jika panjang pelindung tebing lebih besar dari 20 m.



**Gambar 8.5- Talud sebagai pelindung tebing sungai**

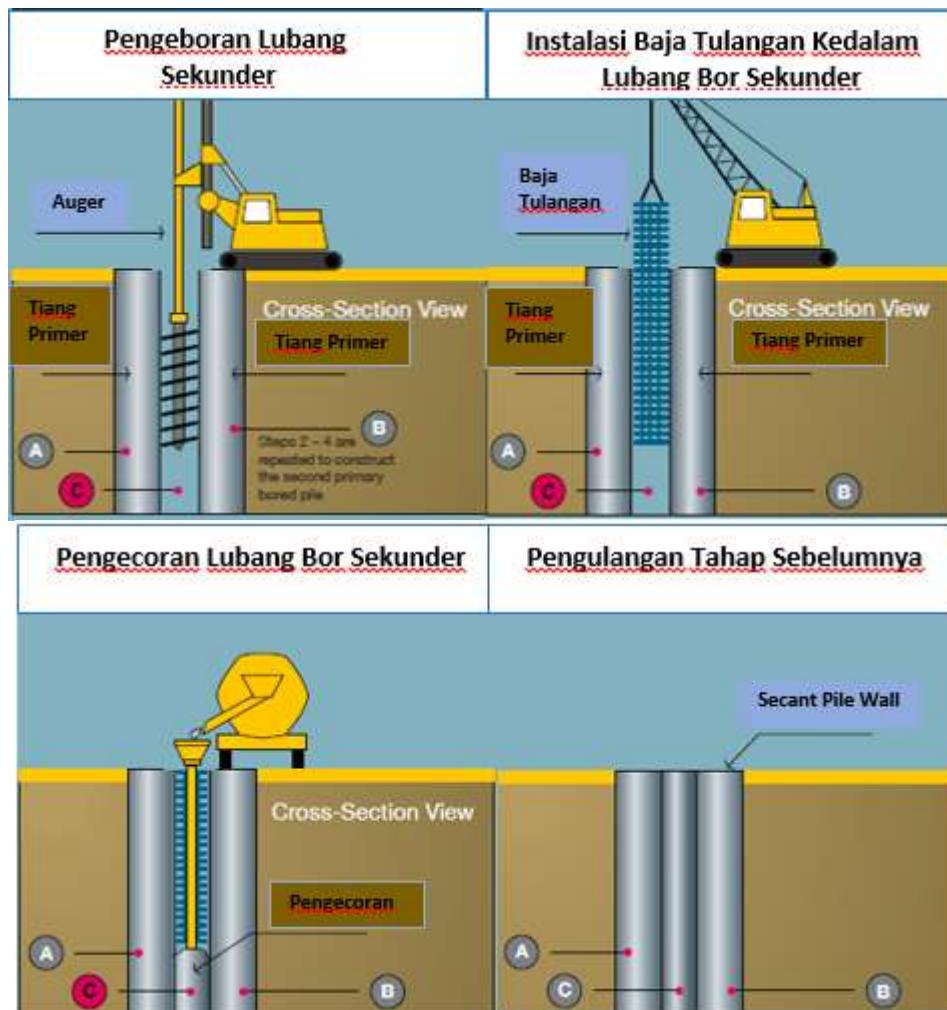
#### 8.2.1.4 Rip-rap

Rip-rap merupakan batu atau blok beton yang ditumpuk di tebing sungai yang bertujuan untuk menahan erosi atau gerusan akibat material yang terbawa oleh aliran sungai. Detail pelaksanaan pekerjaan rip-rap dapat merujuk pada Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 07/SE/M/2010 mengenai “Pedoman Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Pengaman Pantai”. Berikut ini tahapan pelaksanaan rip-rap pada tebing sungai:

- a. Pekerjaan persiapan yang meliputi persiapan material dan peralatan, pengukuran dan pemasangan profil.
- b. Penggalian fondasi/dasar lapisan tanah sesuai dengan gambar rencana.
- c. Setelah penggalian selesai maka dilanjutkan dengan pemasangan geotekstil (*filter*) dari atas hingga lapisan dasar. Geotekstil pada kaki lereng harus diikat dengan patok/penjepit besi agar tidak melipat.
- d. Material rip-rap berupa blok beton atau batuan kemudian ditempatkan di atas geotekstil hingga elevasi yang direncanakan dalam gambar rencana.
- e. Apabila terdapat pekerjaan timbunan setelah pemasangan rip-rap selesai maka penimbunan dilakukan secara bertahap dan kemudian dipadatkan.

#### 8.2.1.5 Dinding Tiang Secant

Dinding tiang secant merupakan dinding yang terdiri dari barisan tiang yang dibor. Tiang secant terdiri dari tiang primer dan tiang sekunder. Tiang primer merupakan tiang yang dikerjakan terlebih dahulu dan bahan pengisi tiangnya hanya berupa beton. Sedangkan untuk



Gambar 8.7- Tahapan pelaksanaan dinding tiang secant (lanjutan)

### 8.2.2 Bangunan Pengarah Aliran/Pelindung Tebing Tak Langsung (Krib)

Bangunan pengarah aliran atau krib merupakan bangunan pengarah arus sungai yang dapat terbuat dari tiang pancang, beronjong, blok beton, ataupun pasangan batu. Formasi atau arah pemasangan dari krib dapat dibagi menjadi tiga arah pemasangan seperti berikut ini:

- Krib melintang dipasang dengan arah melintang aliran dan dibedakan menjadi: krib tajam atau condong ke hulu sering disebut "*repelling groyne*", krib tegak serta krib tumpul atau condong ke hilir dan sering disebut "*attracting groyne*";
- Krib memanjang dipasang dengan arah sejajar aliran, sangat efektif untuk melindungi tebing namun kurang efektif dalam meningkatkan intensitas pengendapan, untuk itu digabung dengan krib melintang;
- Gabungan krib melintang dengan krib memanjang dengan membentuk huruf T atau L dan disebut krib T atau krib L, peningkatan intensitas pengendapan terjadi karena sedimen yang terbawa dalam aliran sungai dapat terperangkap di antara krib melintang.

Jenis krib yang sesuai untuk suatu lokasi harus ditentukan berdasarkan kondisi sungai pada lokasi pekerjaan dengan memperhatikan tujuan pembuatan, tingkat kesulitan dan jangka



3. Sungai-sungai kecil atau alur sempit tidak perlu dipasang krib karena tidak dapat berfungsi dengan baik. Yang termasuk sungai kecil yaitu dengan lebar sungai < 15 m dan kedalaman < 1 m.

Dalam pelaksanaan pekerjaan krib dengan tiang pancang beton, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat pelaksanaannya meliputi:

a. Persiapan

Tahapan persiapan pelaksanaan krib tiang pancang beton di sungai adalah sebagai berikut :

1. Membersihkan areal pekerjaan sehingga bebas dari segala sesuatu yang dapat menghambat kelancaran pelaksanaan pekerjaan;
2. Peletakan dari gambar situasi ke lapangan dengan meletakkan patok-patok bantuan serta papan-papan duga yang telah diikatkan pada titik kontrol sebagai acuan untuk menentukan posisi dan arah krib terhadap alinyemen sungai;

b. Persiapan pemancangan

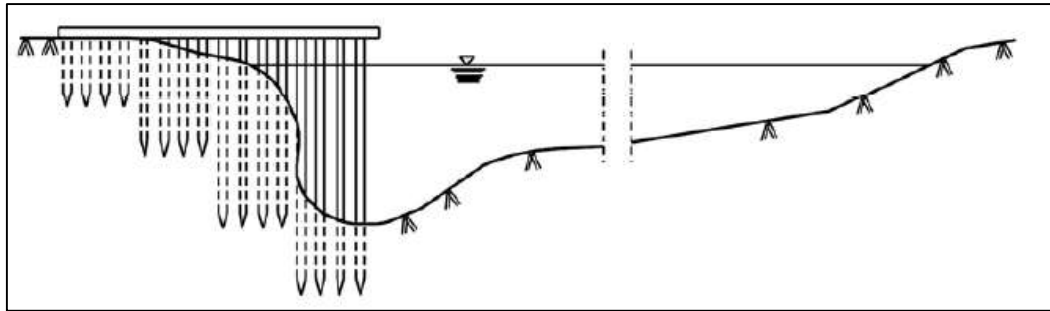
Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum pemancangan dimulai adalah sebagai berikut:

1. Pemancangan dapat dilakukan apabila umur beton telah memenuhi syarat seperti yang telah ditetapkan dalam SNI 03-2847-1992;
2. Urutan pelaksanaan satu serial krib dimulai dari krib paling hulu ke hilir sehingga krib paling hilir dilaksanakan paling akhir;
3. Cara pemancangan untuk satu buah krib sangat tergantung pada kondisi muka air sungai, apabila muka air sungai relatif rendah maka pemancangan dimulai pada tiang krib yang paling jauh dari tebing sungai; sebaliknya apabila permukaan air sungai relatif tinggi maka disarankan pemancangan dimulai dari tiang krib yang paling dekat dengan tebing sungai;
4. Setiap meter panjang tiang pancang harus diberi tanda dengan cat berwarna jelas untuk memantau kedalaman pemancangan;
5. Apabila pemancangan menggunakan alat/mesin penumbuk dengan penumbuk yang dijatuhkan, maka berat penumbuk tersebut harus sebanding dengan berat tiang pancang;
6. Apabila pemancangan menggunakan alat /mesin penumbuk yang lain maka karakter mesin harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan sekitar sehingga gangguan yang ditimbulkan dapat ditekan sekecil mungkin.

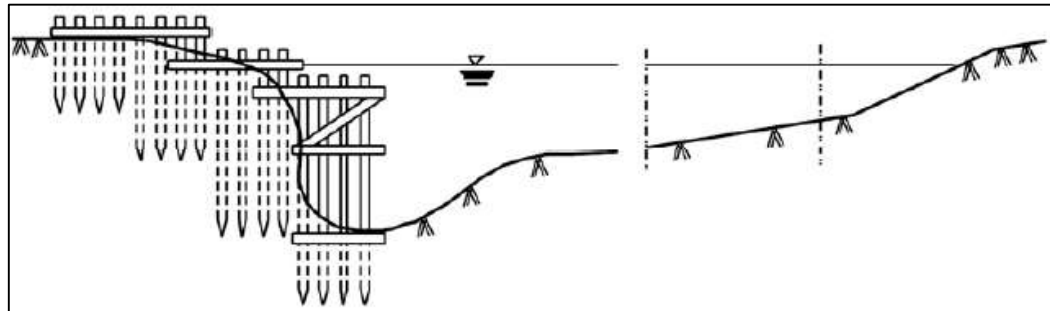
c. Pelaksanaan pemancangan

Tahapan pelaksanaan pemancangan adalah sebagai berikut:

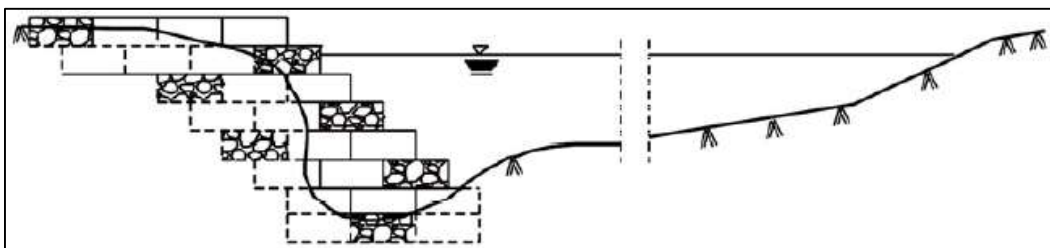
1. Ujung tiang pancang diletakkan pada posisi yang telah ditentukan, apabila tiang pancang berbentuk persegi maka sisi luar tiang pancang harus sejajar dengan garis arah krib;
2. Apabila posisi tiang pancang sudah sesuai dengan gambar rencana maka proses penumbukan dapat dilakukan;



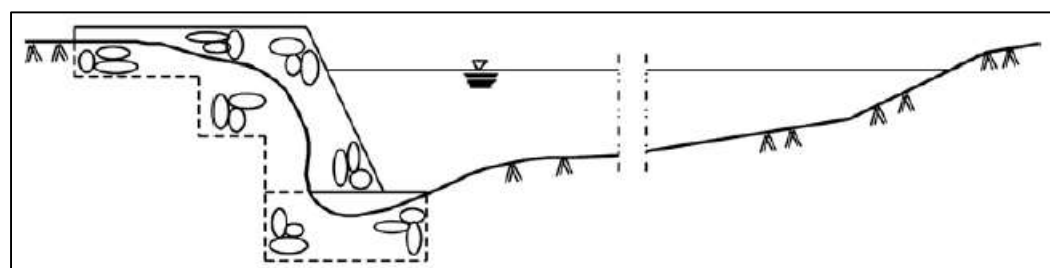
**Gambar 8.8- Sketsa contoh krib dari tiang pancang beton**



**Gambar 8.9- Sketsa contoh krib dari tiang pancang kayu**



**Gambar 8.10- Sketsa contoh krib dari beronjong**



**Gambar 8.11- Sketsa contoh krib dari pasangan batu**

### 8.2.3 Bangunan Pengaman Pilar Jembatan (Fender)

Bangunan pengaman pilar jembatan atau fender merupakan bangunan yang terletak di tengah sungai, sehingga pilar tersebut dapat aman jika ada kapal yang menabrak pilar tersebut. Fender pada pilar jembatan terbuat dari tiang pancang baja ataupun tiang pancang beton yang dipancang mengelilingi pilar jembatan dan dihubungkan dengan *pile cap* pada bagian atasnya. Pelaksanaan pemancangan dari fender ini dapat dilihat lebih rinci pada sub bab "Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang". Perlu diperhatikan bahwa elevasi kepala fender harus sesuai

#### 8.2.4.1 Prediksi muka air hilir yang terlalu tinggi;

- a. Degradasi dasar sungai tidak diperhitungkan dan tidak diantisipasi;
- b. Degradasi yang terjadi melebihi prediksi yang dianalisa dalam perencanaan.

Untuk mengantisipasi gerusan yang terjadi di sungai maka terdapat beberapa pengaman gerusan yang dapat diterapkan untuk melindungi konstruksi jembatan yang berada pada daerah sungai.

#### 8.2.4.2 Rip-rap batu

Rip-rap batu (pasangan batu kosong) merupakan bongkahan batu alam dengan ukuran dan volume tertentu yang digunakan untuk mengurangi kedalaman penggerusan setempat (*local scouring*) serta untuk melindungi tanah dasar di hilir jembatan yang akan dibangun.

Pada umumnya dasar sungai di bagian hilir terjadi kecepatan aliran yang besarnya bervariasi. Rip-rap yang terdiri dari susunan batu-batu lepas tersebut yang terkena aliran deras akan menyebar, masuk dan mengisi lubang yang ada akibat penggerusan setempat, sehingga dapat menjadi pelindung dasar sungai dari bahaya gerusan. Berikut ini kriteria material yang digunakan untuk pekerjaan rip-rap batu:

- a. Batu yang digunakan harus kuat, keras dan padat,
- b. Dimensi dan berat batu harus memadai (diameter batu berkisar 0,30 m – 0,40 m),
- c. Volume batu yang digunakan harus cukup memadai untuk mengisi lubang gerusan yang terjadi.

Agar rip-rap batu dapat berfungsi dengan efektif, kriteria pelaksanaan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

- a. Ukuran, volume, dan penempatan batu harus sesuai dengan yang disyaratkan dalam perencanaan,
- b. Batu harus ditempatkan di atas saringan (*filter*) berupa geotekstile.

Tata cara pelaksanaan pekerjaan rip-rap batu untuk pelindung dasar sungai dapat merujuk pada sub bab 8.2.1.4 mengenai "Rip-rap".

#### 8.2.4.3 Rip-rap beton

Apabila tidak tersedia material batu yang cukup besar, maka alternatif pengaman gerusan dapat digunakan rip-rap beton dengan bentuk balok dengan ukuran 1 m x 1 m x 2 m ataupun bentuk kubus dengan ukuran 1 m x 1 m x 1 m. Pemasangan rip-rap beton ini sama dengan rip-rap pasangan batu dimana sebelum dihamparkan material betonnya, perlu dipasang terlebih dahulu lapisan *filter* berupa geotekstile lalu kemudian rip-rap betonnya dihampar di atas lapisan *filter*-nya.

#### 8.2.4.4 Beronjong

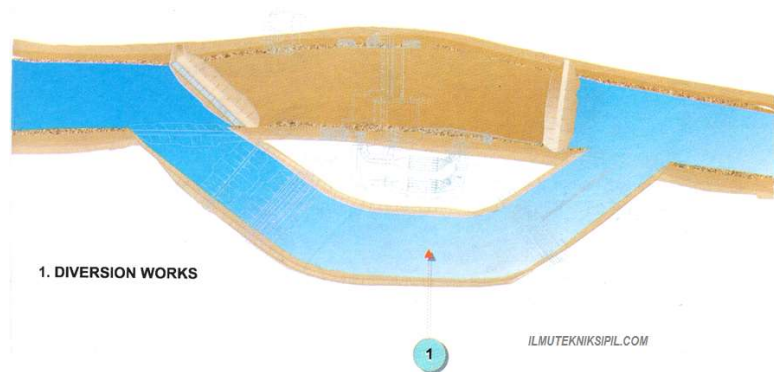
Penggunaan beronjong di hilir jembatan dimaksudkan untuk mengurangi bahaya penggerusan setempat. Sebagai perlindungan dasar sungai dari bahaya penggerusan setempat, banyak pengalaman penerapan rip-rap beronjong kurang tepat dan kurang berhasil. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor berikut ini:

b. Pekerjaan Pengukuran

1. Dilakukan pengukuran dan pemasangan bouplank di lokasi pekerjaan sesuai dengan gambar.
2. Pengukuran berpedoman pada titik acuan.
3. Pemasangan patok *Bench Mark* dan *Control Point*.

c. Pekerjaan *Dewatering*

1. Metode saluran pengalihan (*diversion channel*). *Diversion work* dikerjakan dengan menggali tanah kemudian membuat tanggul di badan sungai untuk mengalihkan aliran sungai ke sebelah kanan sungai. Setelah sungai dialihkan lokasi *groundsill* dapat dikeringkan melalui proses *dewatering*.



**Gambar 8.13 – Metode diversion channel**

2. Dengan kisdam di badan melintang sungai. Pekerjaan dilakukan dengan menutup setengah dari melintang sungai terlebih dahulu diikuti pekerjaan pengeringan. Dengan begitu pekerjaan konstruksinya bisa dilakukan setengah terlebih dahulu tanpa mengganggu aliran sungainya.
  3. Untuk kondisi muka air rendah, tanggul dapat dibuat dari *sandbag*. Jika muka air tinggi, maka dibuat *sheetpile*.
- d. Pekerjaan Tanah
1. Galian dilakukan pada daerah rencana *groundsill*.
  2. Galian tanah untuk pengerukan endapan dikerjakan sesuai dengan garis dan bidang yang ditunjukkan dalam gambar. Galian tanah dimaksudkan untuk daerah yang bahan hasil galiannya terdiri dari tanah lumpur, pasir atau kerikil.
  3. Kemiringan yang berbeda dengan yang ditentukan dalam gambar karena kesalahan pelaksanaan, maka harus diperbaiki.
  4. Bila galian menemui lapisan tanah keras maka dilakukan pekerjaan galian batu.
  5. Penghamparan tanah yang sudah diratakan dan dirapikan.

- i. Konstruksi kontak tubuh bendung ground sill dengan tebing sungai merupakan bagian pekerjaan yang sangat penting, demikian pula kontak antara tebing sungai dengan dengan bagian-bagian *ground sill* lainnya, seperti kolam olak dan konsolidasi dasar sungai.

## 8.2.5 K3 Bangunan Pengaman

### 8.2.5.1 Dinding Penahan Tanah

Pelaksanaan pekerjaan dinding penahan tanah memiliki resiko tersendiri terhadap keselamatan pekerja di lingkungan pekerjaan selama pembuatan dinding penahan tanah berlangsung. Berikut ini potensi bahaya dan cara pencegahan dari pelaksanaan pekerjaan dinding penahan tanah ditunjukkan pada Tabel 8.1 hingga Tabel 8.3.

**Tabel 8.1- K3 pekerjaan beronjong**

Pekerjaan	Item Pekerjaan	Potensi Bahaya	Pencegahan
Pelaksanaan Pekerjaan Beronjong	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> <li>• Terluka akibat pemasangan patok.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li> <li>• Pekerja harus menggunakan APD yang lengkap.</li> </ul>
	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya dari alat yang digunakan.</li> <li>• Bahaya dari meterial yang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan.</li> <li>• Pemeriksaan terlebih dahulu terhadap material yang digunakan.</li> </ul>
	Penyiapan rantai kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya akibat bahan dan peralatan yang digunakan.</li> <li>• Bahaya akibat genangan air.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Menggunakan sepatu boot yang sesuai standar.</li> </ul>
	Penganyaman kawat beronjong	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tangan terluka akibat penganyaman kawat beronjong.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penganyaman kawat beronjong dilakukan secara hati-hati dan pekerja harus menggunakan sarung tangan saat penganyaman.</li> </ul>
	Penempatan batu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tertimpa batu saat memasukan ke dalam keranjang beronjong.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila batu terlalu berat untuk di angkat, maka sebisa mungkin menggunakan alat bantu.</li> </ul>

**Tabel 8.3 K3 pekerjaan DPT beton**

<b>Pekerjaan</b>	<b>Item Pekerjaan</b>	<b>Potensi Bahaya</b>	<b>Pencegahan</b>
Pelaksanaan Pekerjaan DPT Beton	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> <li>• Terluka akibat pemasangan patok.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li> <li>• Pekerja harus menggunakan APD yang lengkap.</li> </ul>
	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya dari alat yang digunakan.</li> <li>• Bahaya dari material yang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan.</li> <li>• Pemeriksaan terlebih dahulu terhadap material yang digunakan.</li> </ul>
	Galian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat peralatan penggalian.</li> <li>• Galian mengalami longsor.</li> <li>• Terjatuh kedalam lubang galian.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja harus menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Lereng galian sebisa mungkin dibuat landai atau lereng dipasang dengan cerucuk.</li> <li>• Pemasangan pagar pengaman.</li> </ul>
	Pabrikasi baja tulangan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat tergores baja tulangan.</li> <li>• Terkena alat pemotong baja tulangan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Pekerja harus memotong baja tulangan secara hati-hati dan menggunakan sarung tangan.</li> </ul>
	Perakitan bekisting	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tangan terkena gergaji saat memotong kayu.</li> <li>• Tergores oleh kayu bekisting.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja harus memotong kayu secara hati-hati dan menggunakan sarung tangan</li> <li>• Pekerja perlu menggunakan APD lengkap.</li> </ul>
	Instalasi baja tulangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjepit saat instalasi baja tulangan.</li> <li>• Terluka akibat instalasi baja tulangan rubuh.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalasi baja tulangan dilakukan secara hati-hati.</li> <li>• Memastikan baja tulangan terpabrikasi dengan baik dan benar.</li> </ul>

**Tabel 8.4- K3 pekerjaan rip-rap**

<b>Pekerjaan</b>	<b>Item Pekerjaan</b>	<b>Potensi Bahaya</b>	<b>Pencegahan</b>
Pelaksanaan Pekerjaan Rip-rap	Pengukuran dan pematokan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan akibat pengukuran di daerah yang dilalui kendaraan.</li> <li>• Terluka akibat pemasangan patok.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan rambu di lokasi pekerjaan.</li> <li>• Pekerja harus menggunakan APD yang lengkap.</li> </ul>
	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya dari alat yang digunakan.</li> <li>• Bahaya dari material yang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan.</li> <li>• Pemeriksanaan terlebih dahulu terhadap material yang digunakan.</li> </ul>
	Galian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat peralatan penggalian.</li> <li>• Galian mengalami longsor.</li> <li>• Terjatuh kedalam lubang galian.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja harus menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Lereng galian sebisa mungkin dibuat landai atau lereng dipasang dengan cerucuk.</li> <li>• Pemasangan pagar pengaman.</li> </ul>
	Pemasangan geotekstile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terluka akibat alat penghampar geotekstile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penghamparan geotekstile dilakukan secara hati-hati.</li> </ul>
	Pemasangan material rip-rap	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tertimpa batu</li> <li>• Terluka akibat alat berat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penempatan batu dilakukan secara hati-hati.</li> <li>• Pekerja perlu menjaga jarak aman dengan alat berat.</li> </ul>
	Penimbunan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potensi longsor dari tanah timbunan.</li> <li>• Potensi kecelakaan akibat alat pemadat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timbunan harus dipastikan dipadatkan dengan benar.</li> <li>• Penggunaan peralatan pemadat harus dilakukan oleh orang berpengalaman.</li> </ul>

#### 8.2.5.5 Dinding Tiang Secant

Pelaksanaan K3 pada pekerjaan dinding tiang secant memiliki kesamaan dengan K3 pada pekerjaan Fondasi tiang bor. Secara pelaksanaan, potensi bahaya dan pencegahan K3

### 8.3.1.2 Rambu-Rambu Lalu Lintas Jembatan

#### a. Umum

Rambu lalu lintas adalah bagian dari perlengkapan jalan atau jembatan yang memuat lambang, huruf, angka, kalimat dan/atau perpaduan diantaranya, yang digunakan untuk memberikan peringatan, larangan, perintah dan petunjuk bagi pemakai jalan atau jembatan. Jenis rambu lalu lintas jembatan yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 Tentang Rambu Lalu Lintas.

#### b. Persyaratan Bahan untuk Rambu-Rambu Lalu Lintas

Persyaratan bahan yang digunakan untuk rambu-rambu lalu lintas yang digunakan pada jembatan terdiri dari:

##### 1. Pelat Aluminium

Pelat untuk Rambu Jalan harus merupakan lembaran rata dari campuran aluminium keras 5052 - H34 sesuai dengan ASTM B 209 dan harus mempunyai suatu ketebalan minimum 2 mm. Lembaran tersebut harus bebas dari gemuk, dikasarkan permukaannya (*dietsa*), dinetralsir dan diproses sebelum digunakan sebagai pelat Rambu.

##### 2. Kerangka dan Pengaku Rambu Jalan

Kerangka dan pengaku harus merupakan bagian-bagian campuran aluminium alloy yang diekstrusi dari campuran logam No. 6063-T6 sesuai dengan ASTM B221. Pelat Rambu Jalan harus diberi tambahan rangka pengaku bila ukuran melebihi 1,0 meter.

##### 3. Bahan Logam Lainnya

Bahan logam lainnya merupakan bahan logam tertentu selain aluminium dengan syarat sebagai berikut:

- a) Bersifat anti karat, dengan atau tanpa lapisan anti karat, termasuk bagian berlubang untuk baut.
- b) Mempunyai tebal minimal 0,8 mm.

##### 4. Bahan Non Logam

Bahan non logam merupakan bahan non logam tertentu harus memenuhi syarat-syarat bahan sebagai berikut:

- a) Mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap cuaca, kelembaban tinggi, asam, dan kelapukan.
- b) Mempunyai tebal minimal 2,0 mm.

##### 5. Tiang Tunggal

Tiang tunggal yang digunakan sebagai rambu lalulintas jembatan harus memenuhi ketentuan berikut:



11. Penggunaan pipa baja harus digalvanisir dengan proses celupan panas, sesuai dengan SNI 07-0242.1-2000 atau ASTM A120-84 yang telah diganti dengan ASTM A53/A53M-12. Baja profil harus sesuai dengan SNI 6764:2016. Bahan yang sama dipakai juga untuk pelengkap pemegang dan penutup tiang rambu. Semua ujung yang terbuka harus diberi tutup untuk mencegah pemasukan air.
12. Bentuk, ukuran dan warna rambu-rambu lalu lintas jembatan disesuaikan dengan Keputusan Menhub No. KM. 61 Tahun 1993 dan lampirannya tentang Rambu Lalu Lintas di Jalan.

c. Tata Cara Penempatan Rambu-Rambu Lalu Lintas

Penempatan rambu lalu lintas harus memperhatikan hal sebagai berikut :

1. Daerah

Daerah tempat dipasangnya rambu dihitung dengan cara mengaitkan jarak kebebasan pandangan terhadap waktu alih gerak (*manuver*) kendaraan yang diperlukan. Kecepatan yang digunakan dapat berupa kecepatan rencana, batas kecepatan atau jika suatu masalah yang bersifat praktis telah diidentifikasi maka berdasarkan survei dapat ditetapkan kecepatan setempat atas dasar presentile ke 85.

2. Penempatan

Rambu lalu lintas petunjuk jembatan harus ditempatkan di sebelah kiri jalan sebelum oprit, pada bahu jalan bagian sisi luar. Dengan pertimbangan bahwa rambu yang akan dipasang harus dapat dilihat dengan jelas oleh pengguna jembatan. Dalam keadaan tertentu juga mempertimbangkan lokasi dan kondisi lalu lintas, rambu dapat ditempatkan di sebelah kanan atau di atas daerah manfaat jalan.

Penempatan rambu di sebelah kanan jalan atau di atas daerah manfaat jalan harus mempertimbangkan faktor – faktor antara lain geografis, geometris jalan, kondisi lalu lintas, jarak pandang, dan kecepatan rencana.

Penempatan rambu lalu lintas diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. 13 Tahun 2014 dengan kriteria sebagai berikut:

- a) Paling sedikit 180 m, untuk jalan dengan kecepatan rencana melebihi 100 km/jam.
- b) Paling sedikit 100 m, untuk jalan dengan kecepatan rencana 80 km/jam sampai dengan 100 km/jam.
- c) Paling sedikit 80 m, untuk jalan dengan kecepatan rencana 60 km/jam sampai dengan 80 km/jam.
- d) Paling sedikit 50 m, untuk jalan dengan kecepatan rencana 60 km/jam atau kurang.

3. Tinggi

Bagian sisi rambu yang paling rendah harus minimal 1,75 m dan tinggi maksimum 2,65 m di atas titik pada sisi jalan yang tingginya diukur dari permukaan jalan sampai dengan sisi daun rambu bagian bawah atau papan tambahan bagian bawah apabila rambu dilengkapi dengan papan tambahan, sedangkan rambu yang dipasang pada fasilitas pejalan kaki tinggi minimum 2,00 m dan maksimum

harus rata dan halus dan dikeringkan dengan lampu pemanas atau dimasukkan ke dalam oven bila diperlukan.

### 8.3.1.3 Marka Jalan Jembatan

#### a. Umum

Marka jalan adalah suatu tanda yang berada di permukaan jalan atau di atas permukaan jalan yang meliputi peralatan atau tanda yang membentuk garis membujur, garis melintang, garis serong serta lambang lainnya yang berfungsi untuk mengarahkan arus lalu lintas dan membatasi daerah kepentingan lalu lintas (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 34 tahun 2014).

#### b. Persyaratan Cat Untuk Marka Jalan Jembatan

Cat yang digunakan haruslah berwarna putih atau kuning seperti yang ditunjukkan dalam Gambar dan memenuhi Spesifikasi menurut SNI berikut ini:

1. Marka Jalan “bukan” Termoplastik: SNI 06-4825-1998.
2. Marka Jalan Termoplastik: SNI 06-4826-1998 (jenis padat, bukan serbuk).

Marka jalan harus memiliki rata-rata tingkat retroreflektif minimal 200 mcd/m<sup>2</sup>/lux (warna putih maupun kuning) sesuai dengan ASTM E1710-18 pada umur 0 - 6 bulan setelah aplikasi. Pada akhir tahun ke-1 rata-rata tingkat retroreflektif minimal 150 mcd/m<sup>2</sup>/lux sesuai dengan ASTM E1710-18. Bahan yang digunakan harus diproduksi oleh pabrikan yang terakreditasi sesuai dengan SNI ISO 9001:2015 tentang Sistem Manajemen Mutu - Persyaratan. Bahan yang digunakan tidak boleh lebih dari 1 tahun dari tanggal produksi.

#### c. Ketentuan Pelaksanaan Marka Jalan Jembatan

##### 1. Penyiapan Permukaan

Sebelum marka jalan dipasang atau pelapisan cat dilaksanakan, permukaan perkerasan yang akan dicat harus bersih, kering dan bebas dari bekas-bekas gemuk dan debu. Cat lama atau marka termoplastis yang akan menghalangi pelekatan yang memadai terhadap pelapisan yang baru harus dibuang dengan semprotan pasir.

##### 2. Pelaksanaan Marka Jalan

- a) Semua pemakaian cat secara dingin harus diaduk di lapangan menurut ketentuan pabrik pembuat sesaat sebelum dipakai agar menjaga bahan pewarna tercampur merata didalam suspensi.
- b) Cat tidak boleh dipasang pada permukaan yang dilapis kurang dari 3 bulan setelah pemberian lapisan lebur atas atau pelapisan latakton.
- c) Ukuran yang tepat dan kedudukan semua marka jalan harus ditempatkan dan diberi tanda pada perkerasan sebelum cat dipakai.
- d) Cat jalan harus dipakai untuk sumbu jalan, garis pemisah jalur, garis batas perkerasan dan garis-garis zebra cross dengan memakai alat mesin mekanis yang disetujui, bergerak mesin sendiri, jenis penyemprot otomatis dengan pengaduk mekanis.

## 8.3.2 Papan Nama Jembatan

### 8.3.2.1 Umum

Papan nama jembatan adalah papan monumen yang menerangkan nama, nomor, lokasi, tahun pembuatan, panjang jembatan, nama dan logo instansi, yang dipasang di parapet jembatan. Pekerjaan ini terdiri dari penyediaan dan pemasangan papan nama jembatan dalam bentuk dan dimensi yang ditunjukkan dalam Gambar 8.15.



**Gambar 8.15– Papan Nama Jembatan**

### 8.3.2.2 Bahan Material Papan Nama Jembatan

Bahan yang digunakan adalah marmer atau batu alam dengan ukuran sesuai dengan Gambar Kerja. Papan nama ini harus diukir nama dan lambang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Kementerian PUPR), dan nama jembatan yang telah disetujui secara tertulis, jumlah bentang, panjang jembatan, tipe jembatan dan lokasi jembatan (dinyatakan Km dari kota asal, dan GPS dengan 4 digit), jenis dan kedalaman fondasi yang telah disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

### 8.3.2.3 Penyediaan Papan Nama Jembatan

Dalam penyediaan papan nama jembatan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Papan nama jembatan terbuat dari bahan marmer atau batu alam atau bahan lain yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- Bentuk dan dimensi papan nama sesuai dengan apa yang ditunjukkan dalam Gambar Kerja.
- Papan nama diukir nama, nomor, tahun pembuatan, dan lambang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat atau keterangan lain yang telah disetujui Pengawas Pekerjaan.

- a) Tiang Lampu beton dalam pembuatan tiang harus mempunyai kekuatan tekan setelah berumur 28 hari minimum 415 daN/cm<sup>2</sup>.
  - b) Permukaan tiang beton harus terlihat baik, lurus dan tidak retak serta dilengkapi dengan penandaan sesuai persyaratan pada butir 8.
  - c) Bagian-bagian tiang yang terbuat dari logam harus tertutup atau dilapisi bahan anti karat sedemikian sehingga terhindar dari korosi.
  - d) Tiang harus dilengkapi konduktor pembumian yang terpasang kokoh dan terbuat dari logam.
  - e) Tiang harus memenuhi persyaratan:
    - 1) Uji kelurusan: deviasi kelurusan tiang maksimum 0,2% dari panjang tiang.
    - 2) Uji lentur tidak retak pada pembebanan 100% beban kerja.
    - 3) Uji defleksi permanen: maksimum 0,2% dari panjang tiang setelah pembebanan 150% beban kerja selama 2 menit.
3. Tiang Menara (*High Masts*)
- a) Tiang menara harus terbuat dari baja yang dipasang dalam bentuk kerucut, dan dilas dalam satu lapisan longitudinal. Bagian-bagiannya harus disambung secara teleskopis atau dengan baut. Bila menggunakan baut, pelat penyambungannya (*flanges*) tidak boleh merusak estetika garis-garis tiang dan sebaiknya diletakkan di bagian dalam. Setelah tiang menara dipasang, semua baut yang tampak dan mur pengencangannya pada pondasi harus diberi lapisan cat bitumen. Kerusakan dan cacat akibat pengangkutan dan pemasangan harus dibersihkan dan diperbaiki.
  - b) Tiang menara harus dipasang dengan baut ke pondasi beton bertulang dengan baut baja dan mur baja dengan diameter dan jumlah yang memadai. Penyedia harus menyerahkan gambar rencana mengenai pondasi dan perhitungannya, untuk disetujui Pengawas Pekerjaan. Baut angker harus memenuhi ketentuan JIS B 1180 dan B 1181 atau yang setara, dan masing-masing harus dilengkapi dengan dua mur dan dua ring.
  - c) Tiang menara harus mempunyai lubang masuk yang dapat dikunci.
  - d) Perlengkapan lampu seperti sekring, *ballast*, *starter* dan kapasitor harus dipasang pada bingkai yang memadai dan diletakkan di dalam tiang menara di atas permukaan tanah. Harus dijaga agar tidak ada air dari pengembunan atau air hujan yang masuk membasahi perlengkapan itu. Kabel dari terminal sambungan ke arah lampu harus diikat jadi satu dan diklem pada tiang menara. Di dalam tiang menara, didekat bingkai perlengkapan harus disediakan satu terminal arde (*earth terminal*) dengan diameter sekurang-kurangnya 10 mm, langsung disambung las ke tiang menara. Pada bagian atas tiang menara harus dipasang *head frame* yang cukup untuk tempat berbagai perlengkapan penerangan dan ke berbagai arah sambungannya, sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar.
  - e) Tiang menara harus mempunyai garis-garis bentuk yang serasi. Penyedia harus menyerahkan informasi lengkap, untuk mendapat persetujuan Pengawas Pekerjaan, mengenai bentuk dan detail ukuran tiang menara.

### 8.3.3.3 Penempatan Lampu Penerangan Jembatan

a. Penempatan lampu penerangan jalan/jembatan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memberikan :

1. Kemerataan pencahayaan yang sesuai dengan ketentuan Tabel 8.5 dan Tabel 8.6

**Tabel 8.5- Batas Kuat Pencahayaan**

Klasifikasi Jalan	Daerah Penempatan (Lux)		
	Komersil	Menengah	Permukiman
Jalan Tol	22	15	11
Jalan Arteri	15	13	11
Jalan Kolektor	13	10	6
Jalan Lokal	10	6	4
Jalan Kecil	6	4	4

**Tabel 8.6 - Rasio Kemerataan Pencahayaan**

Lokasi Penempatan	Rasio Maksimum
Jalur lalu lintas:	
a) Di daerah pemukiman	6 : 1
b) Di daerah komersil/pusat kota	3 : 1
Jalur lalu lintas:	
c) Di daerah pemukiman	10 : 1
d) Di daerah komersil/pusat kota	4 : 1
Trowongan	4 : 1
Tempat-tempat peristirahatan (rest area)	6 : 1

2. Keselamatan dan keamanan bagi pengguna jalan/jembatan.
  3. Pencahayaan yang lebih tinggi di area tikungan atau persimpangan, dibanding pada bagian jalan yang lurus.
  4. Arah dan petunjuk (guide) yang jelas bagi pengguna jalan dan pejalan kaki.
- b. Sistem penempatan lampu penerangan jalan yang disarankan seperti pada Tabel 8.7

**Tabel 8.7 Rasio Kemerataan Pencahayaan**

Jenis Jalan/Jembatan	Sistem Penempatan Lampu
e) Jalan Arteri	Sistem Menerus Parsial
f) Jalan Kolektor	Sistem Menerus Parsial
g) Jalan Lokal	Sistem Menerus Parsial
h) Persimpangan, Simpang Susun, <i>Ramp</i>	Sistem Menerus
i) Jembatan	Sistem Menerus
j) Terowongan	Sistem Menerus Bergradasi

Jenis Lampu	Tinggi Lampu (m)	4	5	6	7	8	9	10	11	Tingkat Pencahayaan
50W SON atau 80W MBF/U	4	31	30	29	28	26	-	-	-	3,5 LUX
	5	33	32	32	31	30	29	28	27	
70W SON atau 125WMBF/U	6	48	47	46	44	43	41	39	37	
70W SON atau 125WMBF/U	6	34	33	32	31	30	28	26	24	6,0 LUX
100W SON	6	48	47	45	42	40	38	36	34	10,0 LUX
150W SON atau 250W MBF/U	8	-	-	48	47	45	43	41	38	
100W SON	6	-	-	28	26	23	-	-	-	
250W SON atau 400W MBF/U	10	-	-	-	-	55	53	50	47	20,0 LUX
250W SON atau 400W MBF/U	10	-	-	36	35	33	32	30	28	
400W SON	12	-	-	-	-	39	38	37	36	30,0 LUX

Keterangan :

k) Jarak antar tiang lampu dalam meter.

l) Rumah lampu (lantern) tipe A mempunyai penyebaran sorotan cahaya/sinar lebih luas.

m) Rumah lampu (lantern) tipe B mempunyai penyebaran sorotan cahaya lebih ringan/ kecil, terutama yang langsung ke jalan.

#### 8.3.3.4 Lampu Penerangan Panel Surya

##### a. Spesifikasi Umum Lampu Penerangan Panel Surya

Spesifikasi umum lampu penerangan panel surya harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:

Waktu Operasi : min 12 jam (dalam 1 hari)

Otonomi Cadangan : min 3 hari (kondisi tidak ada matahari)

Tegangan Operasi : min 24 V DC

Charge Controller : min 24 V, Minimal 10 Amp

Baterai : *deep cycle, Maintenance free*

Box Baterai : Besi pelat *galvanized*

Tinggi Lampu : 7-9 m

Umur Teknis : 3 tahun (kondisi menyala) minimal 12 jam

##### b. Spesifikasi Perangkat

###### 1. Panel Surya

Kapasitas total minimum : 200 Wp (dengan lengan tunggal)

Spesifikasi modul surya :

- a) Proteksi : IP65
- b) Daya Tahan : > 50.000 Jam
- c) Warna Cahaya : 3.000 – 5.000 Kelvin
- d) Voltage : min 24 V
- e) Efficiency of light :  $\geq 90\%$

#### 8.3.3.5 Prosedur Pemasangan Lampu Penerangan Panel Surya

##### a. Survei Lokasi Titik Pemasangan Lampu Penerangan Jembatan

Survei dilakukan untuk memastikan kesesuaian lokasi dengan Gambar Kerja. Pada tahap ini akan dilakukan pengukuran jarak untuk menetapkan letak pemasangan tiang.

Survei lokasi ini diperlukan untukantisipasi dan mempermudah pengiriman material. Juga sebagai antisipasi kebutuhan peralatan kerja untuk mempermudah pekerjaan.

Sebelum melakukan pekerjaan, perijinan harus dilakukan ke PLN, perlu juga mendata letak lokasi tiang dan nomor tiang yang dipakai untuk pemasangan *box* panel distribusi.

- b. Untuk lokasi yang tidak ada tiang bantu, dapat ditarik jaringan kabel LVTC 2 x 10 mm dengan memasang *bracket* pada tiap tiang PJU yang dilanjutkan dengan pemasangan J4 sebagai pengikat kabel LVTC.
- c. Pemasangan *box* APP, *Ground rod*, Pipa *inforing* yang dilanjutkan pengukuran *grounding* dan tahanan isolasi. Selanjutnya dilakukan dengan penyambungan ke jaringan TR (tegangan rendah) PLN. Setelah itu dilakukan pengetesan terhadap jaringan yang telah terpasang.
- d. Selanjutnya pemasangan stang lampu dan lampu induksi yang dilanjutkan dengan penyambungan ke jaringan yang sudah ditarik.
- e. Jika diperlukan penambahan tiang bantu sementara, maka pertama-tama dibuatkan lubang dengan menggunakan *diger* sesuai ukuran tiang dan pengecorannya. Setelah lubang selesai, angkur dapat ditanam. Ketegakan dari tiang harus dicek sebelum proses pengecoran dilakukan.
- f. Setelah pengecoran dilakukan dan beton sudah mengering, selanjutnya pada permukaan beton dipasangkan *base pelate*.
- g. Setelah tiang lampu atau (tiang bantu) terpasang maka dilakukan penarikan kabel yang dipasang pada setiap tiang, dilakukan pengikatan dikedua arahnya.
- h. Penarikan kabel tanah dilakukan setelah galian kabel selesai dan dibeberapa lokasi setelah tiang terpasang. Kabel tanah dilindungi dengan pipa PVC sesuai spesifikasi.
- i. Selanjutnya adalah penarikan/penyambungan kabel *infor* yaitu penarikan kabel daya dari jaringan PLN ke KWH Meter dan ke lampu yang telah ditetapkan spesifikasi dan besar dayanya.
- j. Perijinan PLN harus sudah diajukan dan dipersetujui sebelum pekerjaan di lapangan dikerjakan, dengan melampirkan data-data yang diperlukan sesuai persyaratan PLN.

#### 8.3.3.6 Bagan Alir Pemasangan Lampu Penerangan Jembatan

Proses pelaksanaan pemasangan lampu penerangan jembatan dapat digambarkan pada bagan alir sebagai berikut:

<b>Pekerjaan</b>	<b>Item Pekerjaan</b>	<b>Potensi Bahaya</b>	<b>Pencegahan</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lampu Penerangan Jalan</li> </ul>	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya dari alat yang digunakan.</li> <li>• Bahaya dari meterial yang digunakan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan.</li> <li>• Pemeriksaan terlebih dahulu terhadap material yang digunakan.</li> </ul>
	Penggalian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecelakaan atau bahaya akibat pelaksanaan galian</li> <li>• Bahaya akibat runtuhnya lereng galian.</li> <li>• Kecelakaan terkena cangkul/alat penggali lain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Tanpa konstruksi penyangga yang kuat, maka pekerja dilarang menggali tanah di bagian bawah.</li> </ul>
	Pengelasan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya akibat penggunaan peralatan las.</li> <li>• Bahaya akibat tersengat listrik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diwajibkan menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Pengelasan dilakukan oleh pekerja ahli</li> </ul>
	Pengecatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjadi luka pada tangan akibat sistem pencelupan panas pada proses galvanize.</li> <li>• Terluka akibat alat penyemprotan/alat mekanis pengecatan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja diharuskan menggunakan APD lengkap.</li> <li>• Tidak boleh menggunakan peralatan listrik yang elemen pemanasannya terbuka, untuk mengeringkan cat.</li> </ul>