

**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT
NOMOR : 15/SE/M/2015
TANGGAL 23 APRIL 2015**

TENTANG

**PEDOMAN PELAKSANAAN PERKERASAN BETON SEMEN
PRACETAK-PRATEGANG**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



**MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
REPUBLIK INDONESIA**

Kepada Yth.:

Para Pejabat Eselon I di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

**SURAT EDARAN
NOMOR : 15 /SE/M/2015**

TENTANG

**PEDOMAN PELAKSANAAN PERKERASAN BETON SEMEN PRACETAK-
PRATEGANG**

A. Umum

Beton semen pracetak-prategang sebagai perkerasan jalan menjadi suatu pilihan karena berdasarkan analisis dan evaluasi telah terbukti unggul, antara lain lebih tipis, dan mutu lebih terkendali jika dibandingkan dengan perkerasan beton semen konvensional. Perbedaan mendasar dengan beton semen konvensional adalah pelaksanaan perkerasan beton semen dibuat berupa panel-panel pracetak dengan ukuran yang lebih panjang sehingga dapat mengurangi jumlah sambungan dan tidak memerlukan waktu yang lama dibuka untuk lalu lintas.

B. Dasar Pembentukan

- 1) Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
- 2) Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Provinsi, Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
- 3) Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara;

- 4) Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);
- 5) Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;
- 6) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan.

C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pejabat Eselon I di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perencana, pelaksana dan pengawas dalam menguraikan prosedur pelaksanaan perkerasan beton semen pracetak prategang, baik untuk jalan baru maupun pada jalan lama, serta yang dipasang secara melintang maupun memanjang. Prosedur tersebut dimaksudkan untuk menjamin bahwa pelaksanaan pekerjaan perkerasan beton semen pracetak-prategang memenuhi persyaratan bahan, mutu, perakitan, dan penutupan yang sesuai dengan rencana.

D. Ruang Lingkup

Pedoman ini menguraikan prosedur pelaksanaan perkerasan beton semen pracetak-prategang, baik pada jalan baru maupun pada jalan lama, serta yang dipasang secara melintang atau memanjang.

Pedoman ini meliputi uraian tentang struktur perkerasan, persyaratan bahan dan peralatan, persiapan kerja, persyaratan campuran serta pelaksanaan dan pengendalian mutu. Persiapan kerja meliputi pencetakan panel di pabrik, persiapan sebelum pelaksanaan, penyiapan tanah dasar, lapis fondasi dan lapis perata.

Pelaksanaan meliputi pencetakan panel, perawatan, penyimpanan, pengangkutan, serta perakitan panel di lokasi pekerjaan, *grouting* panel, *grouting* selongsong tendon, pemasangan bahan penutup sambungan dan pengendalian mutu.

E. Penutup

Ketentuan lebih rinci mengenai Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang ini tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran Menteri ini.

Demikian atas perhatian Saudara disampaikan terima kasih.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 23 April 2015

**MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



M. BASUKI HADIMULJONO

Tembusan disampaikan kepada Yth.:
Plt. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan
Rakyat.

LAMPIRAN
SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN
UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
NOMOR : 15/SE/M/2015
TENTANG
PEDOMAN PELAKSANAAN PERKERASAN
BETON SEMEN PRACETAK-PRATEGANG

PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

**Pelaksanaan perkerasan beton semen
pracetak-prategang**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	v
Pendahuluan	vi
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	4
4 Struktur perkerasan	6
4.1 Umum	6
4.2 Lokasi dan denah	7
4.3 Detail panel pracetak-prategang	8
4.4 Detail sambungan	8
4.5 Perkuatan panel	10
4.6 Fondasi dan drainase bawah-permukaan (<i>sub-surface drainage</i>)	10
4.7 Tanah dasar	11
5 Persyaratan panel beton semen pracetak-prategang	11
5.1 Panel beton semen pracetak-prategang	11
5.2 Bahan	11
5.2.1 Bahan beton	11
5.2.2 Bahan tambah campuran (<i>admixtures</i>) untuk beton	11
5.2.3 Lembaran plastik pengurang friksi	12
5.2.4 Pemutus ikatan (<i>bond breaker</i>)	12
5.2.5 Baja tulangan	12
5.2.6 Baja prategang	13
5.2.7 Selongsong (<i>duct</i>) paska tarik	13
5.2.8 Bahan untuk <i>grouting</i>	14
5.2.9 Bahan untuk perekat sambungan antarpapan (<i>epoxy resin</i>)	15
5.2.10 Bahan pengisi untuk mortar cepat <i>setting</i>	15
5.2.11 Bahan untuk perawatan beton semen	15
5.2.12 Bahan untuk penutup sambungan	16
5.3 Fondasi dan lapisan dasar agregat	18
5.3.1 Lapis fondasi	18
5.3.2 Lapis dasar agregat (<i>bedding course</i>)	19
6 Persyaratan peralatan	20
6.1 Umum	20

6.2	Cetakan panel beton semen.....	20
6.3	Pencampur di lapangan untuk membuat panel beton semen pracetak-prategang.....	20
6.4	Kapasitas alat pencampur.....	20
6.5	Perlengkapan alat prategang.....	20
6.6	Alat pengangkat panel beton semen (<i>crane</i>).....	21
6.7	Pengangkut adukan beton semen untuk pembuatan panel pracetak-prategang.....	21
6.8	Alat pemadat.....	21
6.9	Alat pengukur kerataan.....	21
6.10	Peralatan pembuat tekstur (<i>texturing</i>).....	21
6.11	Alat perawatan beton semen.....	22
6.12	Alat pembongkar cetakan dan pemotong pipa plastik penyalur <i>grouting</i>	22
6.13	Alat penandaan.....	22
6.14	Pengangkut panel beton semen.....	23
6.15	Penyimpanan panel beton semen.....	23
6.16	Peralatan <i>grouting</i>	23
6.17	Alat kompresi dan <i>sandblasting</i>	23
6.18	Peralatan-peralatan lain.....	23
7	Persyaratan kerja.....	24
7.1	Umum.....	24
7.2	Pertemuan sebelum pelaksanaan.....	24
7.3	Penyiapan tanah dasar dan lapis fondasi.....	24
7.4	Pengamanan perkerasan jalan.....	25
7.5	Pembukaan untuk lalu lintas.....	25
8	Perancangan dan persyaratan campuran.....	26
8.1	Rancangan campuran.....	26
8.2	Persyaratan sifat campuran.....	26
8.3	Campuran percobaan (<i>trial mix</i>).....	26
9	Pelaksanaan.....	27
9.1	Unit panel perkerasan beton semen pracetak-prategang.....	27
9.1.1	Tempat pencetakan.....	27
9.1.2	Cetakan beton semen (<i>formwork</i>).....	27
9.1.3	Pelaksanaan produksi panel pracetak-prategang.....	28
9.2	Penanganan, pengangkutan dan penyimpanan.....	34
9.2.1	Penanganan (penandaan, pembongkaran cetakan, pengangkatan panel dan perawatan).....	34
9.2.2	Pengangkutan.....	36
9.2.3	Penyimpanan panel beton semen pracetak-prategang.....	36

9.3	Percobaan penempatan panel di lapangan (<i>placement field trials</i>)	36
9.4	Pelaksanaan pemasangan panel beton semen pracetak-prategang	37
9.4.1	Persiapan pelaksanaan	37
9.4.2	Persiapan lokasi pekerjaan	37
9.4.3	Penerimaan panel-panel.....	37
9.4.4	Pemasangan lembaran plastik pengurang friksi	38
9.4.5	Pembesian dan <i>tie-bar</i>	38
9.4.6	Penempatan panel (<i>slabs</i>).....	38
9.5	Pengisian slot ruji dan <i>lifting pocket</i> dengan tambalan (<i>patching</i>)	41
9.6	<i>Grouting</i> tendon.....	41
9.7	<i>Grouting</i> bawah panel (<i>underslab grouting</i>)	42
9.8	Sambungan (<i>joint</i>).....	43
9.8.1	Sambungan memanjang (<i>longitudinal joints</i>).....	43
9.8.2	Sambungan muai (<i>expansion joints</i>).....	44
9.8.3	Sambungan kontraksi melintang (<i>transverse contraction joints</i>).....	45
9.8.4	Sambungan berupa takikan/aluran (<i>formed joint</i>).....	46
9.8.5	Sambungan gergajian (<i>sawn contraction joints</i>)	46
9.8.6	Tekstur pada sambungan.....	46
9.8.7	Penutup celah sementara pada sambungan	46
9.8.8	Pemasangan bahan penutup yang dituang	46
9.8.9	Pemasangan bahan penutup sambungan dengan bahan terkompresi.....	47
9.8.10	Sambungan dengan perkerasan lama	47
9.8.11	Pemasangan angkur pada <i>central panel</i> yang dipasang melintang.....	49
9.8.12	Koneksi ke panel di sekitarnya	50
10	Pengendalian mutu	50
10.1	Penerimaan bahan	50
10.2	Pengawasan.....	51
10.3	Pengujian sifat kemudahan pengerjaan	51
10.4	Pengujian kekuatan.....	51
10.5	Penerimaan panel pracetak-prategang	51
10.6	Pengujian beton semen kering	51
10.7	Pengujian baja.....	51
10.8	Rakitan angkur atau jangkar	51
10.9	Penerimaan unit-unit.....	52
10.10	Penerimaan sebelumnya	52
10.11	Perbaikan atas pekerjaan beton semen yang tidak memenuhi ketentuan	52
10.12	Pengujian defleksi vertikal dan <i>faulting</i>	52

10.13	Pembukaan untuk lalu lintas.....	52
10.13.1	Selama pelaksanaan pekerjaan.....	52
10.13.2	Sambungan transisi.....	53
10.13.3	Selama masa pemeliharaan.....	53
	Bibliografi.....	54

Prakata

Pedoman ini merupakan hasil kajian pengalaman pelaksanaan di beberapa negara, serta hasil kajian di beberapa lokasi jalan dan uji coba skala penuh oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum.

Pedoman ini menguraikan prosedur pelaksanaan perkerasan beton semen pracetak-prategang, baik untuk jalan baru maupun pada jalan lama, serta yang dipasang secara melintang atau memanjang. Prosedur tersebut dimaksudkan untuk menjamin bahwa pelaksanaan pekerjaan perkerasan beton semen pracetak-prategang memenuhi persyaratan bahan, mutu, perakitan dan penutupan sambungan yang sesuai dengan rencana.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknik Bidang Jalan dan Jembatan 91-01/S2 melalui Gugus Kerja Bidang Bahan dan Perkerasan Jalan.

Tata cara penulisan disusun dengan mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007, Badan Standardisasi Nasional (BSN), dan dibahas dalam forum rapat konsensus pada tanggal 14 Agustus 2012 di Bandung, dengan melibatkan para narasumber, pakar, dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Beton semen pracetak-prategang sebagai perkerasan jalan menjadi suatu pilihan karena berdasarkan analisis dan evaluasi telah terbukti unggul, antara lain lebih tipis, dan mutu lebih terkendali jika dibandingkan dengan perkerasan beton semen konvensional. Perbedaan mendasar dengan beton semen konvensional adalah pelaksanaan perkerasan beton semen dibuat berupa panel-panel pracetak dengan ukuran yang lebih panjang sehingga dapat mengurangi jumlah sambungan dan tidak memerlukan waktu yang lama dibuka untuk lalu lintas.

Pedoman pelaksanaan perkerasan beton semen pracetak-prategang ini merupakan suatu implementasi hasil pelaksanaan uji coba skala penuh dan pengalaman di beberapa proyek perkerasan jalan beton semen dengan metode pracetak-prategang di Indonesia (Dachlan A.T, 2010), serta hasil kajian pelaksanaan di Indiana (Luh M.Chang *cs.*, 2004), termasuk aspek-aspek selama pelaksanaannya.

Berikut ini kesalahan yang biasanya sering ditemukan (*common mistake*) pada saat pelaksanaan di lapangan, pada pekerjaan perkerasan jalan beton semen beton pracetak, baik panel yang dipasang secara memanjang atau secara melintang:

- a) kerataan permukaan fondasi bawah kurang sempurna sehingga memerlukan bahan *grouting* yang sulit diprediksi volumenya.
- b) pada pemasangan panel secara memanjang:
 - 1) ketidaktepatan memadukan posisi slot untuk *dowel* pada pemasangan panel karena dimensi panel yang kurang presisi.
 - 2) ketidaktepatan memadukan tepi panel, yang berakibat timbulnya beda tinggi antara panel yang satu dengan panel lainnya sehingga diperlukan penggerindaan (*grinding*),
 - 3) ketidaktepatan pembuatan jarak celah antara tepi panel atau jarak celah sambungan yang terlalu lebar sehingga diperlukan *grouting* dengan bahan mortar tahan susut yang lebih banyak.
 - 4) keterlambatan penggergajian paska *grouting* slot *dowel* sehingga timbul celah retak yang tidak beraturan pada sambungan.
 - 5) keterlambatan pemasangan *sealant* pada sambungan atau pada bidang gergajian sehingga terjadi intrusi air permukaan (air hujan) melalui celah sambungan atau celah gergajian.
 - 6) keterlambatan *grouting* di bawah sambungan atau di bawah panel sehingga tepi panel mengalami gompal (*spall*).
 - 7) bahan mortar tahan susut yang tidak baik sehingga terjadi susut pada *grouting* slot *dowel* dan slot pengangkat.
 - 8) permukaan bidang slot dan bidang sambungan yang kotor akibat lumpur sehingga muncul retak di sekitar sambungan antara bidang permukaan slot dan mortar beton tahan susut.
 - 9) *grouting* di bawah sambungan yang tidak dikontrol dengan mistar pandatar (*straight edge*) sehingga akibat tekanan *grouting* yang berlebihan menimbulkan jembulan (*blows up*) di sepanjang sambungan.

c) pada pemasangan panel secara melintang:

- 1) pada umumnya, panel yang ada sambungannya (*joint panel* atau JP) sudah dicetak di pabrik (*dowel* sudah terpasang di tengah-tengah panel dengan jarak dan dimensi tertentu dan ruang pemuaian yang cukup), tetapi karena perakitan panel-panel tidak dilaksanakan secara simultan dari awal, dan setelah penarikan kabel prategang paska tarik (*post tension*) yang dilakukan pada panel tengah (*central panel*), berakibat celah sambungan menjadi lebar dan tidak sesuai dengan lebar celah rencana; akibat paling parah adalah bila setelah penarikan kabel prategang menimbulkan celah yang sangat lebar dan *dowel* menjadi tidak berfungsi sehingga dilakukan pengecoran di tempat sebagai panel sambungan basah (*wet joint panel*) tanpa prategang dengan tebal yang sama dengan panel beton pracetak-prategang.
- 2) ketidaktepatan memadukan tepi panel dasar (*base panel* atau BP), yang berakibat timbulnya beda tinggi antara panel dasar yang satu dengan panel dasar lainnya sehingga diperlukan penggerindaan (*grinding*),
- 3) ketidaktepatan pembuatan jarak celah pada panel sambungan untuk sambungan muai (*expansion joint*) atau jarak celah sambungan yang terlalu lebar sehingga diperlukan *grouting* dengan bahan mortar tahan susut.
- 4) keterlambatan pemasangan *sealant* pada sambungan muai sehingga terjadi intrusi air permukaan (air hujan) melalui celah sambungan muai.
- 5) keterlambatan *grouting* di bawah sambungan atau di bawah panel sehingga tepi panel mengalami gompal (*spall*) atau *pumping*.
- 6) bahan mortar tahan susut yang tidak baik sehingga terjadi susut pada *grouting* slot.
- 7) permukaan bidang slot dan bidang sambungan yang kotor akibat lumpur sehingga muncul retak di sekitar sambungan antara bidang permukaan slot dan mortar beton tahan susut.
- 8) *grouting* di bawah sambungan yang tidak dikontrol dengan mistar pandatar (*straight edge*) sehingga akibat tekanan *grouting* yang berlebihan menimbulkan jembulan (*blows up*) di sepanjang sambungan (JP).

Pelaksanaan perkerasan beton semen pracetak-prategang

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menguraikan prosedur pelaksanaan perkerasan beton semen pracetak-prategang, baik pada jalan baru maupun pada jalan lama, serta yang dipasang secara melintang atau memanjang. Pedoman ini meliputi uraian tentang struktur perkerasan, persyaratan bahan dan peralatan, persiapan kerja, persyaratan campuran, serta pelaksanaan dan pengendalian mutu. Persiapan kerja meliputi persiapan pencetakan panel di pabrik, persiapan sebelum pelaksanaan, serta penyiapan tanah dasar, lapis fondasi dan lapis perata. Pelaksanaan meliputi pencetakan panel, perawatan, penyimpanan panel, pengangkutan, perakitan panel di lokasi pekerjaan, *grouting* panel dan *grouting* selongsong tendon, pemasangan bahan penutup sambungan, dan pengendalian mutu.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini.

SNI 1743, *Cara uji kepadatan berat untuk tanah*

SNI 1966, *Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah*

SNI 1969, *Cara uji berat jenis penyerapan air agregat kasar*

SNI 1970, *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*

SNI 1972, *Cara uji slump beton*

SNI 1974, *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang dicetak*

SNI 2417, *Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*

SNI 4427-2008, *Cara uji kekesatan permukaan perkerasan menggunakan alat british pendulum tester (BPT)*

SNI 4431, *Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan*

SNI 03-2460, *Spesifikasi abu terbang sebagai bahan tambahan untuk campuran beton*

SNI 2496, *Spesifikasi bahan tambahan pembentuk gelembung udara untuk beton*

SNI 03-2495, *Spesifikasi bahan tambahan untuk beton*

SNI 03-2834, *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*

SNI 03-2853, *Tata cara pelaksanaan lapis pondasi jalan dengan batu pecah*

SNI 03-4432, *Spesifikasi karet spon sebagai bahan pengisi siar muai pada perkerasan beton dan konstruksi bangunan*

SNI 03-4433, *Spesifikasi beton siap pakai*

SNI 03-4804, *Metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat*

SNI 03-4810, *Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di lapangan*

SNI 03-4814, *Spesifikasi bahan penutup sambungan beton tipe elastis tuang panas*

SNI 03-4815, *Spesifikasi pengisi siar muai siap pakai untuk perkerasan bangunan beton*

SNI 4817, *Spesifikasi lembaran bahan penutup untuk perawatan beton*

SNI 03-6380, *Spesifikasi perbaikan beton dengan mortar epoksi*

SNI 03-6388, *Spesifikasi agregat lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas dan lapis permukaan*

SNI 13-6800, *Metode pengujian kelulusan hidraulik khususnya gambut jenuh air (tinggi tekan tetap)*

SNI 03-6380, *Spesifikasi perbaikan beton dengan mortar epoksi*

SNI 06-6430.3, *Metode pengujian ekspansi dan bliding campuran graut segar untuk beton dengan agregat praletak di laboratorium*

SNI 03-6812, *Spesifikasi anyaman kawat baja polos yang dilas untuk tulangan beton.*

SNI 03-6817, *Metode pengujian mutu air untuk digunakan dalam beton*

SNI 03-6818, *Spesifikasi bahan kering bersifat semen, cepat mengeras, dalam kemasan untuk perbaikan beton*

SNI 03-6820, *Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen*

SNI 03-6969, *Metode pengujian untuk pengukuran panjang beton inti hasil pengeboran*

SNI 07-1051, *Kawat baja karbon tinggi untuk konstruksi beton prategang*

SNI 07-1154, *Jalinan tujuh kawat baja tanpa lapisan bebas tegangan untuk konstruksi beton pratekan*

SNI 07-1155, *Kawat baja tanpa lapisan bebas tegangan untuk konstruksi beton pratekan*

Pd T-05-2004-B, *Pelaksanaan perkerasan jalan beton semen*

AASHTO M 31, *Standard specification for deformed and plain carbon-steel bars for concrete reinforcement*

AASHTO M 33, *Standard specification for preformed expansion joint filler for concrete (bituminous type) (ASTM D994-98 (2010))*

AASHTO M 54, *Fabricated deformed steel bar mats for concrete reinforcement.*

AASHTO M 103M, *Steel casting, carbon, for general application*

AASHTO M 148, *Liquid membrane-forming compounds for curing concrete*

AASHTO M 153, *Preformed sponge rubber and cork expansion joint fillers for concrete paving and structural construction.*

AASHTO M 194, *Chemical admixtures for concrete*

AASHTO M 213, *Preformed expansion joint fillers for concrete paving and structural construction (nonextruding and resilient bituminous types)*

AASHTO M 221, *Welded deformed steel wire fabric for concrete reinforcement*

AASHTO M 255, *Steel bar, carbon, hot-wrought, special quality, mechanical properties*

AASHTO T 132, *Tensile strength of hydraulic cement mortars*

BS P. 114, *Structural use of reinforced concrete in buildings*

ASTM A 497, *Standard specification for steel welded wire reinforcement, deformed, for concrete.*

ASTM A 615/A615 M, *Standard specification for deformed and plain carbon-steel bars for concrete reinforcement*

ASTM A 775 *Standard specification for epoxy-coated steel reinforcing bars*

ASTM A 884 *Standard specification for epoxy-coated steel wire and welded wire reinforcement*

ASTM A 934 *Standard specification for epoxy-coated prefabricated steel reinforcing bars*

ASTM C 939, *Standard test method for flow of grout for preplaced-aggregate concrete (flow cone method)*

ASTM C 1019, *Standard test method for sampling and testing grout*

ASTM C 1107, *Standard specification for packaged dry, hydraulic-cement grout (non shrinkable)*

ASTM D 3574, *Standard test methods for flexible cellular materials — slab, bonded, and molded urethane foams*

ASTM D 5329, *Standard test method for sealants and fillers, hot-applied, for joints and cracks in asphaltic and portland cements concrete pavements*

ASTM D 3405, *Standard specification for joint sealants, hot-applied, for concrete and asphalt pavements*

ASTM D 5893 *Specification for cold applied, single component, chemically curing silicone joint sealant for portland cement concrete pavements*

ASTM C 266 *Standard test method for time of setting of hydraulic-cement paste by gillmore needles*

ASTM C 309 *Specification for liquid membrane-forming compounds for curing concrete*

ASTM C 603 *Standard test method for extrusion rate and application life of elastomeric sealants*

ASTM C 639 *Standard test method for rheological (flow) properties of elastomeric sealants*

ASTM C 661 *Standard test method for indentation hardness of elastomeric-type sealants by means of a durometer*

ASTM C 679 *Standard test method for tack-free time of elastomeric sealants*

ASTM C 719 *Standard test method for adhesion and cohesion of elastomeric joint sealants under cyclic movement (hockman cycle)*

ASTM C 793 *Standard test method for effects of laboratory accelerated weathering on elastomeric joint sealants*

ASTM D 98 *Standard specification for calcium chloride*

ASTM D 412 *Standard test methods for vulcanized rubber and thermoplastic elastomers-tension*

ASTM D 792 *Standard test methods for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement*

ASTM D 1640 *Standard test methods for drying, curing, or film formation of organic coatings at room temperature*

ASTM D 2628 *Standard specification for preformed polychloroprene elastomeric joint seals for concrete pavements*

ASTM D 2835 *Standard specification for lubricant for installation of preformed compression seals in concrete pavements*

AWS D1.4:2005, *Structural welding code - reinforcing steel*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan pedoman ini, istilah dan definisi berikut digunakan.

3.1

batang pengikat (*tie bar*)

sepotong baja ulir yang dipasang pada sambungan memanjang dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal

3.2

bahan *grouting* (*grout*)

- bahan semen kental yang diinjeksikan melalui saluran yang disediakan, dipompakan ke bawah panel untuk mengisi semua rongga (*voids*) sehingga panel disokong sepenuhnya di atas fondasi yang rata
- adonan berbahan semen, air dan bahan lainnya yang dapat dituangkan atau dipompa, digunakan untuk mengisi celah kosong atau retakan pada beton semen atau tembok batu bata
- campuran berbahan semen, air, dan agregat atau tanpa agregat, dalam proporsi tertentu, yang dapat dituangkan tanpa segregasi; campuran ini dapat mengandung abu terbang (*fly ash*), slag, dan bahan tambah

3.3

jalur lalu lintas (*carriage way*)

bagian jalur jalan yang direncanakan khusus untuk lintasan kendaraan bermotor (beroda 4 atau lebih)

3.4

lapisan dasar (*bedding-course*)

lapisan agregat yang ditempatkan di atas lapis fondasi agregat dan di bawah panel pracetak-prategang agar permukaannya datar sesuai dengan profil yang diinginkan

3.5

perawatan (*curing*) beton semen

tindakan yang diambil untuk mempertahankan kondisi lembap dan temperatur beton semen yang baru ditempatkan, serta memungkinkan terjadi hidrasi semen hidrolis dan reaksi *pozzolan* sehingga sifat beton semen dapat berkembang

3.6

perkerasan jalan beton semen

suatu struktur perkerasan yang umumnya terdiri atas tanah dasar, lapis fondasi bawah dan lapis beton semen dengan atau tanpa tulangan

3.7

perkerasan jalan beton semen pracetak (*precast concrete pavement*)

jenis perkerasan jalan beton semen, baik dengan tulangan maupun tanpa tulangan, berupa pelat beton bersambung (tidak menerus), dapat dilakukan prategang (*prestressed*) atau tanpa prategang, dibuat menggunakan cetakan berukuran tertentu di tempat atau di unit produksi beton, yang setelah mencapai kekuatan tertentu diangkut atau dipindahkan ke

tempat penyimpanan atau dipasang di atas fondasi bawah yang rata, tanpa atau dengan pengaspalan

3.8

perkerasan jalan beton semen prategang (*prestressed concrete pavement*)

jenis perkerasan jalan beton semen tanpa tulangan tetapi menggunakan kabel-kabel prategang guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembapan

3.9

perkerasan jalan beton semen pracetak-prategang (*precast-prestressed concrete pavement, PPCP*)

jenis perkerasan jalan beton semen yang dicetak dengan ukuran tertentu dan dilakukan prategang, baik dengan sistem pratarik maupun dengan paska tarik

3.10

ruji (*dowel*)

sepotong baja polos lurus yang dipasang pada setiap jenis sambungan melintang dengan maksud sebagai sistem penyalur beban, sehingga pelat yang berdampingan dapat bekerja sama tanpa terjadi perbedaan penurunan yang berarti

3.11

saluran *grouting* (*grouting channel*)

saluran pipa plastik untuk menyuntik cairan bahan *grouting* dan menyebarkannya ke bawah panel secara tepat

3.12

sambungan lidah-alur (*shear-key*)

jenis sambungan pelaksanaan yang sistem pengatur bebannya digunakan hubungan lidah-alur

3.13

stabilisasi

suatu tindakan perbaikan mutu bahan perkerasan jalan atau meningkatkan kekuatan bahan sampai kekuatan tertentu agar bahan tersebut dapat berfungsi dan memberikan kinerja yang lebih baik daripada bahan aslinya

3.14

steam curing

perawatan beton semen, mortar, atau pasta semen menggunakan uap air pada tekanan atmosfer atau lebih tinggi dan pada temperatur tertentu agar pengerasan beton semen dicapai lebih cepat

3.15

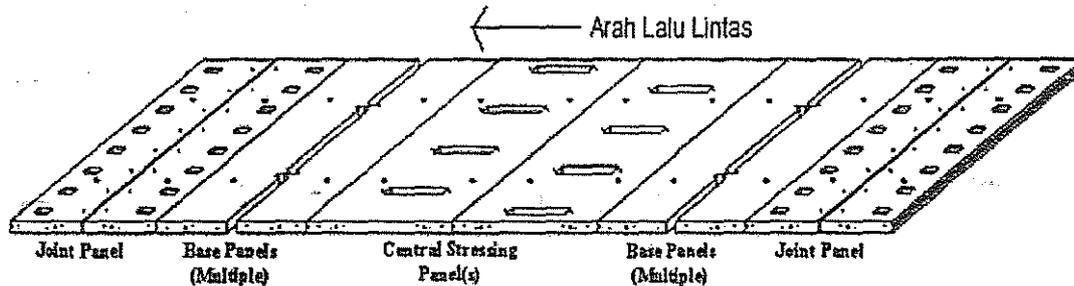
gasket

paking atau segel mekanis yang mengisi ruang antara dua atau lebih permukaan, untuk mencegah kebocoran dari atau ke dalam suatu obyek di bawah suatu kompresi

4 Struktur perkerasan

4.1 Umum

Pada umumnya perkerasan beton semen pracetak-prategang dapat direncanakan dan dipasang secara melintang atau memanjang. Tipikal pemasangan panel yang dipasang secara melintang dan memanjang ditunjukkan masing-masing dalam Gambar 1 dan Gambar 2. Panel-panel yang dipasang secara melintang, pada umumnya terdiri atas tiga jenis panel yaitu panel dasar atau *base panel* (BP), panel pusat atau *central panel* (CP), dan sambungan panel atau *joint panel* (JP). Panel-panel yang dipasang secara memanjang terdiri atas dua jenis panel yaitu panel tepi dan panel tengah. Posisi panel tepi berada di antara bahu jalan dan panel tengah, baik untuk jenis bahu luar maupun bahu dalam.



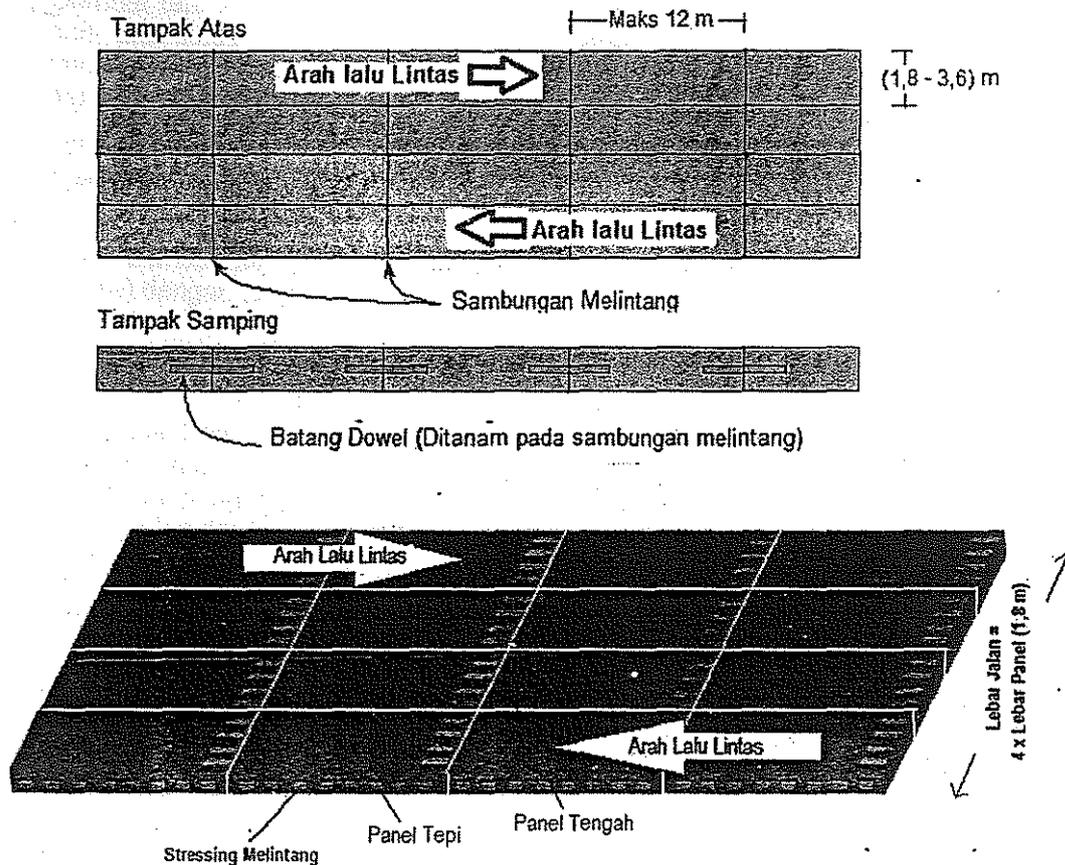
Gambar 1 Pemasangan panel melintang
(David K Merrit, FHWA, 2002, p6)

Pada panel yang dipasang secara melintang seperti dalam Gambar 1, panel sentral (*Central Panel*, CP) menggunakan panel ganda, digunakan untuk melakukan penegangan paska tarik dan ditempatkan berpasangan yang posisi slotnya masing-masing berlawanan. Di beberapa pekerjaan perkerasan beton semen pracetak-prategang, CP dapat dirancang menggunakan panel tunggal, slotnya berpasangan dalam satu panel. Pemasangan secara melintang dapat dilakukan pada jalan baru atau pada jalan lama tetapi lalu lintas kendaraan sepenuhnya dialirkan ke jalur atau lajur lain atau menggunakan jalan sementara.

Pemasangan panel secara memanjang seperti dalam Gambar 2, dapat dilakukan bila lalu lintas pada ruas jalan tersebut tidak bisa ditutup untuk waktu yang relatif lama karena volume kendaraan cukup padat. Pemasangan panel beton dapat dilaksanakan dengan melakukan buka-tutup terhadap lalu lintas yang ada.

Pelaksana harus mengembangkan gambar pelaksanaan untuk pabrikan dan tata letak dalam menempatkan panel beton semen pracetak-prategang, sesuai dengan spesifikasi dan ketentuan-ketentuan yang telah direncanakan. Gambar-gambar harus mencakup hal-hal sebagai berikut:

- a) lembar catatan sumber material yang ditentukan, rancangan campuran, peralatan pabrikan beton semen, persyaratan kekuatan, metoda pencetakan (*casting methods*) dan toleransinya, perawatan beton semen dan teknik pengiriman, item kehilangan selama pengiriman (misal nomor identitas, kelengkapan, dll), catatan kerusakan panel (retak, gompal atau *spalling*, dll), prosedur perbaikan, dan data lain yang relevan sesuai dengan rencana;



Gambar 2 Pemasangan panel memanjang.

- tata letak panel pracetak-prategang yang tepat, jenis, jumlah panel yang diperlukan dan lokasinya;
- ringkasan dalam tabel dari semua unit panel pracetak-prategang, termasuk dimensi dan geometri panel, lokasi ruji, batang pengikat (*tie bar*), slot ruji dan tie bar, dan saluran *grouting*;
- gambar pelaksanaan untuk setiap jenis unit panel pracetak-prategang, termasuk rincian yang diperlukan untuk pabrikan, penanganan, dan penempatan panel pracetak-prategang sesuai dengan spesifikasi standar dan ketentuan-ketentuan khusus.

4.2 Lokasi dan denah

- Harus dilakukan survei untuk memverifikasi dan menambah informasi yang ditampilkan pada gambar rencana, serta untuk mendapatkan garis dan data yang akurat diperlukan untuk mengembangkan gambar pelaksanaan.
- Pengembangan gambar pelaksanaan tersebut memungkinkan menggunakan dimensi dan detail sambungan yang sama, tetapi mungkin diperlukan dimensi khusus untuk memenuhi lengkung horizontal, penirusan pada belokan ke jalan masuk/keluar, susunan drainase, utilitas, penirusan vertikal pada sambungan antara perkerasan beton semen dengan jalan beraspal, serta bentuk lainnya.

- c) Gambar tata letak panel harus ditandai dengan identitas (ID) untuk semua unit standar dan unit khusus. Beberapa jenis unit pracetak-prategang berbentuk khusus atau melengkung atau keduanya harus dapat diidentifikasi untuk mengakomodasi kebutuhan proyek.
- d) Kombinasi panjang nominal, lebar, tebal, dan detail sambungan masing-masing harus dijelaskan.
- e) Bila diperlukan bahan lapis perata di atas permukaan fondasi atau untuk lapisan pengisi dasar sambungan (*joint opening filler*), dapat dipasang lapis dasar agregat (*bedding course*) dengan tebal maksimum 25 mm.

4.3 Detail panel pracetak-prategang

Seluruh panel harus dilengkapi kait pengangkat (*lifting point*) sesuai dengan keperluan. Kait pengangkat tidak diizinkan menggunakan sambungan dengan pengelasan. Batang horizontal kait pengangkat mempunyai jarak (30 - 40) mm dari dasar panel, dan bagian atas kait yang melengkung mempunyai jarak minimum 32 mm dari permukaan atas panel.

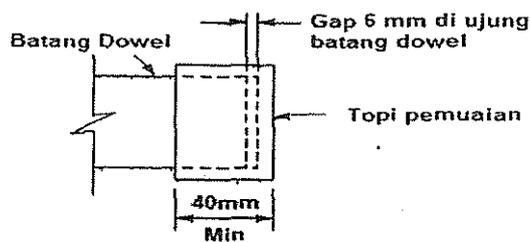
- a) Kait pengangkat untuk setiap panel harus digambar sesuai dengan ketentuan. Slot kait pengangkat harus dirancang dan ditempatkan dengan toleransi ± 50 mm dari titik yang sesuai dengan perhitungan, yaitu untuk mengangkat panel ke atas.
- b) Kait pengangkat harus berupa gulungan baja atau baja tulangan ulir (*deformed*), dan dipasang untuk pengamanan pengangkatan panel. Slot harus dicor kembali dengan mortar tahan susut dan diratakan setelah pemasangan panel. Posisi kait harus tertanam minimum 32 mm dari bagian atas panel setelah dicor.
- c) Lubang *grouting* vertikal dengan diameter 12,5 mm harus disediakan setiap 4 m² untuk kemungkinan diperlukan bila terjadi ketidakratahan permukaan fondasi atau lapis perata yang tidak sempurna.
- d) Anyaman batang baja (*reinforcing wire mats*) yang diperlukan, ukuran dan jarak batang harus ditunjukkan dalam gambar.
- e) Untuk panel yang dipasang secara melintang, setiap pertemuan lubang selongsong harus dilekati busa gasket berukuran $\pm (25 \times 25)$ mm untuk menutup celah sambungan terhadap penyebaran bahan *grouting* ke bawah panel.

4.4 Detail sambungan

a) Sambungan melintang tipe ruji

Sambungan tipe ruji hanya terdapat pada tengah-tengah *joint* panel untuk panel yang dipasang secara melintang, atau di setiap sambungan untuk panel yang dipasang secara memanjang. Sambungan tipe ruji harus memerinci hal-hal sebagai berikut:

- 1) Letak dan dimensi ruji serta topi pemuai (*expansion cup*) harus memungkinkan ruji dapat bergerak sejauh 6 mm di setiap ujung ruji, sesuai dengan detail pada Gambar 3.



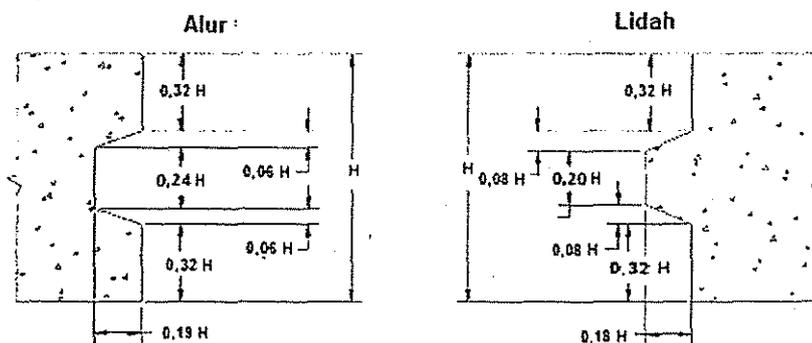
Gambar 3 Topi pelindung pemuaian ruji (*dowel expansion cup*)

- 2) Ukuran batang ruji.
- 3) Lokasi dan jarak batang ruji yang akan dicor. Batang ruji untuk sambungan melintang dalam panel pracetak-prategang harus dari jenis polos.
- 4) Panjang batang ruji agar dapat bergerak bebas di kedua sisi panel.
- 5) Dudukan batang ruji pada cetakan panel.

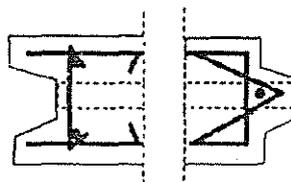
b) Sambungan melintang jenis lidah alur (*shear key*)

Sambungan melintang jenis lidah alur harus memerinci hal-hal sebagai berikut

- 1) Dimensi lidah alur melintang dan perkuatannya digambarkan secara perinci seperti dalam Gambar 4.
- 2) Lokasi lidah alur harus dilekatkan atau disambung dengan perekat epoksi untuk beton semen.



a. Dimensi sambungan lidah-alur



b. Tipikal perkuatan sambungan lidah-alur

Gambar 4 Dimensi sambungan lidah-alur dan tipikal perkuatan dengan tulangan

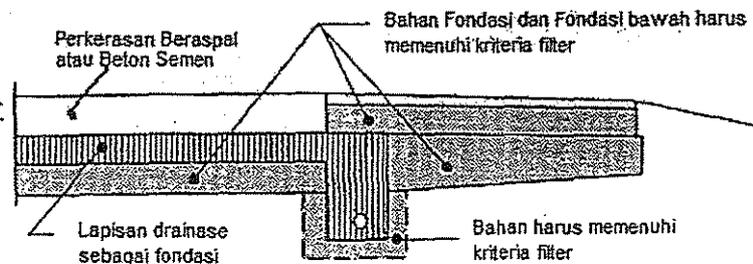
4.5 Perkuatan panel

- Semua tepi panel harus diperkuat dengan tulangan, tetapi tulangan tidak boleh dilas. Tebal penutup beton semen minimal 75 mm dari permukaan panel dan 38 mm dari bagian bawah panel harus disediakan untuk semua bentuk perkuatan.
- Tulangan yang diperlukan untuk perkuatan panel yang aman harus dirancang oleh produsen panel dan harus ditunjukkan dengan jelas pada gambar pelaksanaan.
- Pertimbangan khusus harus diberikan pada panel berbentuk unik, misalnya bentuk panel yang bersambungan dengan *manhole* saluran drainase.
- Panel pracetak-prategang harus dirancang untuk dapat menahan beban selama tahap penanganan dan perakitan.

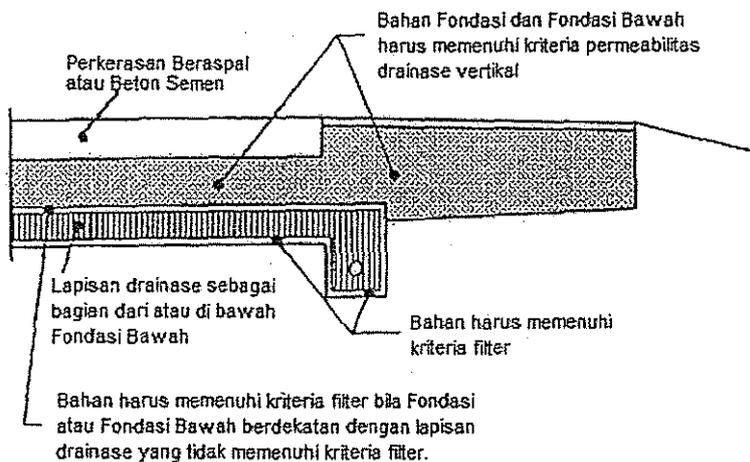
4.6 Fondasi dan drainase bawah-permukaan (*sub-surface drainage*)

Pada kondisi tertentu terutama di daerah yang sering turun hujan dan terdapat masalah drainase, perkerasan beton perlu dirancang menggunakan lapisan fondasi sebagai lapisan berdrainase (*drainage layer*). Lapisan berdrainase merupakan bagian dari atau di bawah fondasi bawah. Dalam Gambar 5 ditunjukkan secara tipikal posisi fondasi lapisan berdrainase atau drainase bawah-permukaan (AASHTO 1993, p I-18).

A. Fondasi sebagai lapisan drainase



B. Lapisan drainase sebagai bagian atau di bawah dari Fondasi Bawah



CATATAN: Bahan filter, tanah atau agregat dapat digantikan dengan filter kain sesuai dengan pertimbangan ekonomi.

Gambar 5 Tipikal struktur lapisan drainase pada struktur perkerasan jalan (AASHTO 1993, p I-18)

4.7 Tanah dasar

Kerataan tanah dasar atau bahan timbunan, atau stabilisasi tanah sebagai tanah dasar yang akan dilapis dengan fondasi, harus mengikuti ketentuan penyiapan tanah dasar dalam SNI 2853.

5 Persyaratan panel beton semen pracetak-prategang

5.1 Panel beton semen pracetak-prategang ✓

Persyaratan panel beton semen pracetak-prategang adalah sebagai berikut:

- a) Panel-panel beton semen pracetak-prategang harus dibuat minimum dengan mutu f_c' 35 MPa (350 kg/cm²).
- b) Beton normal harus dirancang sesuai dengan SNI 2834.
- c) Kawat las sesuai dengan AWS D1.4:2005, kecuali bila mengambil acuan dari ASTM A 497 (untuk daerah dekat laut atau musim dingin), kawat las harus memenuhi ketentuan dalam ASTM A 934 atau A 775 untuk perkuatan baja, dan A 884 untuk kawat las.
- d) Bahan busa gasket yang digunakan untuk mencegah kebocoran harus sesuai dengan ketentuan dalam ASTM D 3574. Jenis busa lain dapat disetujui sebagai alternatif dan harus disediakan untuk keperluan *grouting* di sekitar tepi dan bagian dalam panel atau sesuai dengan gambar. Bahan gasket harus cukup lunak untuk dapat dialirkan secara penuh di bawah panel untuk menutup seluruh bagian dasar sambungan.
 - Bahan busa gasket harus menyediakan segel *grout* di sekitar pinggiran dan interior panel.
 - Bahan busa gasket sebagai segel harus terkompres menerus di bawah panel pada semua titik sepanjang tepi panel agar tidak bocor.
- e) Panel beton semen pracetak-prategang harus diberi tanda atau identitas untuk mempermudah penempatan panel, sesuai dengan posisinya.
- f) Panel-panel yang dipasang secara memanjang harus dibedakan, terutama untuk satu lajur yang memerlukan dua panel, atau lebih dari satu lajur yang memerlukan empat panel.
- g) Bila panel ditempatkan pada daerah tikungan, dimensi/bentuk panel perlu disesuaikan dengan geometri yang ada dan diperinci dalam gambar.
- h) Kekesatan permukaan perkerasan beton semen diukur menggunakan alat *British Pendulum Tester* (BPT) menurut SNI 4427-2008, harus minimum 60 BPN.

5.2 Bahan

5.2.1 Bahan beton

Semen, air, dan agregat untuk beton sesuai dengan rancangan beton normal dalam SNI 2834.

5.2.2 Bahan tambah campuran (*admixtures*) untuk beton

- a) Penggunaan bahan tambah yang diatur dalam SNI 2495 hanya digunakan untuk tujuan kemudahan pengerjaan, pengikatan beton semen lebih cepat atau lebih lambat.

- b) Penggunaan bahan tambah harus didasarkan pada hasil uji dalam masa 24 jam pertama setelah pengecoran beton semen. Hal ini dikarenakan bahan tambah tertentu dapat memperlambat *setting* dan perkembangan kekuatan campuran beton semen.
- c) Bahan tambah yang mengandung kalsium klorida tidak boleh digunakan.

5.2.3 Lembaran plastik pengurang friksi

Di bawah lapisan beton semen pracetak-prategang tidak diperlukan membran yang berupa plastik (*polyethylene*) kedap air karena beton semen pracetak-prategang sudah mengalami proses penyusutan dan pengerasan, kecuali diperlukan untuk memperkecil friksi antara dasar panel dan lapisan di bawahnya pada saat dilakukan penegangan dengan paska tarik (*post tension*). Bila diperlukan sambungan, harus dibuat tumpang tindih sekurang-kurangnya 300 mm.

Membran harus memiliki tebal nominal minimum 0,15 mm, tidak terlipat, tidak kusut, atau tidak sobek.

5.2.4 Pemutus ikatan (*bond breaker*)

Pemukaan ruji harus dilumasi dengan pemutus ikatan (*bond breaker*).

- a) Pelumas berbasis parafin atau sejenisnya harus digunakan untuk melapisi permukaan ruji sepenuhnya sebelum penempatan panel.
- b) Senyawa pigmen berwarna putih harus memenuhi persyaratan ASTM C309, Tipe 2, Kelas A, dan harus berisi minimum 22 % *non-volatile*, terdiri atas minimum 50 % parafin lilin. Pemutus ikatan harus diterapkan dengan perkiraan 0,27 Lm².

Bond breaker juga harus diterapkan ke setiap tepi panel, untuk mencegah ikatan antara bahan *grouting* dan permukaan ruji.

5.2.5 Baja tulangan

- a) Baja tulangan harus bebas dari kotoran, minyak, lemak atau bahan-bahan organik lainnya yang dapat mengurangi lekatan dengan beton semen atau kerugian lainnya. Pengaruh karat, kerak, atau gabungan dari keduanya terhadap ukuran, berat minimum, serta sifat-sifat fisik yang dihasilkan melalui pembersihan benda uji dengan sikat kawat, tidak memberikan nilai yang lebih kecil daripada yang disyaratkan dalam AASHTO M 31M – 90.
- b) Batang pengikat (*tie bars*) mempunyai persyaratan:
 - 1) Harus terbuat dari batang baja ulir yang memenuhi persyaratan AASHTO M 31 dan mempunyai diameter minimum 16 mm atau sesuai dengan rancangan.
 - 2) *Tie bar* harus dilapisi epoksi sesuai dengan ketentuan, dan setelah dilapisi epoksi tidak boleh bengkok setelah dipasang.
 - 3) Apabila digunakan batang pengikat dari jenis baja lain, baja tersebut harus dapat dibengkokkan dan diluruskan kembali tanpa mengalami kerusakan.
 - 4) Baut sambungan kait (*joint hook bolts*) dapat juga digunakan sebagai pilihan lain untuk batang pengikat. Baut tersebut harus mempunyai diameter minimum 13 mm dan harus dilengkapi dengan mur untuk mengencangkan (*coupling*) yang memadai.

- 5) Batang pengikat dipasang dalam bentuk ikatan dengan panjang tertentu. Semua bahan yang dipasang harus dalam kondisi baik, tidak tertekuk atau bengkok.
 - 6) Bahan tersebut harus bebas dari karat, kotoran, bahan lain yang lepas, minyak, gemuk, cat, lumpur, atau bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki.
- c) Ruji (*dowel*) mempunyai persyaratan:
- 1) Ruji harus dari batang polos, bulat, lurus, dan tidak kasar, sehingga tidak mengurangi kebebasan pergerakan ruji dalam beton semen.
 - 2) Ruji harus dilumasi sebelum dilakukan pengecoran. Pada sambungan panel dengan panel berikutnya tidak boleh bergerak atau ada benturan pada waktu pengangkatan dan pemasangan kembali karena akan memperlemah sambungan.
 - 3) Apabila digunakan topi pelindung pemuaian (*expansion cup*), pelindung tersebut harus menutupi bagian ujung *dowel*. Penjelasan perinci ditunjukkan seperti dalam Gambar 3.
 - 4) Pelindung harus memberikan ruang pemuaian yang cukup dan harus cukup kaku sehingga pada waktu pelaksanaan tidak rusak.
 - 5) Bahan tersebut harus bebas dari karat, kotoran, bahan lain yang lepas, minyak, gemuk, cat, lumpur, atau bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki.
- d) Baja tulangan untuk perkerasan beton yang terkoneksi dengan bangunan di sekitarnya harus menggunakan antara lain:
- 1) Baja tulangan yang memenuhi persyaratan AASHTO M 31.
 - 2) Baja tulangan yang berbentuk anyaman dari kawat (*steel wire fabric reinforcement*) harus memenuhi SNI 6812 untuk tulangan dari kawat baja polos dilas atau AASHTO M 221 untuk tulangan dari kawat baja ulir dilas.
 - 3) Anyaman batang baja (*Bar mats*) yang memenuhi AASHTO M 54. Ukuran serta jarak batang harus ditunjukkan dalam gambar.

5.2.6 Baja prategang

Baja prategang untuk pratarik (*pre-tension*) dan paska tarik (*post-tension*)

- a) Persyaratan baja prategang harus memenuhi persyaratan mutu sesuai dengan SNI 1051.
- b) Semua bahan baja prategang untuk pratarik adalah *Grade 270, 7-wire, strand* relaksasi rendah, *strand* tanpa *coating* dapat digunakan untuk kedua arah *strand, longitudinal* dan *transversal*. Bila tidak ditentukan lain, *strand* baja prategang tersebut sesuai dengan persyaratan dalam SNI 1154. Kawat baja prategang sesuai dengan persyaratan dalam SNI 1155. Untaian kawat tersebut harus mempunyai kekuatan leleh minimum sebesar 16.000 kg/cm² dan kekuatan batas minimum 19.000 kg/cm².

5.2.7 Selongsong (*duct*) paska tarik

- a) Selongsong harus menggunakan bahan *corrugated* metal yang digalvanis atau *corrugated polypropelene*. Selongsong harus mempunyai diameter dalam minimum 9,53 mm lebih besar daripada diameter nominal *strand* paska tarik.

- b) Bahan selongsong bergalvanis yang disediakan untuk kabel paska tarik harus dibentuk menjadi selongsong logam bergelombang, dan harus cukup kaku untuk mempertahankan profil yang diinginkan antara titik-titik penunjang selama pekerjaan penengangan.
- c) Ujung selongsong harus dibuat sehingga dapat memberikan gerak bebas pada ujung angkur. Sambungan antara ruas-ruas selongsong harus benar-benar merupakan sambungan logam dan harus ditutup sampai rapat dengan pita perekat tahan air untuk mencegah kebocoran adukan.
- d) Selongsong harus bebas dari belahan, retakan, cacat, dan sebagainya. Sambungan harus dibuat secara hati-hati sehingga saling mengikat rapat dengan adukan. Selongsong yang rusak harus dikeluarkan.
- e) Lubang udara yang terhubung dengan puncak selongsong ke permukaan harus disediakan sebagai jendela dengan jarak tertentu untuk mengontrol bahwa *grouting* adukan semen dapat mengisi semua rongga pada seluruh panjang selongsong sampai penuh.
- f) Sambungan selongsong harus menggunakan selongsong dengan diameter yang lebih besar dan sesuai, serta mampu menahan tekanan pada saat *grouting* sebesar 4 Bar (400 KPa = 58 psi).

5.2.8 Bahan untuk *grouting*

5.2.8.1 Umum

- a) Bahan *grout* harus dibuat dari bahan khusus yang terdiri atas semen *Portland*, agregat khusus atau abu terbang (*fly ash*) Kelas C, *fluidifier*, dan air, dengan konsistensi seperti cat kental, dan dengan rasio air-semen serendah mungkin maksimum 0,45 sesuai dengan sifat kelecakan (*slump*) dan kekuatan yang diperlukan.
- b) Data *sheet* bahan *fluidifier* harus didokumentasikan sebelum penempatan beton semen pracetak-prategang.
- c) *Fluidifier* harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:
 - 1) Menghambat kekakuan yang terlalu dini dari mortar yang mudah dipompa.
 - 2) Cenderung terus menjaga kekentalan secara konsisten dalam mortar dan cairan dalam suspensi.
 - 3) Mencegah segregasi saat *setting*.

5.2.8.2 Bahan *grouting* bawah panel (*bedding grout*)

- a) Bahan *grouting* berupa campuran kental berbahan semen harus terdiri atas campuran yang dapat dipompakan (*pumpable*) ke bawah panel, dan mampu mencapai kuat tekan minimum 5,0 MPa pada umur maksimum 48 jam, diuji sesuai dengan ASTM C1019, sebelum panel dibuka untuk lalu lintas.
- b) Rancangan campuran dan peralatan pompa *grouting* yang digunakan harus disediakan sebelum dilaksanakan.
- c) Sebelum digunakan harus disediakan campuran *grouting* sebanyak minimal satu *batch* dan menunjukkan kekuatan yang diperlukan berdasarkan hasil uji kubus pada interval waktu yang diantisipasi, di bawah kondisi temperatur ekstrim tertentu selama instalasi.
- d) Jika kekuatan yang diperlukan tidak tercapai, proporsi pencampuran dan operasi harus diubah sesuai dengan kebutuhan hingga tercapai kekuatan yang diperlukan.

5.2.8.3 Bahan *grouting* untuk slot ruji dan batang pengikat (*dowel* dan *tie bar grout*)

- a) Campuran atau adonan berbahan semen, air, dan bahan lain harus mampu dipompa ke dalam slot, dan mencapai kuat tekan minimum 17 MPa pada umur maksimum 48 jam diuji sesuai dengan ketentuan dalam ASTM C 1019, sebelum panel dibuka untuk lalu lintas.
- b) Bahan beton semen harus dibuat sesuai dengan petunjuk pabriknya.
- c) Sebelum digunakan, harus dicoba campuran sebanyak minimal satu *batch* dan diuji dengan uji kubus sampai mendapatkan kekuatan yang diperlukan sesuai dengan kondisi temperatur ekstrim tertentu selama instalasi.
- d) Jika kekuatan yang diperlukan tidak tercapai, proporsi dan operasi pencampuran harus diubah sesuai dengan kebutuhan hingga tercapai kekuatan yang diperlukan.

5.2.9 Bahan untuk perekat sambungan antarpanel (*epoxy resin*)

- a) *Epoxy resin* untuk sambungan antarpanel segmen memanjang atau melintang harus sesuai dengan persyaratan dalam SNI 6380 dengan kekuatan lebih besar daripada kekuatan bahan beton semen.
- b) Lem beton semen *2-part thixotropic epoxy adhesive* merupakan kombinasi *epoxy resin* dan *filler* khusus, dirancang untuk sambungan struktur pada temperatur antara 10 °C dan 30 °C. Bahan harus diuji menurut ASTM C 881M, Type I, Grade 3, Class B+C dan EN 1504-4.

5.2.10 Bahan pengisi untuk mortar cepat *setting*

Bahan pengisi cepat *setting* (*rapid setting material filler*) adalah bahan untuk membuat mortar yang bersifat tidak susut (*non shrinkage mortar cement*), mudah dialirkan dan memiliki kuat tekan yang sangat tinggi, digunakan untuk mengisi rongga bekas penegangan (*pocket stressing*), slot ruji, sambungan antarpanel, dan rongga bekas titik angkat (*lifting pocket*) pada panel-panel. Bahan ini dicampur dengan agregat halus (lolos ayakan No.4) sesuai dengan SNI 6820, dan air dengan komposisi tertentu untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton semen yang digunakan untuk panel.

Untuk penggunaan di lapangan harus ditetapkan rencana campuran kerja mortar bahan pengisi cepat *setting*. Bahan tambah untuk *shrinkage reducing admixture* harus memenuhi persyaratan bahan dalam SNI 03-2495, atau AASHTO M-194. Bila menggunakan bahan mortar siap pakai dalam kemasan yang bersifat cepat mengeras, harus memenuhi ketentuan yang ada dalam SNI 6818.

5.2.11 Bahan untuk perawatan beton semen

Bahan membran untuk perawatan haruslah cairan berpigmen putih yang memenuhi ketentuan dalam AASHTO M148 atau bahan lain yang setara. Bahan membran lain yang tanpa warna atau bening tidak boleh digunakan.

Bahan yang berbentuk lembaran untuk menutup permukaan beton semen guna menghindari hilangnya air selama masa perawatan dan bahan dengan jenis pemantul putih untuk mengurangi naiknya temperatur beton semen yang permukaannya secara langsung terkena sinar matahari, dapat digunakan sesuai dengan SNI 4817.

5.2.12 Bahan untuk penutup sambungan

- Bahan penutup sambungan (*joint sealant*) harus berupa *expandite plastic* senyawa gabungan bitumen karet tuang panas *grade 99* atau *silicon sealant*, harus dapat dituangkan dalam keadaan panas, menutup seluruh celah dan selalu kedap air. Tata cara pemrosesan dan pelaksanaan harus sesuai dengan yang dianjurkan oleh pabrik pembuat bahan tersebut.
- Bahan penutup sambungan yang sudah terbentuk (*preformed*) dapat pula digunakan untuk sambungan muai.
- Bahan penutup sambungan memerlukan pula bahan pengisi dan batang pendukung (*backer rod*) yang terbuat dari busa plastik padat.

5.2.12.1 Bahan penutup sambungan jenis aspal-karet

Bahan penutup elastis tuang panas untuk sambungan harus memenuhi ketentuan dalam SNI 4814 terbaru. Bila menggunakan bahan penutup jenis aspal karet tuang panas pada sambungan dan retak perkerasan beton semen, harus memenuhi persyaratan dalam ASTM D 3405 yang diuji dengan ASTM D-5329.

5.2.12.2 Bahan penutup sambungan jenis silikon

Bahan penutup jenis silikon harus sesuai dengan ketentuan dalam ASTM D 5893 berikut:

- Persyaratan bahan penutup jenis silikon ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 - Persyaratan bahan penutup jenis silikon (ASTM D 5893)

Karakteristik	Cara uji	Persyaratan
Kuat tarik, elongasi 150%, umur 7-hari, (25 ± 1)°C, R.H. ^e (45 - 55) %	ASTM D 412 (Die C)	Maksimum 310 kPa
Kelelehan pada (25 ± 1)°C	ASTM C 639 ^a	Tidak boleh meleleh
Laju ekstrusi pada (25 ± 1)°C	ASTM C 603 ^b	(75-250) g/min.
Berat Jenis	ASTM D 792 Metoda A	1.01 - 1.51
Kekerasan Durometer, pada -18°C, Penyangga A, umur 7 hari pada (25 ± 1)°C	ASTM C 661	10 - 25
Ketahanan terhadap Ozon dan Ultraviolet, setelah 5000 jam	ASTM C 793	Tidak membekas, retak atau lepas
Bebas lekat (<i>tack free</i>) pada (25° ± 1)°C dan R.H.e (45-55) %	ASTM C 679	Kurang dari 75 menit
Elongasi, umur 7 hari pada (25 ± 1)°C dan pada R.H. ^e (45-55) %	ASTM D 412 (Die C)	Minimum 500 %.
Tetap disentuh pada (25 ± 1)°C dan R.H.e (45-55)%	ASTM D 1640	Kurang dari 75 menit
Masa tersimpan di rak (<i>Shelf Life</i>), sejak tanggal pengiriman	-	Minimum 6 bulan.
Kelekatan pada mortar beton semen – briket beton semen, dirawat di udara, 7 hari pada (25 ± 1)°C	AASHTO T 132 ^c	Minimum 345 kPa.
Kemampuan gerakan dan adhesi, pemuai 100% pada -18°C setelah di udara 7 hari pada (25 ± 1)°C, dan 7 hari dalam air pada (25 ± 1)°C	ASTM C 719 ^d	Adhesi atau kohesi tidak rusak setelah 5 siklus.
CATATAN: a. ASTM Designation: C 639 Modifikasi (kemiringan 15 % saluran A). b. ASTM Designation: C 603, membuka 3-mm pada 345 kPa. c. Cetakan briket sesuai dengan AASHTO Designation: T 132, digergaji setengah dan dilem dengan <i>sealant</i> tebal maksimum 1,5 mm dan diuji sesuai dengan AASHTO Designation: T 132. Briket-briket harus dikeringkan sampai berat tetap pada (100 ± 5)°C. d. Kemampuan gerakan dan adhesi: Siapkan blok beton semen ukuran 305 mm x 25 mm x 75 mm sesuai dengan ASTM Designation: C 719. Permukaan yang digergaji harus digunakan untuk dilekati. Tutup dengan <i>sealant</i> 50 mm dan sisakan masing-masing 12,5 mm di ujung-ujung benda uji yang tidak diberi <i>sealant</i> . Kedalaman <i>sealant</i> harus 9,5 mm dan lebar 12,5 mm. e. R.H. adalah kelembapan relatif.		

- b) Bahan penutup jenis silikon dengan modulus rendah harus disediakan dengan formulasi yang sesuai.
- c) Bahan penutup jenis asam tidak boleh digunakan.
- d) Bahan harus kompatibel dengan permukaan beton semen dan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - 1) Sambungan dengan bahan silikon harus dipilih agar dapat mencegah aliran pada kemiringan hingga 15 persen.
 - 2) Sertifikat yang menunjukkan kesesuaian bahan silikon harus sesuai dengan spesifikasi. Sertifikat juga harus disertai dengan laporan hasil uji yang diperlukan dalam waktu 12 bulan terakhir sebelum diusulkan untuk digunakan.
 - 3) Sertifikat dan laporan pengujian harus disediakan untuk setiap jenis bahan penutup silikon sebelum digunakan.

5.2.12.3 Bahan penutup sambungan muai (*expansion joint*) siap pakai (*preformed elastomeric joint seal*)

- a) Bahan penutup jenis siap pakai yang sudah tercetak dan padat harus memenuhi persyaratan ASTM D 2628.
- b) Perekat yang digunakan pada bahan penutup kompresi siap pakai harus memenuhi persyaratan ASTM D 2835.
- c) Bahan penutup kompresi pada sambungan dengan perekat harus dipasang sesuai dengan rekomendasi pabriknya.
- d) Setiap bahan penutup sambungan kompresi dan perekat harus disertai dengan Sertifikat Kesesuaian, dan harus disertai dengan instruksi penyimpanan dan petunjuk pencegahan untuk penggunaan.
- e) Harus disediakan lembar petunjuk pemasangan dari pabriknya dan model yang direkomendasikan atau jenis kompresi segel siap pakai untuk ukuran dan kedalaman sambungan seperti yang direncanakan.
- f) Bahan penutup kompresi yang dipilih dari pabrik harus menunjukkan bukti bahwa bahan penutup kompresi dapat dipadatkan sampai tingkat 20% dan 50% setelah digunakan pada kedalaman dan lebar sambungan yang direncanakan.
- g) Bahan penutup elastomerik siap pakai (*preformed*) dengan tebal penuh, harus dilubangi atau diberi ruang untuk lubang ruji.

5.2.12.4 Bahan pengisi

Bahan pengisi untuk setiap sambungan harus disediakan menggunakan lembaran utuh sesuai dengan lebar dan kedalaman yang diperlukan. Bila diperlukan penyambungan, sambungan tersebut harus dengan pengikat yang baik dan sesuai dengan petunjuk pabrik pembuatnya. Beberapa bahan pengisi sambungan yang dapat digunakan antara lain:

- a) Bahan pengisi sambungan muai (*expansion joint*) siap pakai (*preformed Elastomeric Joint Seal*) harus sesuai dengan persyaratan dalam SNI 03-4815.
- b) Bahan pengisi dari spon karet sesuai dengan SNI 03-4432 atau AASHTO M 153 (karet spon dan kayu gabus) atau AASHTO M 213.
- c) Bahan pengisi sambungan muai jenis bitumen untuk beton semen sesuai dengan AASHTO M33.

- c) Bahan pengisi sambungan muai jenis bitumen untuk beton semen sesuai dengan AASHTO M33.

5.2.12.5 Batang pendukung (*backer rods*)

- a) Batang pendukung atau *backer rod* adalah sejenis busa padat tahan panas berbentuk batang bulat yang fleksibel untuk dasar bahan penutup bila bukaan celah relatif kecil. Bila bukaan celah lebih dari 19 mm, harus menggunakan bahan pengisi. Bila bukaan celah kurang dari 6 mm, tidak diperlukan *backer rods*.
- b) *Backer rods* harus memiliki diameter sedikitnya 25 persen lebih besar daripada lebar gergajian sebelum digunakan dan harus dapat diperluas, disilang, ditutup dengan busa polietilen yang kompatibel dengan bahan penutup sambungan sehingga tidak ada reaksi ikatan atau penolakan yang terjadi antara *backer rods* dan bahan penutup.
- c) Dalam hal apa pun bila memasang bahan penutup dengan cara tuang panas, tidak akan melelehkan *backer rods*.

5.3 Fondasi dan lapisan dasar agregat

5.3.1 Lapis fondasi

Tanah dasar dapat berupa timbunan atau stabilisasi tanah, dilapisi dengan bahan fondasi yang memenuhi atau tanpa memenuhi kriteria filter, baik fondasi/fondasi bawah agregat atau batu pecah maupun beton kurus dan beton cepat *setting*. Lapis fondasi dapat menggunakan salah satu bahan atau kombinasi bahan fondasi berikut ini.

- a) Fondasi batu pecah
Pada umumnya fondasi batu pecah harus sesuai dengan ketentuan mutu dalam SNI 6388, dan di lapangan harus mengikuti ketentuan cara pelaksanaan dalam SNI 2853.
- b) Fondasi berdrainase dan drainase bawah-permukaan
Pada kondisi tertentu terutama di daerah yang sering turun hujan dan terdapat masalah drainase, perlu dirancang dengan fondasi agregat berdrainase (*drainage base*) dan/atau drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*). Posisi fondasi digambarkan dalam Gambar 5.

Fondasi agregat bergradasi rapat tebal (50--100) mm atau agregat yang distabilisasi aspal (*asphalt treated*) dengan permeabilitas minimum 325 m/hari, dan ukuran agregat maksimum 25 mm. Fondasi bawah agregat bergradasi terbuka, tebal (100 -- 150) mm dengan permeabilitas minimum 250 m/hari. Agregat campuran bergradasi terbuka (*open graded of mix* atau OGM) dengan ukuran agregat maksimum 37 mm (AASHTO, 1993, p. I-19). Lihat Tabel 2.

Tabel 2 - Gradasi agregat berdrainase

Ukuran	Persen lolos	
	<i>Asphalt treated</i>	<i>Open graded mix (OGM)</i>
37,5 mm (1 1/2")	-	100
25,4 mm (1")	100	95 - 100
19 mm (3/4")	90 - 100	-
12,5 mm (1/2")	-	60 - 80
9,5 mm (3/8")	30 - 50	-
4,75 mm (No.4)	0 - 5	40 - 55
2,36 mm (No. 8)	0 - 2	-
1,18 mm (No.16)	-	0 - 8
0,30 mm (No. 50)	-	0 - 5

Permeabilitas atau uji kelulusan hidraulik diukur sesuai dengan cara uji dalam SNI 6800 setelah dipadatkan dengan cara kepadatan berat sesuai dengan SNI 1743 metode D.

c) Fondasi bawah beton kurus (*lean concrete*)

Terutama di daerah yang jarang terjadi hujan dan banjir, dapat digunakan beton kurus (*lean concrete*) sebagai fondasi bawah dan lantai kerja, dengan memperhatikan persyaratan sebagai berikut:

- 1) Kuat tekan umur 28 hari.
- 2) Rasio air-semen maksimum.
- 3) Keleccakan (*slump*) minimum untuk acuan tetap dan maksimum untuk acuan bergerak.

d) Fondasi bawah dengan beton semen cepat *setting* (*rapid setting concrete, RSC*)

Bila diperlukan lantai kerja yang bersifat cepat *setting* (*rapid setting concrete, RSC*), harus sesuai dengan persyaratan beton kurus (*lean concrete*) dengan beberapa tambahan persyaratan, yaitu:

- 1) Portland semen harus sesuai dengan ketentuan jenis semen dan tidak terbatas pada Tipe II Modifikasi.
- 2) Campuran dasar RSC harus mengandung jumlah semen dan kalsium klorida yang cukup sesuai dengan ASTM D 98 atau bahan tambah sesuai dengan ketentuan dalam spesifikasi, untuk menghasilkan kuat tekan tidak kurang dari 4,0 MPa dalam 2 jam pada kondisi temperatur minimum selama pelaksanaan.
- 3) Kadar udara dalam RSC tidak boleh melebihi 8 persen.

5.3.2 Lapis dasar agregat (*bedding course*)

- a) Bila diperlukan bahan lapis agregat untuk perata permukaan atau untuk dasar sambungan (*joint opening filler*), harus memenuhi persyaratan gradasi ASTM #89 dalam Tabel 3, atau agregat dengan ukuran antara 6 mm ($\frac{1}{4}$ ") dan 10,0 mm ($\frac{3}{8}$ ") dengan tebal antara 2,5 cm dan 5,0 cm.
- b) Gradasi alternatif dapat digunakan asalkan dipenuhi kondisi sebagai berikut:
 - 1) Gradasi agregat mengandung tidak lebih dari 10 persen lolos No. 200 dan non-plastis.
 - 2) Bahan dapat ditempatkan dengan mudah dan dapat diratakan untuk menghasilkan kerataan yang dikehendaki.

Tabel 3 - Gradasi lapis dasar agregat (ASTM #89)

Ukuran	Persen lolos
12,5 mm (1/2 ")	100
9,5 mm (3/8 ")	90 - 100
4,75 mm (No.4)	20 - 55
2,36 mm (No. 8)	0 - 10
1,18 mm (No.16)	0 - 5

6 Persyaratan peralatan

6.1 Umum

Peralatan pencampuran harus direncanakan, dipasang, dioperasikan, dan sesuai dengan kapasitasnya agar dapat mencampur agregat, semen, dan air secara merata sehingga menghasilkan adukan yang homogen, seragam, serta pada kekentalan yang diperlukan untuk pengecoran dan pemadatan. Apabila instalasi pencampur digunakan, harus dilengkapi dengan alat pengukur berat yang mampu menakar semen, agregat dan air secara tepat sesuai dengan rancangan campuran.

6.2 Cetakan panel beton semen

Cetakan untuk mencetak panel beton semen harus kaku dan terbuat dari besi dengan tebal yang cukup (minimum 5 mm) sehingga tidak terjadi deformasi serta mempunyai tinggi sesuai dengan tebal panel yang direncanakan. Dinding cetakan harus dilengkapi dengan penyangga besi yang dilaskan pada dinding luar cetakan. Tepi cetakan bagian atas harus rata dan memudahkan untuk meratakan permukaan panel beton semen. Bentuk lidah-alur, penirusan, dan bentuk lainnya harus disesuaikan dengan cetakannya.

6.3 Pencampur di lapangan untuk membuat panel beton semen pracetak-prategang

Alat pencampur di lapangan yang digunakan untuk membuat panel beton semen pracetak-prategang, harus menggunakan Unit penakaran (*batching plant*) yang terdiri atas bak-bak atau ruangan-ruangan terpisah untuk setiap fraksi agregat dan semen curah. Alat ini harus dilengkapi dengan bak penimbang (*weighting hoppers*), timbangan, dan pengontrol takaran (*batching controls*).

Semen curah harus ditimbang pada bak penimbang terpisah, dan tidak boleh ditimbang secara kumulatif dengan agregat. Bila menggunakan semen dalam zak, berat semen tidak perlu ditimbang di dalam *hopper*.

Timbangan harus cukup mampu untuk menimbang bahan satu adukan dengan sekali menimbang. Alat tersebut harus dapat menimbang semua bahan secara teliti. Ketelitian timbangan harus diperiksa sebelum digunakan dan secara berkala dikalibrasi oleh lembaga yang berwenang. Untuk mengkalibrasi timbangan selama pelaksanaan, gunakan batu timbangan 5 kg dan 10 kg, kemudian buat grafik hubungan antara timbangan standar dan skala timbangan.

6.4 Kapasitas alat pencampur

Kapasitas alat pencampur harus sesuai dengan kapasitas alat pengecoran beton semen pracetak-prategang agar tidak terjadi keterlambatan pengecoran dan tidak terjadi waktu tunggu di tempat pengecoran melebihi 30 menit.

6.5 Perlengkapan alat prategang

Persyaratan perlengkapan penarik kabel prategang harus dicek dan berfungsi dengan baik. Perlengkapan penarikan kabel (*dongkrak*) harus disediakan paling sedikit 2 alat pengukur tekanan, diameter permukaan arloji pembacaan tidak kurang dari 150 mm, satu untuk membaca lendutan akibat penegangan dan lainnya untuk membaca pembebanan selama operasi penegangan akhir. Alat pengukur tekanan harus akurat sampai ketelitian 1 % kapasitas penuh.

Baji (*wedge draw-in*) terbuat dari baja dengan jumlah dan dimensi yang cukup untuk pekerjaan penegangan kabel prategang.

6.6 Alat pengangkat panel beton semen (*crane*)

Kapasitas alat pengangkat panel beton semen harus sesuai dan lebih besar sekitar 1,5 kali beban panel yang akan diangkat. Pengangkatan panel dapat dilengkapi dengan pin yang sesuai yang dapat dikaitkan atau dihubungkan dengan kait pengangkat yang telah disiapkan pada panel dalam lubang yang tersedia.

6.7 Pengangkut adukan beton semen untuk pembuatan panel pracetak-prategang

Pengangkutan adukan beton semen ke lokasi pengecoran harus menggunakan antara lain: truk *mixers* atau truk *agitators* (pengaduk putar), sesuai dengan pertimbangan ekonomis dan jumlah beton semen yang diangkut. Pengangkutan harus dapat menjaga campuran beton semen tetap kohesif, tidak segregasi, dan tidak menyebabkan perubahan konsistensi beton semen.

Apabila digunakan truk *mixers* atau truk *agitators*, rentang waktu pengangkutan dapat diizinkan hingga 60 menit untuk beton semen normal. Akan tetapi, waktu pengangkutan harus lebih pendek lagi untuk beton semen yang mengeras lebih cepat atau temperatur beton semen $\geq 30^{\circ}\text{C}$.

6.8 Alat pemadat

a) Pemadat beton semen

Beton semen harus dipadatkan dengan penggetar mekanis. Ada dua pilihan, yaitu:

- 1) *Vibrator* yang dioperasikan dengan tangan (*Hand-operated vibrators* atau dikenal dengan nama *vibrator spud*) adalah batang panjang yang bergetar dan dioperasikan oleh kompresor udara atau motor listrik dengan daya kecil sekitar (1,5 - 3,0) kW, dan dengan kekuatan sekitar (2 - 4) tenaga kuda.
- 2) Penempa bergetar (*screed vibration*), adalah peralatan seperti rangka batang yang bergetar yang akan menggetarkan beton segar yang sudah dituangkan dan ditempatkan. Getaran biasanya dioperasikan dengan tenaga mekanis atau kompresor udara.

Bila tidak dilakukan pemadatan dengan getaran (*vibrator*), hal ini akan ada risiko meninggalkan kekosongan besar dalam masa beton segar, yang mengakibatkan struktur seperti sarang lebah (*honey-comb*).

b) Pemadat lapis perata

Alat pemadat yang digunakan untuk lapis perata yang menggunakan bahan berbutir atau campuran beraspal harus sesuai dengan bahan yang digunakan.

6.9 Alat pengukur kerataan

Alat pengukur kerataan permukaan panel pada saat pembuatan panel beton semen pracetak-prategang, dapat digunakan sensor elektrik, benang atau kawat (*string*) yang direntangkan.

Kerataan (*levelling*) permukaan panel dihaluskan dengan alat pelep mengambang (*floating*) dan dikontrol dengan mistar perata (*straightedge*) yang berukuran panjang yang sesuai untuk mengetahui bagian agregat yang menonjol.

6.10 Peralatan pembuat tekstur (*texturing*)

a) Pembuat tekstur (*Tining tools*)

Pembuatan alur dapat dilakukan secara manual atau mekanis.

Tujuan utama dari *tringing* adalah untuk memberikan perlawanan terhadap *hydroplaning*. Untuk memastikan bahwa alur tersebut lurus, alat *tringing* harus ditarik secara mekanis.

Alat pembuat alur tekstur (*tringing tool*) dapat terbuat dari paku baja berdiameter maksimum 3 mm atau kabel *sling* diameter maksimum 3 mm (dengan jumlah kawat baja lentur 12 buah), panjang kabel sekitar 10 cm, yang dijepitkan pada papan kayu atau pelat baja yang kuat dan rata, berukuran panjang (50 – 80) cm, lebar 10 cm.

Jarak (spasi) antar paku atau kabel *sling* (20 – 25) mm untuk *tringing* memanjang, atau (10 – 40) mm untuk *tringing* melintang, kedalaman (2 – 6) mm dan lebar alur (2 – 3) mm. Alat tersebut dilengkapi dengan tangkai kayu atau logam untuk pemegang pada saat digunakan.

b) Gerinda intan (*diamond grinding*)

Pembuatan alur dapat dilakukan dengan alat gerinda bermata intan *diamond grinding* bila permukaan perkerasan beton semen sudah mengeras atau pada perkerasan beton semen yang sudah mengalami aus.

c) Pembuat friksi

Pembuatan friksi untuk memperoleh permukaan yang kasar dapat dilakukan dengan meletakkan alat berupa antara lain kain atau karung goni lembap (*burlap*) yang kasar di atas permukaan beton semen yang baru diratakan permukaannya, kemudian ditarik sehingga menimbulkan permukaan beton semen yang kasar dan tidak licin. Alat tersebut dapat membuat permukaan yang kasar setelah ditarik dalam jarak yang terbatas dan dapat dilanjutkan pada permukaan beton semen lainnya setelah dibersihkan dengan air dan dilembapkan kembali. Alat lainnya dapat digunakan bila telah dilakukan percobaan serta menghasilkan permukaan yang kasar dan tidak licin, sesuai dengan pedoman dalam Pd T 05-2004-B.

6.11 Alat perawatan beton semen

Perawatan beton semen dapat dilakukan dengan pembasahan menggunakan *geotextile*, karung goni, atau lainnya yang dapat dibasahi dengan air.

Untuk percepatan produksi panel beton semen pracetak-prategang di pabrik, alat *steam curing*, termasuk *blower* dan termometer, merupakan peralatan utama yang harus disiapkan. Peralatan termasuk bahan pelindung permukaan beton semen yang kedap air, serta penyangga agar bahan pelindung permukaan beton semen tidak bersentuhan langsung dengan permukaan beton semen.

6.12 Alat pembongkar cetakan dan pemotong pipa plastik penyalur *grouting*

Peralatan untuk membongkar cetakan adalah yang tidak merusak permukaan beton semen. Pisau atau gergaji besi digunakan untuk memotong pipa plastik penyalur *grouting* di permukaan panel.

6.13 Alat penandaan

Peralatan untuk menandai identitas setiap panel dapat menggunakan cat berwarna mencolok yang kuat, kuas ukuran 1,25 cm ($\frac{1}{2}$ inci), atau bila menggunakan cat semprot dapat menggunakan cetakan huruf atau angka yang cukup besar. Penandaan dapat pula dibuat menggunakan batang besi diameter 8 mm, dengan cara menuliskan identitas yang diperlukan yang ditulis dengan rapi dan jelas, pada saat beton semen dalam kondisi plastis dan belum mengeras.

6.14 Pengangkut panel beton semen

Alat angkut panel beton semen pracetak-prategang harus menggunakan truk *flat-bed* berukuran panjang yang sesuai dengan dimensi panel.

Panel beton semen pracetak-prategang yang diambil dari tumpukan, harus dipindahkan ke atas truk pengangkut dengan bantuan alat pengangkat (*Crane*).

6.15 Penyimpanan panel beton semen

Balok kayu ukuran (5 x 7) cm yang kuat dan lurus dengan panjang sesuai dengan lebar panel, untuk dua tumpuan pada penyimpanan panel beton semen pracetak-prategang di gudang atau di lapangan.

6.16 Peralatan *grouting*

Peralatan *grouting* minimal harus terdiri atas:

- a) Peralatan untuk mengukur proporsi volume atau berat berbagai bahan-bahan *grouting* secara akurat.
- b) Sebuah *mixer grout* atau *mixer* koloid yang mampu beroperasi dalam berbagai kecepatan rotasi, dari 800 rpm sampai dengan 2000 rpm, dan dapat mencampur berbagai komponen bahan yang disetujui secara saksama.
- c) Sebuah pompa dilengkapi manometer untuk mengukur tekanan (tidak lebih dari 8 kg/cm² atau 0,78 MPa atau 7,5 Bar) harus mampu menekan cairan *grouting* ke dalam selongsong paska tarik. Pompa injeksi harus mampu terus menerus memompa dengan kecepatan serendah-rendahnya 5,7 liter per menit.
- d) Garis debit harus dilengkapi dengan *cut-off valve positif* pada ujung *nozzle*, dan *by pass return line* untuk sirkulasi *grout* kembali ke tangki penampungan atau alat pencampur.
- e) *Stop watch* dan *flow cone* harus sesuai dengan dimensi dan persyaratan dalam ASTM C 939.

6.17 Alat kompresi dan *sandblasting*

Peralatan kompresor udara dan alat *sandblasting* untuk pekerjaan pemasangan bahan penutup antara lain:

- a) Alat kompresi udara (kompresor) dan/atau pemanas udara dengan tekanan minimum 4 Bar.
- b) Peralatan *sandblasting* harus memiliki ukuran diameter *nozzle* maksimum (6 ± 1) mm dan tekanan minimal 0,62 MPa.

6.18 Peralatan-peralatan lain

Peralatan-peralatan lain yang termasuk dalam daftar berikut ini harus disediakan dalam jumlah yang cukup seperti:

- a) Gergaji beton semen;
- b) Bor beton semen diameter 12,5 mm;
- c) Gerinda untuk meratakan perbedaan tinggi tepi panel beton semen pada sambungan;
- d) Tangki air;
- e) Alat perata dengan tangan;
- f) Penghalus permukaan dari kayu;

- g) Burlap atau *geotextile*;
- h) *Hammer drill*.
- i) Peralatan manual lainnya;

7 Persyaratan kerja

7.1 Umum

Beberapa persyaratan kerja meliputi sistem prategang yang akan digunakan, pengajuan kesiapan kerja, penyimpanan bahan, cuaca yang diizinkan untuk bekerja dan pengaturan lalu lintas harus sesuai dengan ketentuan. Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan pengertian pemberian perlindungan kepada setiap orang yang berada di tempat kerja, yang berhubungan dengan pemindahan bahan baku, penggunaan peralatan kerja konstruksi, proses produksi, dan lingkungan sekitar tempat kerja, sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 09/PER/M/2008.

7.2 Pertemuan sebelum pelaksanaan

- a) Seluruh unsur terkait yang akan terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan beton semen pracetak-prategang harus memenuhi pertemuan, pada waktu dan lokasi yang disepakati bersama, untuk membahas metode penyelesaian pekerjaan.
- b) Tempat pertemuan harus berada paling jauh dalam jarak 5 km dari lokasi pelaksanaan. Pertemuan seluruh peserta dan unsur terkait harus menandatangani daftar hadir yang disediakan. Pembahasan tidak boleh dilanjutkan bila masih ada unsur atau personel yang diundang belum sepenuhnya hadir.
- c) Konsultan panel pracetak-prategang harus melakukan pelatihan khusus dalam suatu kelas terpisah tentang teknik perakitan dan persyaratannya. Seluruh pengawas proyek, mandor pelaksana, surveyor proyek, pemasok bahan *grouting*, instalator *grouting*, operator peralatan dan pengatur panel yang terlibat dalam operasional, subkontraktor yang terlibat dalam pemasangan panel, dan wakil pemilik pekerjaan harus hadir. Kelas pelatihan diadakan selama jam kerja normal dan harus dijadwalkan tidak lebih dari 2 minggu sebelum pelaksanaan.

7.3 Penyiapan tanah dasar dan lapis fondasi

Penyiapan tanah dasar dan lapis fondasi serta persiapan permukaan dasar untuk beton semen pracetak-prategang dapat mengikuti ketentuan dalam pedoman pelaksanaan Pd T-05-2004-B.

Bila menggunakan beton kurus, lapis fondasi harus disiapkan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a) Kuat tekan rata-rata f_c' lapis fondasi bawah beton kurus dari produksi harian sekitar (8 – 11) MPa pada umur 28 hari.
- b) Sambungan memanjang dari lapis fondasi bawah beton kurus harus digeser sekurang-kurangnya 20 cm dari sambungan memanjang dari perkerasan beton semen yang dikerjakan.
- c) Sambungan konstruksi melintang dari lapis fondasi bawah beton kurus harus dibentuk pada akhir kegiatan harian dan harus membentuk permukaan melintang yang benar-benar tegak, juga tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm di bawah atau 10 mm di atas elevasi rancangan (-10 mm; +10 mm).

- d) Lapis pondasi bawah beton kurus harus mempunyai lereng melintang sama dengan lereng melintang rancangan dengan toleransi $\pm 0,3\%$.
- e) Begitu beton semen mengeras, permukaan lapis fondasi bawah beton kurus atau perkerasan beton semen harus diuji dengan mistar lurus (*straight-edges*) sepanjang 3,0 m. Lokasi yang menunjukkan ketinggian lebih dari 3 mm tapi tidak lebih dari 12,5 mm sepanjang 3,0 m, itu harus ditandai dan segera diturunkan elevasinya dengan gerinda yang telah disetujui, sampai elevasinya tidak melampaui 3 mm bilamana diuji ulang dengan mistar lurus sepanjang 3,0 m. Bilamana penyimpangan penampang melintang terhadap yang semestinya melampaui 12,5 mm, perkerasan beton semen harus dibongkar dan diganti.
- f) Lapis fondasi bawah beton kurus yang saat selesai dikerjakan harus segera dirawat sampai kekuatan yang disyaratkan tercapai. Perawatan permukaan harus dilaksanakan dengan metode berikut.
 - 1) Baik peralatan maupun lalu lintas, termasuk kendaraan proyek tidak diperkenankan melewati permukaan lapis fondasi bawah beton kurus yang telah selesai sampai beton semen tersebut mencapai paling tidak 70% dari kekuatan yang disyaratkan.
 - 2) Setelah periode perawatan, peralatan dan kendaraan yang diperlukan untuk pekerjaan lanjutan diperkenankan melewati permukaan lapis fondasi bawah beton kurus.
- g) Elevasi setiap titik dari lapis permukaan lapis fondasi bawah beton kurus tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm di bawah atau 10 mm di atas elevasi rancangan (-10 mm, +10 mm).
- h) Lapis fondasi bawah beton kurus harus dipelihara sebelum lapis perkerasan berikutnya dihampar. Setiap kerusakan sebagai akibat dari sebab apa pun harus diperbaiki.

7.4 Pengamanan perkerasan jalan ✓

Untuk pengamanan lalu lintas, perlu memasang dan memelihara rambu-rambu yang sesuai dan harus mempekerjakan tenaga pengawas untuk mencegah lalu lintas umum dan lalu lintas proyek melintasi perkerasan yang baru dibangun sampai perkerasan tersebut dibuka. Rambu-rambu ini harus diatur agar tidak mengganggu lalu lintas umum pada jalur terbuka.

Rambu-rambu dan lampu-lampu pengatur yang secara jelas menunjukkan jalur yang terbuka untuk umum harus dipelihara. Dalam hal lalu lintas perlu melintasi perkerasan jalan tersebut, harus dibangun penyeberangan yang sesuai untuk menjembatani beton semen yang bersangkutan.

Apabila suatu jalur lalu lintas umum yang telah ditetapkan bersambungan dengan pelat atau jalur yang sedang dikerjakan, pagar pengaman sementara harus disediakan, dipasang di sepanjang garis pembagi yang telah ditetapkan yang harus dipertahankan sampai pelat beton semen yang bersangkutan dibuka untuk lalu lintas, dan meniadakan setiap gangguan terhadap jalur atau jalur-jalur lalu lintas umum.

Bila ruang bebas antarjalur lalu lintas umum dan peralatan operasional terbatas, harus digunakan peralatan khusus yang dirancang untuk dapat mengirim bahan atau alat ke bagian yang sedang dikerjakan dan meninggalkan bagian tersebut tanpa mengganggu jalur lalu lintas umum.

7.5 Pembukaan untuk lalu lintas

Pembukaan untuk lalu lintas dapat dilakukan bila pekerjaan *injection* bahan *grouting*, pemasangan *joint filler* dan/atau *joint sealant*, pengecoran sambungan dengan bahan anti

susut serta pembuatan alur (*tinging*) pada permukaan sambungan yang telah dicor dengan bahan mortar anti susut sudah selesai dengan sempurna dalam waktu minimum 6 jam dan dibuktikan dengan hasil uji bahan *grouting*.

8 Perancangan dan persyaratan campuran

8.1 Rancangan campuran

Persyaratan rancangan campuran beton semen dan persyaratan jumlah semen harus sesuai dengan persyaratan sifat campuran beton semen untuk perkerasan jalan dalam SNI 2834.

8.2 Persyaratan sifat campuran

Beton semen harus mempunyai suatu kuat lentur dan kuat tekan karakteristik minimum sesuai dengan Tabel 4. Beton semen tersebut harus merupakan jenis yang memiliki sifat kemudahan pengerjaan yang sesuai untuk mencapai pemadatan penuh dengan alat yang digunakan, dan tanpa pengaliran yang tidak semestinya.

Tabel 4 - Kekuatan beton semen karakteristik

Sifat-sifat beton	Metode uji	Beton normal
f_c' , 28 hari, kg/cm ² (MPa), minimum	SNI 1974	350 (35)
f_s , 28 hari, kg/cm ² (MPa), minimum	SNI 4431	45 (4,5)
f_c' , 7 hari, minimum	SNI 1974	0,6 f_c' , 28 hari
f_s , 7 hari, minimum	SNI 4431	0,7 f_s , 28 hari
Kelecekan (<i>Slump</i>), mm, minimum	SNI 1972:2008	50 tanpa WRA atau 75 dengan WRA
f_c' = Kuat tekan beton semen yang disyaratkan, benda uji berbentuk silinder (15 cm x 30 cm) (SNI 03-2834) f_c' ~ 0,83 x Kuat tekan beton semen berbentuk kubus (15 cm x 15 cm x 15 cm) (SNI 03-2834) f_s = Kuat lentur beton normal (SNI 4431) 1 MPa ~ 1 N/mm ² ~ 10 kg/cm ² . WRA = <i>Water Reducing Admixture</i>		

8.3 Campuran percobaan (*trial mix*)

Sebelum melakukan pengecoran, harus dibuat campuran percobaan (*trial mix*) di lapangan sesuai dengan rancangan campuran yang dihasilkan oleh laboratorium. Apabila hasil kuat tekan beton semen didapat pada umur 7 hari menghasilkan kuat tekan lebih kecil dari 85% nilai kuat tekan yang disyaratkan, harus dilakukan penyesuaian campuran dan dicari penyebab ketidaksesuaian tersebut dengan meminta saran tenaga ahli yang kompeten di bidang beton semen untuk kemudian dilakukan campuran percobaan kembali sampai dihasilkan kuat tekan di lapangan yang sesuai dengan persyaratan.

Bilamana campuran percobaan telah sesuai, dapat dilanjutkan pekerjaan pencampuran beton semen sesuai dengan hasil campuran percobaan.

9 Pelaksanaan

9.1 Unit panel perkerasan beton semen pracetak-prategang

9.1.1 Tempat pencetakan

Lokasi setiap tempat pencetakan harus dipertimbangkan untuk dapat diakses dengan mudah ke lokasi pekerjaan.

9.1.2 Cetakan beton semen (*formwork*)

Persyaratan toleransi cetakan (*formwork*) sebelum pengecoran ditunjukkan dalam Tabel 5. Beberapa hal yang harus diperhatikan meliputi:

- Cetakan dapat dibuat dari pelat baja dan rangka baja yang dilas atau papan dan rangka kayu yang diperkuat, terbuat dari bahan *nonabsorben* dan harus cukup kedap untuk mencegah kebocoran mortar. Untuk pekerjaan bersekala besar, harus digunakan acuan pelat baja tebal minimum 5 mm.
- Cetakan harus dibuat rata, datar, dan halus, dan memenuhi ketentuan dalam butir 6.2.
- Dinding cetakan harus memiliki lebar dasar flens (*flange braces*) yang cukup untuk menjaga kestabilan. Jika tidak stabil, mungkin bisa bergeser atau berubah pada saat beton segar ditempatkan yang akan membebaniya.
- Batang flens (*flange braces*) harus dilebihkan keluar dari dasar tidak kurang dari $\frac{2}{3}$ tinggi acuan. Bagian dasar cetakan harus melekat pada dasar atau fondasi dengan cara dipasak pada setiap jarak (1 – 2) m, untuk mencegah kemungkinan bagian dasar bergerak dari tempatnya.
- Bagian atas cetakan harus lurus dan rata. Kerataan bagian atas tidak boleh berbeda lebih dari 3 mm untuk setiap panjang 3 m. Acuan ini harus dilengkapi dengan pengunci di ujung-ujung bagian yang bersambungan.
- Bagian ujung cetakan harus terkunci sehingga kaku, untuk mencegah agar cetakan tidak terpisah ketika beton segar ditempatkan.

Tabel 5 - Toleransi cetakan sebelum pengecoran

Pemeriksaan cetakan	Toleransi dimensi
Posisi <i>strands</i>	± 3,0 mm vertikal *) ± 6,0 mm horizontal
Kelurusan selongsong penegangan paska tarik (untuk panel beton semen prategang paska tarik)	± 6,0 mm vertikal *) ± 6,0 mm horizontal
<i>Vertical dowel alignment</i> (sejajar dengan bawah panel)	± 6,0 mm *)
<i>Horizontal dowel alignment</i> (normal pada sambungan muai)	± 6,0 mm
Deviasi pembenaman ruji (di kedua sisi pelat beton semen sambungan muai)	± 25,0 mm
*) Diukur dari posisi yang direncanakan	

- Beton semen dicor dalam cetakan yang kaku dan mampu menjaga toleransi dimensi yang ditentukan dengan bentuk dan dimensi panel pracetak-prategang sesuai dengan gambar.

- h) Cetakan untuk beton semen harus kuat akibat pendistribusian beton semen ke seluruh cetakan sehingga tulangan, selongsong, ruji, angkur dan panel tidak bergeser atau lepas oleh massa beton semen. Konsolidasi akan tercapai bila seluruh cetakan terisi dengan merata.
- i) Semua cetakan yang aus atau rusak yang menyebabkan penyimpangan pada permukaan beton semen atau kerusakan pada beton semen selama pemindahan cetakan harus diperbaiki atau diganti sebelum digunakan kembali.
- j) Cetakan harus dikontrol setiap saat akibat pembongkaran cetakan selama mengeluarkan panel beton semen dari cetakan, dan perubahan dimensi akibat berat sendiri yang mengakibatkan kemungkinan cetakan terpelintir, bagian tepi tidak rata dan dasar cetakan mengalami deformasi.
- k) Bila perlu, lakukan perhitungan kekuatan cetakan, bahwa cetakan dapat menahan beban arah ke samping akibat pekerjaan pembetonan.

9.1.3 Pelaksanaan produksi panel pracetak-prategang

9.1.3.1 Toleransi dimensi panel pracetak-prategang

Pelaksanaan produksi panel pracetak-prategang sistem pratarik harus sesuai dengan dimensi dan detail serta mengikuti persyaratan dalam Tabel 6. Pelaksanaan juga harus memenuhi persiapan angkur prategang, perlengkapan prategang, penempatan atau perakitan kabel prategang, besarnya gaya prategang yang direncanakan, prosedur prategang, pemindahan gaya prategang sebesar minimum 85% kuat tekan rencana, termasuk persetujuan kekuatan beton semen dan prosedurnya.

Tabel 6 - Toleransi dimensi panel perkerasan jalan beton semen pracetak-prategang

Pemeriksaan panel	Toleransi dimensi
Deviasi akhir panjang (paralel ke <i>long axis</i> dari panel)	± 6,0 mm
Deviasi akhir lebar (normal ke <i>long axis</i> dari panel)	± 6,0 mm
Tebal nominal	± 3,0 mm
Diagonal (perbedaan ukuran dari sudut ke sudut di atas permukaan panel)	± 3,0 mm
Toleransi dimensi sambungan lidah-alur (<i>keyway</i>)	± 1,5 mm

9.1.3.2 Perakitan tendon atau kabel prategang

Persyaratan perakitan kabel prategang, tendon atau *strand* harus sesuai dengan toleransi cetakan dalam Tabel 5 sebelum pengecoran.

9.1.3.3 Penegangan kabel (*prestressing*)

Persyaratan proses penegangan kabel meliputi personel (teknisi dan tenaga ahli) yang akan melaksanakan penegangan kabel, keselamatan kerja, peralatan selama pekerjaan penegangan, serta data yang harus dicatat sebelum dan sesudah pengecoran.

Panel beton semen pracetak-prategang dibuat dengan penegangan yang besarnya sesuai dengan rencana dan dapat dilakukan secara bertahap yang besarnya antara 14 kg/cm² (200 psi) dan 21 kg/cm² (300 psi). Kabel prategang harus dipasang dengan jarak $\frac{1}{12}$ x tebal panel di bawah garis sentris agar diperoleh tekanan yang lebih besar di bagian bawah dan mencegah *warping* di ujung panel. Bila tebal panel 200 mm, *strand* dapat dipasang sejauh $\frac{200}{2} + \frac{200}{12} = 117$ mm dari permukaan panel (ACI 325.7R-88, 1988).

Untuk keselamatan kerja, selama proses penarikan kabel tidak diperbolehkan seorang pun berdiri di muka dongkrak prategang. Pengukuran atau kegiatan lainnya harus dilaksanakan dari samping dongkrak atau tempat lainnya yang cukup aman. Sesaat sebelum penarikan kabel, tanda-tanda yang cukup jelas harus terpasang pada kedua ujung unit tersebut untuk memperingatkan orang agar tidak mendekati tempat tersebut.

9.1.3.4 Posisi dan dimensi lubang *stressing pocket*

Posisi lubang untuk *stressing pocket* harus disediakan pada panel-panel dengan ukuran lubang berdiameter minimum 12,5 mm dan kompatibel dengan saluran selongsong paska tarik, serta menyediakan penahan air antara selongsong dan lubang *grout*. Lubang *grout* tidak boleh menonjol dari permukaan panel dan masing-masing terletak di ujung-ujung ekstrim tendon. Pada panel-panel tertentu yang telah dipasang secara melintang harus disediakan jendela *grouting* yang dipasang pada setiap jarak 12,5 m sebagai lubang kontrol pengisian bahan *grouting*.

Dimensi *pocket* harus dibuat dengan lebar maksimum $\frac{1}{2}$ lebar ban kendaraan standar atau maksimum 12,5 cm, dan panjang maksimum 50 cm. Dimensi lain dari yang ditunjukkan dalam gambar rencana harus mendapat persetujuan sebelum memproduksi panel.

9.1.3.5 Titik angkat (*lifting pocket*)

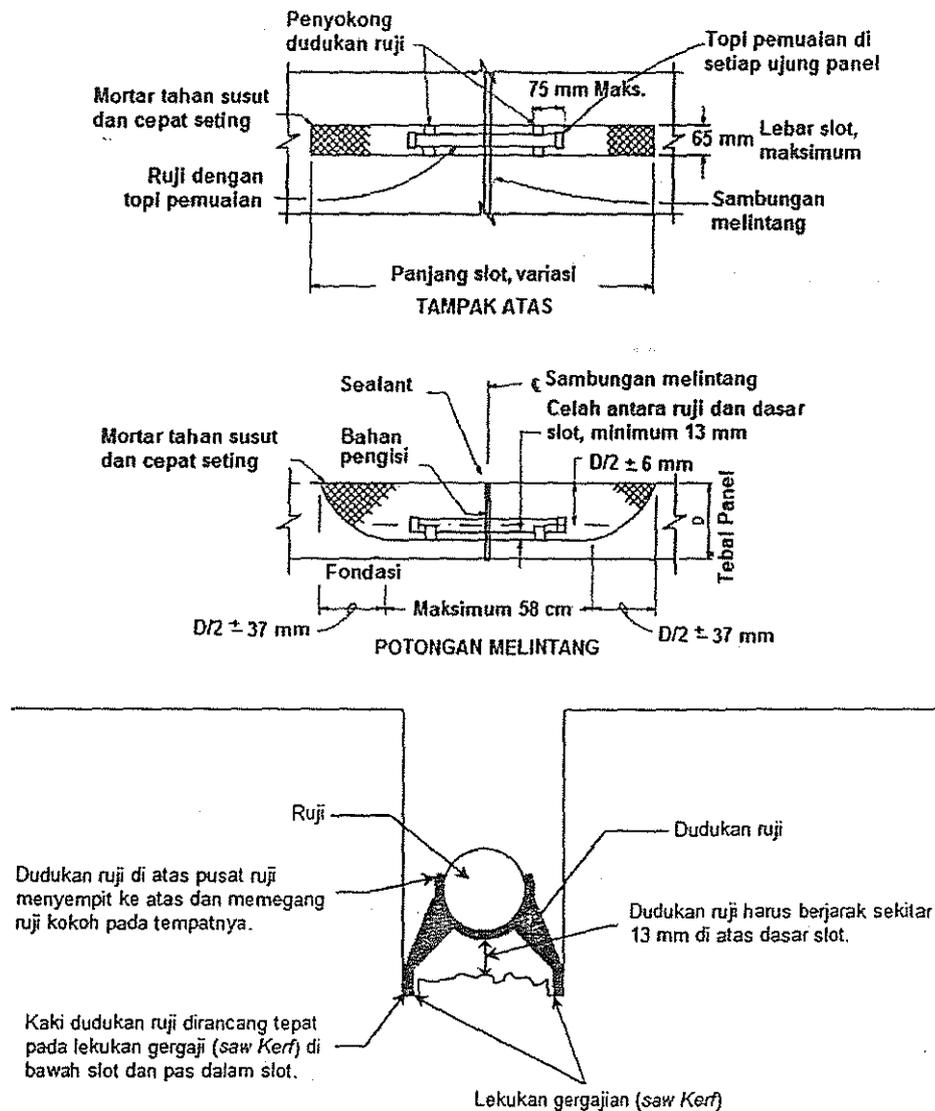
Pada setiap panel harus disediakan sebanyak 4 titik angkat yang terdiri atas perkuatan baja dan ditempatkan seperti ditunjukkan dalam detail gambar rencana. Dimensi lubang untuk titik angkat adalah 10 cm x 30 cm x 15 cm atau cukup ruang untuk mengaitkan kait pengangkat pada perkuatan dalam lubang titik angkat. Bagian atas perkuatan baja harus tertanam minimum 32 mm di bawah permukaan panel beton semen. Pada lubang titik angkat ini dapat disediakan lubang untuk melakukan injeksi bahan *grouting* ke bawah panel.

9.1.3.6 Ruji (*dowel*)

- a) Bila panel dipasang secara melintang, dan panel tersebut juga berfungsi sebagai sambungan muai, ruji yang dipasang harus digambarkan secara detail. Seluruh panjang batang ruji harus dilapisi dengan minyak pelumas atau *bond breaker* lain sebelum penempatan beton semen untuk panel tersebut. Ruji harus tetap sejajar dengan permukaan bawah panel dan tegak lurus terhadap garis sambungan muai selama pengecoran serta memakai pengikat/penahan logam yang dibiarkan terpendam dalam perkerasan. Ujung bebas ruji yang tertutup dengan *expansion cap* harus disediakan minimum 6 mm sesuai dengan Gambar 3. Bahan pemutus ikatan beton semen seperti lemak, lembar plastik atau bahan sejenis harus digunakan untuk mencegah dua bagian beton semen pada garis sambungan muai menempel kuat satu sama lain. Celah garis sambungan muai harus dapat terbuka setelah dilakukan pekerjaan prategang paska tarik.
- b) Bila ruji dipasang pada panel secara memanjang, slot ruji harus disiapkan pada ujung ruji lainnya dengan posisi yang tepat, sehingga ruji yang sudah terpasang pada salah satu panel akan tepat berada dalam slot ruji. Selanjutnya, ruji diberi bahan *bond breaker* dan ditutup dengan mortar tahan susut. Ujung ruji harus rata dan berbentuk bulat. Setengah ruji minimum harus dilapisi pelumas atau sesuai yang tertera pada gambar rencana sebagai *bond breaker*.
- c) Pada sambungan muai harus dipasang selubung ruji pada setiap batang ruji. Selubung ruji harus berukuran yang sesuai dengan diameter ruji dan bagian ujung yang tertutup

harus tahan air dan tersedia ruang untuk menampung pemuaian/penyusutan seperti ditunjukkan secara perinci dalam Gambar 3.

- d) Tipikal sambungan melintang pada panel yang dipasang secara memanjang diperlihatkan secara perinci dalam Gambar 6.



Gambar 6 Detail dudukan ruji pada sambungan melintang untuk panel precatek-prategang yang dipasang secara memanjang

9.1.3.7 Pengecoran beton semen

a) Persiapan sebelum pengecoran

Pengawasan untuk pengendalian pekerjaan harus disiapkan sekurang-kurangnya 24 jam sebelum memulai suatu pengecoran dalam cetakan *precast*.

b) Penakaran dan pencampuran beton semen

Penakaran dan pencampuran beton semen harus dilaksanakan sesuai dengan cara pembuatan rancangan campuran dalam SNI 2834. Apabila digunakan beton semen siap campur (*ready-mixed concrete*), campuran beton semen harus sesuai dengan persyaratan dalam SNI 4433. Pencampuran bahan beton dan bahan tambah harus dilakukan sebagai berikut:

- 1) Beton semen harus dicampur di bawah penerangan yang memadai, baik penerangan alamiah maupun buatan.
- 2) Bahan tambah yang berupa cairan harus dicampur ke dalam air sebelum dituangkan ke dalam mesin pengaduk. Seluruh air campuran harus sudah dimasukkan ke dalam mesin pengaduk sebelum seperempat masa pengadukan selesai.
- 3) Mengencerkan kembali beton semen dengan menambah air atau dengan cara lain tidak diperkenankan. Bila beton semen dikirim dalam truk pencampur atau truk pengaduk dengan perbandingan air-semen lebih rendah daripada perbandingan air-semen rencana, penambahan air dimungkinkan untuk mencapai *slump* rencana, dengan catatan bahwa perbandingan air-semen rencana tidak boleh dilampaui dan operasi pencampuran dilakukan tidak lebih dari 45 menit sejak dimulainya pencampuran agregat dan semen.

c) Penempatan beton semen dalam cetakan

- 1) Beton semen harus ditempatkan ke dalam cetakan di bawah penerangan yang memadai, baik penerangan alamiah maupun buatan.
- 2) Beton semen harus dicorakan sekaligus dan disebarakan sehingga seluruh cetakan terisi merata.

d) Pemampatan dan pepadatan beton semen

- 1) Vibrator tidak boleh digunakan untuk memindahkan beton semen ke dalam cetakan.
- 2) Sebuah penempa bergetar (*screed vibrasi*) harus digunakan untuk memberikan kerataan yang tepat di permukaan panel.
- 3) Untuk mengisi bidang yang rendah, tambahan mortar beton semen setinggi minimal 25 mm harus disediakan di atas permukaannya sehingga setelah *screed vibrator* melintasinya akan membentuk permukaan yang merata.
- 4) Perataan permukaan harus dilakukan sebelum lelehan air mengumpul di permukaan panel. Semua tepi panel harus dihaluskan untuk mencegah terkelupas selama pemasangan panel.
- 5) Pemampatan atau pepadatan dan penyelesaian beton semen pracetak-prategang harus memperhatikan kerataan permukaan, kerataan tepi, tebal bagian tengah dan penyiapan permukaan untuk pembuatan tekstur permukaan (*texturing*) dengan peralatan pembuat alur (*lining*).

9.1.3.8 Selimut beton semen

Tebal selimut beton semen dari baja tulangan minimum 3,0 cm. Selimut beton semen tersebut harus ditambah 1,5 cm untuk beton semen yang kontak langsung dengan permukaan tanah atau 3,0 cm untuk elemen beton semen di daerah yang dipengaruhi air asin.

9.1.3.9 Pekerjaan penyelesaian akhir

a) Umum

- 1) Sebelum dilakukan pekerjaan penyelesaian akhir, pada waktu beton semen dalam cetakan masih plastis, harus dilakukan pemeriksaan terhadap kerataan tepi, kerataan dan tebal bagian tengah. Bila kerataan tidak memenuhi persyaratan maka harus segera diperbaiki.
- 2) Semua permukaan beton semen harus bebas dari penyimpangan dan warnanya seragam.
- 3) Permukaan bawah dan samping harus halus, permukaan atas harus bertekstur dengan burlap basah yang ditarik atau sapu, diikuti dengan pembuat alur, arah memanjang atau melintang.
- 4) Produsen panel pracetak-prategang harus membuat dua contoh tekstur yang identik (minimal ukuran 0,6 m x 0,6 m) akan disimpan untuk jaminan mutu seluruh proses produksi.
- 5) Penyelesaian akhir permukaan beton semen dapat mengikuti pedoman pelaksanaan Pd T-5-2004 B.

Pada umumnya setelah beton segar diratakan, dihaluskan dengan alat pelepas mengambang (*floating*) yang digerakkan dengan menggeser-geser di atas permukaan beton segar. Untuk menghilangkan tonjolan yang tersisa dikontrol dengan *straightedge*, untuk kemudian membenamkan partikel agregat yang menonjol.

b) Membentuk tepian

Segera setelah beton semen dibentuk dan dipadatkan, tepi perkerasan beton semen di sepanjang cetakan, dan pada sambungan harus diselesaikan dengan perkakas yang sesuai untuk bagian tepi beton (*edging tool*), dan dapat membentuk permukaan tepi seperti seperempat lingkaran yang halus dengan radius 12 mm.

c) Pembuatan tekstur permukaan (*texturing*)

Pembentukan tekstur permukaan (*texturing*) atau pembentukan alur dapat mengikuti pedoman pelaksanaan Pd T-5-2004 B.

9.1.3.10 Perawatan

Perawatan permukaan beton semen mulai dilakukan segera setelah pembuatan tekstur dan perapihan tepi selesai.

a) Kondisi dan perawatan selama pengecoran

- 1) Panel-panel pracetak-prategang harus dilindungi dari sinar matahari langsung, kondisi angin yang dapat mengeringkan panel selama perawatan, baik di dalam ruangan atau di bawah atap.
- 2) Produsen panel harus menyediakan termometer untuk memonitor temperatur beton semen dan untuk menjamin kondisi berikut dipenuhi:
 - a. Segera setelah penempatan campuran beton semen, permukaan yang tidak dilindungi harus terhindar dari kecepatan angin lebih besar dari 15 km/jam.
 - b. Segera setelah penempatan campuran beton semen, panel pracetak-prategang harus dipelihara di bawah kondisi perawatan yang diperlukan.

b) Perawatan dengan penutup

Bahan penutup dapat terbuat dari plastik, karung goni basah, atau geotekstil.

- 1) Penutupan dengan lembaran plastik kedap sampai lapis perkerasan berikutnya dihampar, tertambat kokoh terhadap tiupan angin di permukaan serta mempunyai sambungan tumpang tindih sekurang-kurangnya 300 mm dan dipasang hingga kadar air di bawahnya tidak menguap ke luar.
- 2) Karung goni atau geotekstil yang digunakan sebagai penutup harus lembap.
- 3) Perawatan harus dimulai segera setelah beton semen cukup mengeras untuk mencegah kerusakan permukaan oleh bahan penutup yang lembap.
- 4) Bahan penutup harus terjaga tetap dalam keadaan lembap paling tidak sampai 70% kekuatan beton semen yang disyaratkan tercapai.

c) Perawatan dengan pembasahan

- 1) Perawatan dengan pembasahan dapat digunakan sesuai dengan pekerjaan perkerasan beton semen pada umumnya atau mengikuti pedoman pelaksanaan dalam Pd. T 05-2004 B.
- 2) Pengabutan dengan air atau penyemprotan menggunakan air berupa lapisan kabut yang berkesinambungan harus dapat menutup seluruh permukaan dan mempertahankan kondisi kadar air yang permanen selama periode perawatan.
- 3) Perawatan dengan pembasahan tidak boleh dilakukan dengan cara sebentar-sebentar atau yang tidak menerus.

d) Perawatan dengan bahan membran (*curing membrane*)

Permukaan perkerasan beton semen yang terekspos harus segera dirawat dengan penyemprotan bahan membran untuk perawatan yang disetujui, sesuai dengan butir 5.2.11. Permukaan beton semen disemprot segera setelah permukaan tersebut selesai ditekstur dengan kondisi berikut ini:

- 1) Seluruh permukaan disemprot merata dengan bahan perawatan berpigmen putih.
- 2) Bahan perawatan harus dalam bentuk lapisan yang menerus, tak terputus, dan disemprotkan secara merata dalam 2 kali penyemprotan :
 - a. pertama, dalam waktu 15 menit setelah kondisi air permukaan tidak begitu mengkilap, dan
 - b. kedua, setelah 10 sampai 30 menit dari penyemprotan pertama atau sesuai dengan yang disarankan oleh pabrik pembuatnya.
- 3) Pada permukaan dengan cetakan tetap, penyemprotan pertama harus dilakukan dalam 30 menit setelah pekerjaan tekstur, dan penyemprotan kedua setelah (15 – 45) menit.
- 4) Alat penyemprot harus dapat beroperasi penuh dan merupakan prasyarat untuk merawat penghamparan perkerasan beton semen.
- 5) Penyemprotan bahan perawatan harus menggunakan kadar yang efisien, sesuai dengan sertifikat pengujian untuk perawatan, atau minimum 0,20 ltr/m², kecuali untuk lokasi yang disemprot selain dengan alat penyemprot mekanik, kadar bahan perawatan harus lebih tinggi 25% daripada kadar yang disebutkan dalam sertifikat pengujian.
- 6) Setiap penyemprotan permukaan beton semen yang tidak memenuhi syarat, harus disemprot ulang dalam waktu enam jam setelah penyelesaian akhir dengan kadar penyemprotan yang telah diuji, sebanyak tidak kurang dari kekurangan dua kali penyemprotan semula.

- 7) Lapisan perawatan harus dipertahankan utuh dalam bentuk selaput (*membrane*) yang menerus dan tidak patah sampai kekuatan rencana tercapai. Setiap kerusakan selaput perawatan (*curing membrane*) harus diperbaiki dengan penyemprotan manual pada lokasi yang dianggap cacat.

e) Perawatan dengan uap (*steam curing*)

Untuk percepatan produksi panel beton semen pracetak-prategang di pabrik, alat *steam curing* merupakan peralatan utama yang harus disiapkan.

- 1) Untuk mencapai kuat awal beton semen yang tinggi, permukaan beton semen yang sudah dikerjakan dibiarkan sekitar (3 – 4) jam sebelum dilakukan *steam curing*.
- 2) Selama *steam curing* temperatur tidak boleh melebihi 65 °C untuk mencegah terjadinya formasi retak di sekitar agregat akibat adanya sulfat dan panas terlalu tinggi atau kadar semen yang tinggi (*delayed ettringite formation*). Kenaikan temperatur sekitar (10 – 22) °C per jam sampai dicapai temperatur maksimum. Temperatur maksimum dibiarkan tetap selama minimum 6 jam, kemudian diturunkan sekitar 2 jam sampai mencapai temperatur *ambient*.
- 3) Panel beton semen dapat dirawat dengan uap di bawah selungkup yang cocok. Tempat perawatan harus dirancang untuk meminimalkan kehilangan panas dan sirkulasi uap yang seragam sekitar unit panel secara keseluruhan.
- 4) Permukaan bagian dalam dan permukaan panel harus lembap sepanjang waktu. *Hot spot* lokal yang disebabkan oleh aliran uap harus dicegah.
- 5) Diperlukan termometer untuk memonitor temperatur selama perawatan. Jika temperatur perawatan di bawah 65 °C, maka lama *steam curing* harus ditetapkan.
- 6) Untuk keperluan pemantauan kekuatan beton semen, korelasi antara kuat tekan dengan kuat lentur rancangan dapat digunakan.
- 7) Jika *retarder* kimia untuk beton semen digunakan, maka *steam curing* harus dimulai sekitar 4 jam sesudah permukaan beton semen selesai dikerjakan.

9.1.3.11 Persyaratan permukaan

Persyaratan permukaan harus sesuai dengan ketentuan dalam Tabel 6.

9.2 Penanganan, pengangkutan dan penyimpanan

9.2.1 Penanganan (penandaan, pembongkaran cetakan, pengangkatan panel dan perawatan)

Pelaksanaan penanganan meliputi penandaan segmen atau panel beton semen pracetak-prategang, pembongkaran cetakan (*form removal*), pengangkatan dan perawatan.

9.2.1.1 Penandaan

Setiap panel pracetak-prategang harus diberi tanda di sisi panel dengan label yang jelas menunjukkan:

- a) nomor identitas pekerjaan,
- b) tanggal cetak,
- c) tanda nomor unit secara berurutan seperti yang ditunjukkan pada gambar pelaksanaan, dan

- d) semua tanda-tanda lain yang diperlukan dengan memperhatikan posisi panel yang akan dipasang di lapangan.

9.2.1.2 Pembongkaran cetakan (*form removal*)

Untuk beton semen pracetak-prategang menggunakan cetakan permanen, cetakan tidak boleh dibongkar dan diangkat sampai beton semen yang baru dicor telah mengeras sesuai dengan perhitungan *lifting* untuk panel dan sesudah dilakukan pemindahan prategang. Cetakan tersebut harus dibongkar secara hati-hati untuk menghindari kerusakan pada beton semen.

9.2.1.3 Pengangkatan panel

Panel diangkat dari cetakannya menggunakan kait yang ada pada *crane* melalui empat titik angkat yang tersedia. Sudut antara permukaan atas panel dan garis pengangkatan atau sling pengangkat harus tidak kurang dari 60 derajat.

9.2.1.4 Perbaikan

9.2.1.4.1 Cacat permukaan

Panel-panel harus dirawat. Perbaikan kerusakan panel selama produksi dan mobilisasi di pabrik harus ditangani kasus per kasus. Cacat kerusakan dalam batas yang dapat diterima yang menyebabkan permukaan atas atau tepi panel harus diperbaiki. Kerusakan yang berulang-ulang pada panel akan menyebabkan penghentian operasi produksi sampai penyebab kerusakan dapat diperbaiki.

Lubang pada permukaan dengan diameter lebih dari 15 mm dan kedalaman yang lebih dari 6 mm, panel dianggap cacat.

9.2.1.4.2 Cacat ringan (*minor defect*)

- a) Rongga berbentuk sarang tawon (*honey combing*) dengan panjang kurang dari 300 mm dan lebar kurang dari 75 mm, pecah tepi (*spalls*) kurang dari 300 mm dan luas kurang dari 75 mm²;
- b) Rongga di permukaan memiliki dimensi tidak lebih besar dari 300 mm dan kedalaman kurang dari 6 mm diukur sepanjang garis lurus dan tidak mengekspos baja tulangan.
- c) Cacat minor harus diperbaiki dengan melepas semua bahan yang tidak kokoh dari daerah yang rusak dan menambal dengan bahan yang baik.
- d) Perbaikan harus selesai dipulihkan sebelum panel dipasang.
- e) Setiap tambalan parsial yang dalam, yang dilakukan pada panel yang cacat harus tahan terhadap pukulan palu berat 454 g. Pukulan harus menghasilkan suatu cincin yang tajam yang mengindikasikan bahwa ikatan pada perbaikan adalah sudah tepat.

9.2.1.4.3 Cacat berat (*major defect*)

- a) Rongga berbentuk sarang tawon yang lebih panjang dari 300 mm atau lebar lebih dari 75 mm;
- b) *Spalls* yang mengekspos baja tulangan; panjang *spalls* lebih besar dari 300 mm atau lebar lebih besar dari 75 mm;

- c) Rongga di permukaan dengan dimensi lebih besar dari 300 mm atau lebih dalam dari 6 mm, diukur sepanjang garis lurus;
- d) Retak yang meluas ke tepi panel dengan lebar retak lebih besar dari 1 mm; dan total cacat ringan lebih dari 5 persen dari luas permukaan unit.
- e) Setiap saat harus dievaluasi semua cacat dan menentukan kategori cacat seperti disebutkan di atas berlaku. Cacat dalam unit pracetak-prategang yang disebabkan oleh produsen atau kesalahan penanganan harus diperbaiki di pabrik pracetak-prategang, sedangkan yang disebabkan di lapangan atau selama pengiriman harus diperbaiki di tempat kerja.

9.2.2 Pengangkutan

Setelah pemindahan panel dan sebelum dikirimkan, produsen panel beton semen pracetak-prategang harus memeriksa semua selongsong paska tarik. Selongsong tersebut harus diperiksa menggunakan *strand* dengan ukuran yang sama dengan yang akan digunakan sepenuhnya melalui saluran selongsong. Jika *strand* tidak meluncur bebas melalui saluran selongsong, maka penghalang dalam selongsong harus disingkirkan sebelum panel dikirimkan. Demikian pula untuk pipa penyalur *grouting* harus dilakukan pengecekan.

9.2.3 Penyimpanan panel beton semen pracetak-prategang

- a) Penyimpanan panel beton semen yang disimpan harus bebas dari kontak langsung dengan permukaan tanah dan ditempatkan pada penyangga kayu dengan ukuran yang seragam yaitu balok kayu ukuran penampang minimum 7cm x 5cm yang kuat dan lurus dengan panjang sesuai dengan lebar panel, di atas dasar yang stabil sehingga tidak turun baik musim hujan maupun kemarau akibat beban dari unit-unit tersebut.
- b) Bilamana unit-unit tersebut disusun dalam lapisan-lapisan, maka jumlah panel tidak boleh melebihi dari 5 unit panel dalam satu tumpukan, disusun masing-masing dengan penyangga balok kayu yang dipasang di antara tiap lapisan. Penyangga untuk setiap lapisan harus dipasang pada titik tertentu (*lifting point*) sesuai dengan perencanaan untuk menghindari patah. Setiap penyangga harus diletakkan tepat di bawah kait pengangkat panel yang ada dan di atas dasar permukaan yang rata dan stabil.
- c) Cara penyimpanan harus memperhatikan pula nomor-nomor panel yang telah disusun dan posisi panel-panel yang akan dipasang secara berurutan untuk mempermudah operasi perakitan di lapangan.
- d) Penyimpanan panel-panel sementara di lapangan harus memperhatikan ruang bebas untuk manuver lengan *Crane* dalam radius yang cukup untuk memindahkan panel dari atas truk ke tempat penyimpanan dan sebaliknya. Penghalang seperti cabang pohon, bangunan utilitas seperti kabel listrik dan kabel telepon yang merentang di atas lokasi pekerjaan harus diamankan.
- e) Transportasi panel ke lapangan untuk pemasangan harus memakai metode *FIFO* (*first in first out*). Panel yang diproduksi terdahulu harus diangkut ke lapangan lebih dahulu. Masa tenggang waktu antara *FIFO* adalah paling tidak dua minggu, untuk mencegah panel beton semen terlalu muda untuk penegangan paska tarik.

9.3 Percobaan penempatan panel di lapangan (*placement field trials*)

- a) Selambat-lambatnya 7 hari sebelum pelaksanaan percobaan lapangan, harus dilakukan rencana percobaan.

- b) Panel harus dicoba sepanjang 60 meter atau minimum 6 panel pada suatu seksi percobaan selajur jalan di luar lokasi pekerjaan, termasuk peralatan yang akan digunakan selama perakitan panel-panel.
- c) Pekerjaan paska tarik, *grouting*, lem beton semen dengan *epoksi* pada sambungan dan pengerindaan tidak perlu dilakukan untuk perakitan panel-panel ini. Sambungan antarpanel tidak boleh lebih lebar dari 6 mm saat dirakit.
- d) Semua masalah atas pemasangan panel yang disebabkan oleh ketidaksempurnaan perakitan panel harus diperbaiki sebelum melanjutkan produksi panel beton semen pracetak-prategang. Produksi panel dapat dimulai kembali setelah demonstrasi perakitan panel diulangi dengan hasil yang baik.
- e) Berdasarkan hasil percobaan lapangan, dan bila berhasil dengan baik, dapat dilakukan beberapa variasi percobaan yang lain sehingga lebih sempurna.

9.4 Pelaksanaan pemasangan panel beton semen pracetak-prategang

9.4.1 Persiapan pelaksanaan

- a) Pemasangan unit panel beton semen pracetak-prategang harus mengikuti langkah-langkah seperti berikut: persiapan lokasi pekerjaan, penerimaan panel-panel beton semen pracetak-prategang, pemasangan membran plastik bila diperlukan, pengaturan posisi panel-panel, penegangan melintang paska tarik bila diperlukan, injeksi lubang *grouting* di bawah panel dan injeksi bahan *grouting* ke dalam selongsong paska tarik.
- b) Selambat-lambatnya 14 hari sebelum pelaksanaan pemasangan panel beton semen pracetak-prategang, harus dilakukan pemasangan fondasi dan atau lapis perata.
- c) Satu hari sebelum memulai pekerjaan, posisi *center line longitudinal* jalan harus ditandai dan semua peralatan harus sudah siap berada di lokasi pekerjaan dan dapat dioperasikan secara baik.

9.4.2 Persiapan lokasi pekerjaan

- a) Lapis fondasi bawah atau lapis perata baik menggunakan campuran beraspal, bahan berbutir maupun beton kurus (*lean concrete*) harus diperiksa kesesuaiannya dengan bentuk kemiringan melintang dan elevasi yang diperlihatkan dalam gambar dan toleransi yang diizinkan. Lapisan tersebut harus dipotong, dibuang atau ditambah bila diperlukan, agar memiliki elevasi yang benar. Lapis tersebut kemudian dipadatkan secara seksama dan diperiksa kembali kepadatan dan kerataannya.
- b) Sistem drainase pada lapisan fondasi di bawah panel beton semen harus dipersiapkan terlebih dahulu sesuai dengan gambar rencana.
- c) Untuk menjamin kerataan dasar panel yang sesuai, pengecekan dapat menggunakan *string* atau benang yang dipasang secara diagonal, memanjang dan melintang atau dengan memakai alat ukur yang memadai sesuai dengan dimensi panel. Bagian-bagian yang kurang dan yang berlebih harus dibetulkan sehingga rata.
- d) Sebelum ditempatkan lembaran plastik pengurang friksi di atasnya, seluruh permukaan lapis perata harus dibersihkan dari segala material yang akan menggajal panel.

9.4.3 Penerimaan panel-panel

Penerimaan panel-panel dilakukan di lokasi pekerjaan dan setiap panel yang tidak memenuhi persyaratan strukturalnya harus ditolak.

9.4.4 Pemasangan lembaran plastik pengurang friksi

- a) Lembaran plastik pengurang friksi dan sebagai membran yang sesuai, harus dipasang menutupi lapis fondasi bawah atau lapis perata dan harus dipakukan dengan paku berkepala lebar di tepi lembaran plastik pada posisi di luar rencana pemasangan panel sehingga membran tertambat kokoh dan tidak mudah tergulung, kusut atau terlipat akibat tiupan angin.
- b) Lembaran plastik yang disambung harus dipasang secara tumpang-tindih (*overlap*) minimal 30 cm. Air tidak boleh tergenang di atas membran waktu panel beton semen dipasang. Kemungkinan terjadi *pumping* perlu diwaspadai.
- c) Pada pekerjaan perkerasan beton semen pracetak-prategang paska tarik, membran harus dipasang di antara panel dan lapisan perata untuk mengurangi friksi pada saat dilakukan tegangan paska tarik.

9.4.5 Pembesian dan *tie-bar*

Pembesian pada pelaksanaan pemasangan panel beton semen pracetak-prategang tidak diperlukan, kecuali bila diperlukan untuk pemasangan *ruji* pada slot dan *tie bar* pada saat produksi panel beton semen pracetak-prategang, serta pada perkuatan sambungan lidah-alur.

9.4.6 Penempatan panel (*slabs*)

9.4.6.1 Persiapan penempatan panel

- a) Penempatan panel pracetak-prategang di atas lapisan fondasi harus diturunkan secara perlahan diatur secara vertikal sehingga tidak terjadi kontak antara permukaan bidang vertikal panel untuk menghindari rusaknya tepi panel beton semen.
- b) Bila diperlukan harus dipastikan bahwa posisi slot untuk batang *ruji* adalah terbalik (mulut slot berada di bagian bawah panel), baik dengan *ruji* yang tertanam pada panel, dengan batang pengikat yang menonjol pada panel yang sudah ditempatkan, atau yang sudah ada sebelumnya.
- c) Setiap panel harus ditempatkan pada garis akhir dan garis tepi terdepan yang ditetapkan. Ujung panel terdepan adalah ujung dengan batang *ruji* melintang yang menonjol. Sebelum menempatkan panel, slot terbalik untuk batang *ruji* dan batang pengikat harus diperiksa untuk memastikan bahwa keduanya bebas dari kotoran, minyak, atau bahan lainnya. Jika perlu, slot harus di-*blasting* dan dibersihkan.
- d) Sebelum menempatkan panel berikutnya, batang *ruji* harus dilapisi dengan pemutus ikatan (*bond breaker*) untuk mencegah ikatan antara batang *ruji* dengan beton semen.
- e) Untuk menghindari *chipping* atau *spalling* tepi panel pracetak-prategang baru, harus digunakan pasak kayu atau perangkat sejenis untuk membimbing panel ke posisi yang benar.
- f) Pembongkaran serpihan di tepi panel tidak diperkenankan menggunakan batang baja. Daerah yang terkelupas, gompal atau *spalled* harus diperbaiki.

9.4.6.2 Penempatan panel dipasang secara melintang

- a) Dalam metode kerja harus dipastikan dalam gambar bahwa, kecuali untuk jalan baru, metode kerja pada jalan lama dengan lebar perkerasan jalan 2 lajur 2 arah dan dimensi panel mempunyai panjang sama dengan lebar jalan, maka:
 - 1) Bila bahu jalan cukup lebar untuk kendaraan, dapat dibangun lajur sementara di kedua sisi bahu jalan. Bahu jalan harus dibebaskan dari rintangan dan permukaannya diperkuat dengan bahan fondasi granular.
 - 2) Bila bahu jalan relatif sempit, harus dibangun jalan memutar sementara (*route detour*), atau lalu lintas dialihkan ke jalur jalan lain atau dengan cara buka-tutup.
 - 3) Bila lebar jalan terdiri atas 4 lajur, dan panjang panel sama dengan setengah lebar jalan, tidak diperlukan *route detour*. Pekerjaan pemasangan panel dapat dilakukan untuk 2 lajur, dan lalu lintas dapat menggunakan 2 lajur lainnya.
- b) Penempatan panel-panel harus sejalan dengan arah *longitudinal* dan mengacu pada *centerline* panel. *Centerline* setiap panel harus ditandai di tepi atas permukaan. *Centerline* pada setiap panel akan ditentukan dari lokasi bukaan selongsong penegangan paska tarik di pinggir panel. Tepi-tepi panel tidak digunakan untuk menyelaraskan panel pada saat perakitan.
- c) *Centerline* panel harus disesuaikan dengan garis pada permukaan fondasi yang diatur oleh Teknisi Surveyor sebelum pemasangan panel.
- d) Truk pengangkut panel diposisikan di depan mobil *Crane*. Panel diangkat menggunakan *Crane* kemudian dipindahkan ke lokasi panel di atas fondasi yang sudah disiapkan.
- e) Posisi *Crane* dapat ditempatkan di atas permukaan fondasi jalan yang sudah disiapkan untuk operasi pemindahan panel-panel dari atas truk ke atas permukaan dasar yang rata dan stabil untuk penyimpanan sementara atau ke atas permukaan fondasi jalan yang akan ditempati panel-panel.
- f) Bahu jalan yang sudah disiapkan harus kuat menahan beban *Crane*, dan arus lalu lintas masih dapat melintas dengan lancar di lajur sebelahnya walaupun dengan cara buka-tutup.
- g) Panel-panel satu per satu diletakkan secara melintang dan cukup rapat dengan menyisakan celah yang cukup untuk memberikan epoksi di sepanjang lidah-alur sambungan melintang secara merata sehingga akan mengisi celah antara lidah alur yang tidak sempurna atau sekat di antaranya. Permukaan sambungan harus dilapisi epoksi dan hindari daerah yang berjarak 10 mm dari lobang selongsong (*duct*) untuk pekerjaan paska tarik, yang memungkinkan lobang tersebut tertutup epoksi. Sambungan bentuk lidah-alur harus dipasangkan sebagai sambungan melintang.
- h) Sebelum diberi prategang paska tarik (*post-tensioning*), panel-panel sementara diikat oleh kabel *strand* bersama-sama dalam arah memanjang (*longitudinal*) selama penempatan, untuk memastikan penutupan sambungan melintang yang baik sebelum akhirnya dilakukan penarikan kabel paska tarik. Lubang angkur dalam panel yang bersatu dengan sambungan muai (*joint panel*) akan digunakan untuk memberi suplai sementara penegangan paska tarik (*post-tension*) melalui selongsong *longitudinal*. Penegangan paska tarik sementara (*initial stressing*) dilakukan minimal pada 2 titik *strand* sekitar sepertiga lebar melintang panel.
- i) Semua cacat pada panel pracetak-prategang paska-penurunan tegangan harus diperbaiki, sebelum perakitan panel dilanjutkan. Seluruh panel harus dilakukan penegangan paska tarik penuh, sebelum pekerjaan perakitan berikutnya.
- j) Penarikan tendon paska tarik (*post-tensioning tendon*)

Tendon harus dimasukkan ke dalam selongsong atau selongsong tendon atau pada *pocket* yang ada pada panel sambungan muai (*Joint Panel*). Penarikan *longitudinal* harus dilakukan di kedua ujung tendon hingga 80% dari tegangan leleh-batas *strand*. Penarikan *strand* akan selesai dalam satu kali penarikan kecuali dinyatakan secara khusus. Penarikan *longitudinal* harus dimulai dengan tendon yang ada di dekat titik tengah panel, kemudian pindah ke lubang di kiri kanan sampai semua tendon ditarik. Elongasi harus diukur dan dicatat selama operasi penarikan.

Setelah selesai proses penarikan, ujung *strand* dipotong dan diberi mortar dengan campuran mortar kering siap pakai untuk menutup bagian akhir *strand* dan angkur penegangan paska tarik.

k) Kerusakan angkur dan kabel *strand*

Dalam hal terjadi kerusakan angkur dan atau kabel *strand* putus, harus dilakukan perbaikan atau strategi alternatif. Angkur dan atau *strand* yang putus harus segera diperbaiki dan diganti dengan *strand* baru atau memperbaiki angkur untuk menghindari kegagalan pekerjaan.

9.4.6.3 Penempatan panel dipasang secara memanjang

a) Dalam metode kerja harus dipastikan dalam gambar bahwa bila lebar perkerasan jalan hanya untuk dua lajur untuk dua arah, maka posisi *Crane* dapat ditempatkan di bahu jalan yang sudah disiapkan kuat menahan beban *Crane*, dan arus lalu lintas masih dapat dialirkan dengan lancar di lajur sebelahnya walaupun dengan cara buka-tutup.

b) Bila panel-panel diambil dari atas truk, posisi truk pengangkut dapat diletakkan di samping-belakang mobil *Crane*. Bila panel-panel sudah siap di lokasi pekerjaan, *Crane* dapat langsung diposisikan di samping-belakang panel-panel tersebut.

c) Panel diangkat menggunakan *Crane* kemudian dipindahkan ke lokasi panel di atas fondasi yang telah disiapkan.

d) Bila panel mempunyai lidah atau alur yang harus dipasangkan sebagai sambungan melintang untuk satu arah lalu lintas, permukaan bidang yang mempunyai lidah dan alur harus diberi epoksi.

e) Pada sambungan melintang yang berbatasan dengan garis tengah (*centerline*) harus dilakukan salah satu sambungan sebagai berikut:

1) Sambungan *shear key* dengan mortar tahan susut mutu tinggi minimum dengan kuat tekan $f_c' \sim 58$ MPa.

2) Sambungan menggunakan *tie bar* dengan besi ulir berdiameter 16 mm setiap jarak 30 cm, yang dipasangi ke dalam slot-slot yang sudah disiapkan dengan lebar yang cukup dan kedalaman setengah tebal panel untuk menempatkan *tie-bar*, kemudian dicor secara monolit dengan mortar tahan susut mutu tinggi minimum dengan kuat tekan $f_c' \sim 58$ MPa.

f) Penarikan tendon paska tarik

Celah sambungan memanjang harus dibersihkan dan diisi dengan epoksi secara merata, kemudian segera dilakukan pekerjaan penarikan paska tarik dengan besar tegangan maksimum sebesar 14 kg/cm^2 (200 psi) atau sesuai dengan rencana, untuk mengikat panel-panel ke arah melintang. Sisa epoksi yang menyembul keluar dari celah sambungan memanjang harus dibersihkan dan disingkirkan.

g) Dalam hal terjadi kerusakan angkur dan/atau kabel *strand* putus, harus dilakukan perbaikan atau strategi alternatif. Angkur dan atau *strand* yang putus harus segera diperbaiki dan diganti dengan *strand* baru untuk menghindari kegagalan pekerjaan.

9.4.6.4 Toleransi penempatan panel

- a) Permukaan panel perkerasan beton semen dengan panel lain tidak boleh lebih dari toleransi dalam Tabel 6. Setiap perbedaan elevasi di luar ketentuan tersebut harus diperbaiki dengan cara digerinda.
- b) Pada lajur cepat, bidang permukaan panel baru harus dipasang dengan toleransi ketelitian 1,5 mm satu sama lain secara vertikal. Setiap perbedaan elevasi antara 1,5 mm dan 15 mm harus dikoreksi menggunakan gerinda (*diamond grinding*). Panel dengan perbedaan ketinggian lebih besar dari 15 mm harus dilepas dan diganti.
- c) Toleransi perbedaan elevasi antarpanel untuk jalan raya dengan batas kecepatan kurang dari 60 km/jam harus ditetapkan.
- d) Penggerindaan yang dilakukan terlokalisir atau keseluruhan dapat digunakan untuk memenuhi persyaratan kerataan dan *faulting* awal sesuai dengan ketentuan.
- e) Pada panel yang dipasang secara memanjang, lebar celah atau kesenjangan melintang antarpanel yang berdekatan tidak boleh lebih besar dari 19 mm di tepi memanjang. Lebar celah maksimum seluruh sambungan melintang harus dibatasi sampai 12 mm untuk sambungan non-ekspansi dan 19 mm untuk sambungan ekspansi. Kesenjangan yang berlebihan di sepanjang tepi memanjang dapat diperbaiki dengan mengisi celah tersebut menggunakan bahan *grouting*. Di seluruh sambungan melintang, panel dengan kesenjangan yang berlebihan harus dihilangkan dan dirakit ulang atau diganti.

9.5 Pengisian slot ruji dan *lifting pocket* dengan tambalan (*patching*)

- a) Pada panel yang dipasang dengan sistem memanjang, lubang slot ruji yang terbuka di permukaan panel harus ditambal setelah pekerjaan penegangan paska tarik dan penyuntikan selongsong tendon dengan bahan *grouting* selesai.
- b) Seluruh lubang *lifting point* harus diisi dengan mortar anti susut dan cepat *setting*.
- c) Permukaan tambalan beton semen harus mempunyai tekstur yang sama untuk seluruh permukaan panel dan dibuat tekstur permukaan (*finning*)
- d) Ujung puncak kait pengangkat bekas *lifting pocket* harus terbenam di bawah permukaan panel.
- e) Tambalan pada rongga angkur *stressing*, rongga angkur pengangkat, dan semua rongga lainnya harus diselesaikan menggunakan mortar tahan susut serta memperhatikan persyaratan permukaan.

9.6 *Grouting* tendon

- a) *Grouting* tendon atau *strand* yang terdapat dalam selongsong (*duct*) harus dilakukan sebelum *grouting* bawah panel.
- b) *Grouting* harus diselesaikan dalam waktu 7 hari setelah penarikan kabel penegangan paska tarik.
- c) Kekentalan cairan *grout* harus diuji sesuai dengan ASTM C 939. Penggunaan waktu untuk fluiditas harus antara 10 dan 30 detik setelah pencampuran. Fluiditas harus disesuaikan untuk mencapai persyaratan aliran *grouting* yang diperlukan agar mencapai selongsong tendon sampai penuh. Jika terjadi *bleeding* berlebihan, prosedur harus ditinjau kembali sampai kejadian *bleeding* dikurangi.
- d) Keseragaman fluiditas *grouting* dalam pipa harus diperiksa pada awal setiap pekerjaan *grouting* dan pemompaan.

- e) Sampel untuk penentuan kuat tekan *grouting* harus dikumpulkan setidaknya satu kali per hari selama operasi. Tiga buah contoh uji kubus harus dibuat pada setiap pengambilan sampel dan diuji kuat tekan, sesuai dengan ASTM C 1107.
- f) Bahan *grouting* harus dipompa ke setiap ujung tendon terendah. Tekanan *grouting* harus tidak lebih dari kapasitas tekanan pecah selongsong tendon. Untuk memastikan efektifitas *grouting*, harus dilakukan pengecekan terhadap jendela *grouting* yang berjarak sekitar 12,5 m, untuk menunjukkan bahwa selongsong sudah terisi penuh.
- g) Jika bahan *grouting* bocor ke celah sambungan muai dari ujung akhir sambungan antarpanel, dari bawah panel, atau keluar dari selongsong yang berdekatan, pompa harus dihentikan dan proses *grouting* dipindahkan ke selongsong terdekat berikutnya. Semua *grouting* yang mengeras dalam sambungan muai harus disingkirkan dan dibersihkan.
- h) Setelah pengisian selesai, ujung lubang *grouting* di permukaan panel harus diisi dengan mortar tahan susut sampai rata, dan sisa-sisa bahan *grouting* yang mengeras di permukaan harus disingkirkan dan dibersihkan.

9.7 *Grouting* bawah panel (*underslab grouting*)

- a) Harus disediakan *mixer grout* yang sesuai, pompa, selang, dan nosel untuk memastikan bahwa bahan *grouting* yang dicampur dan dipasang sudah sesuai dengan ketentuan *grouting* dan bahan *grouting* agar dapat mencapai kekuatan yang diperlukan sebelum perkerasan beton semen dibuka untuk lalu lintas.
- b) *Grouting* bawah panel harus dilakukan untuk mengisi semua rongga di bawah panel pracetak-prategang yang mungkin ada setelah menempatkan panel di atas fondasi yang telah disiapkan. *Grouting* bawah panel harus menggunakan lubang *grout* khusus seperti ditunjukkan dalam gambar rencana, dan menggunakan peralatan *grouting* yang sama untuk *grouting* tendon. Campuran yang digunakan untuk bawah panel disebut sebagai *grout slurry* yang terdiri atas semen Portland, *fly-ash*, *fluidifier* dan air. *Grout slurry* yang dihasilkan harus sesuai dengan hal-hal berikut:
 - 1) *Grout slurry* harus tetap cair untuk dapat mengalir selama satu jam. Waktu yang diperlukan dari *flow cone* sekitar (10-20) detik. Uji aliran harus dilakukan sesuai dengan ASTM C 939.
 - 2) *Grout slurry* harus mencapai *setting* awal dalam waktu kurang dari 4 jam. Beban lalu lintas tidak diperbolehkan lewat di atas panel yang baru di-*grouting* sampai waktu yang ditentukan, atau sampai ketentuan waktu *setting* yang ditetapkan dalam ASTM C 266 tercapai.
- c) *Grouting* bawah panel tendon harus dilakukan setelah *grouting* tendon selesai dikerjakan. Pekerjaan *grouting* bawah panel harus diselesaikan setelah pekerjaan penegangan paska tarik, tetapi tidak lebih dari 7 hari setelah penempatan panel pracetak-prategang.
- d) Tepi panel perlu ditutup dengan mortar semen-pasir yang dimampatkan atau busa gasket, untuk mencegah bocor dari bawah panel.
- e) Pemompaan bahan *grouting* harus dimulai dari bagian teratas menurun ke tempat terendah.
- f) Selama pelaksanaan *grouting*, bahan *grouting* harus dipompa ke lubang *grout* pada ujung panel sampai memancar dari lubang, dan menjamin bahwa bagian bawah sudah penuh.
- g) Pelaksana harus memantau tekanan *grout* dan elevasi panel untuk memastikan bahwa panel tidak terdongkrak/terangkat ke atas ke luar dari posisi panel. Pelaksana harus

melanjutkan untuk menyelesaikan pelaksanaan *grouting* bawah panel, sampai semua ruang *grout* terisi.

- h) Jika bahan *grouting* tidak memancar dari lubang ke ujung panel tersebut di atas, harus diperiksa alirannya.
- i) Selama pelaksanaan *grouting* di bawah panel, elevasi panel harus selalu dikontrol menggunakan mistar atau tali *string*. Bahan *grouting* dipompa ke bagian bawah panel sampai mengalir keluar dari lubang *grouting* yang berdekatan.
- j) Fluiditas *grouting* harus diperiksa pada setiap awal operasi *grouting*, sesuai dengan ASTM C 939. Fluiditas harus disesuaikan untuk mencapai persyaratan aliran yang diperlukan agar rongga bawah panel dapat terisi penuh.
- k) Jika bahan *grouting* bocor ke celah sambungan muai dari ujung akhir sambungan antarpanel, dari bawah panel, atau keluar dari selongsong yang berdekatan, maka pemompaan harus dihentikan dan proses *grouting* dipindahkan ke selongsong terdekat berikutnya. Semua *grouting* yang mengeras dalam sambungan muai harus disingkirkan.
- l) Setelah pengisian selesai, ujung lubang *grouting* di permukaan panel harus diisi dengan mortar tahan susut sampai rata, dan sisa-sisa bahan *grouting* yang mengeras di permukaan harus disingkirkan dan dibersihkan.
- m) Permukaan perkerasan yang sudah selesai harus diuji terhadap kerataan menggunakan mistar panjang 3,0 m yang lurus dan rata. Tindakan korektif untuk menjamin kerataan dan persyaratan tekstur harus dilakukan.

9.8 Sambungan (*joint*)

9.8.1 Sambungan memanjang (*longitudinal joints*)

- a) Untuk panel yang dipasang secara memanjang:
 - 1) Sambungan memanjang di tengah (*longitudinal centre joint*) harus berupa lidah alur (*shear key*) dan ujungnya berhubungan dengan sambungan melintang (*transverse joint*), atau dengan *tie bars*, atau kombinasi keduanya.
 - 2) Tergantung dari rancangan awal, bila lebar jalan untuk satu arah memerlukan susunan panel memanjang sebanyak lebih dari empat panel dengan lebar panel 1,8 m, maka angkur mati dipasang di tepi bahu bagian dalam. Panel dipasang mulai dari tepi bagian dalam menuju tepi jalan bagian luar. *Strand* dipasang pada lubang tendon yang tersedia pada dua panel pertama yang sambungan memanjangnya sudah diberi epoksi, kemudian dilakukan penegangan paska tarik. Bila dua panel berikutnya sudah terpasang, maka *strand* baru dipasang pada lubang tendon yang sudah tersedia, kemudian dilakukan penarikan kedua dengan menyertakan dua panel pertama yang sudah dilakukan penegangan paska tarik. Sebelum dilakukan penegangan paska tarik, seluruh sambungan memanjang harus dilapisi epoksi terlebih dahulu.
 - 3) Bila lebar jalan memerlukan susunan panel sebanyak empat panel untuk dua arah lalu lintas, maka beberapa ujung-ujung angkur mati pada umumnya dipasang pada sambungan memanjang di tengah secara simetris. Sambungan di tengah dapat diisi dengan mortar tahan susut.
 - 4) Bila lebar jalan hanya memerlukan dua panel, maka angkur mati ditempatkan di salah satu tepi yang berbatasan dengan bahu jalan.

- b) Pada panel yang dipasang secara melintang, sambungan memanjang hanya terdapat pada sambungan antara panel-panel dan bahu jalan beton semen yang dicor di tempat. Sambungan ini dapat diisi dengan bahan penutup (*sealant*) tuang panas.

9.8.2 Sambungan muai (*expansion joints*)

9.8.2.1 Sambungan muai melintang dan sambungan peringan (*transverse expansion joints dan relief joints*)

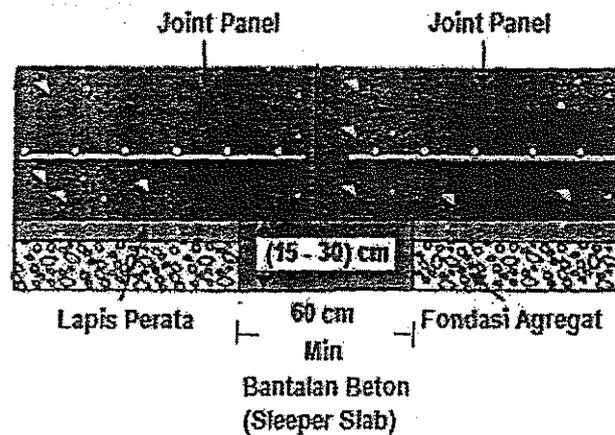
- a) Sambungan muai harus dibuat dengan menempatkan *fiberboard* tebal 13 mm pada sambungan melintang panel. Khusus untuk sambungan yang dilengkapi dengan ruji harus dilengkapi dengan topi pemuaian yang mampu menyerap gerakan minimum 10 mm pada setiap ujung panel.
- b) Lebar celah sambungan muai harus diperpendek menjadi sekitar 13 mm untuk memberikan ruang bagi celah sambungan muai sehingga tidak mempengaruhi tata letak rencana panel.
- c) Sambungan muai melintang harus dipasang pada setiap interval jarak (90 - 100) m. Sambungan muai harus dipasang ruji, dan untuk menyerap gerakan horizontal harus disediakan ruang minimum 37,5 mm di salah satu ujung ruji dengan memakai *expansion cap*. Panjang panel untuk sambungan muai dapat diperpendek 19 mm untuk menyediakan celah ruang muai antara 19 mm dan 37,5 mm. Ruji harus dilumasi dengan gemuk di kedua bagian yang berhubungan dengan panel agar dapat bergerak bebas.
- d) Bahan penutup untuk sambungan muai harus disediakan sesuai dengan rencana. Lebar sambungan muai ruji harus disesuaikan segera setelah penyelesaian penegangan paska tarik berdasarkan temperatur *ambient*. Kecuali dinyatakan khusus pada perencanaan, bahan penutup sambungan muai harus dipasang berikut penegangan paska tarik akhir, sebelum dibuka untuk lalu lintas. Lebar sambungan muai setelah penegangan paska tarik akhir harus disesuaikan dengan lebar yang ditentukan dalam perencanaan. Semua benda lain yang tidak dikehendaki pada sambungan muai harus disingkirkan menggunakan kompresor udara atau cara lain yang disetujui.
- e) Bahan penutup sambungan muai harus dapat mengakomodasi pergerakan mengembang dan menyusut berdasarkan perhitungan paska tarik dari panel-panel. Kedua dimensi pergerakan tersebut diukur dari lebar awal pada sambungan pada saat perakitan panel. Lebar celah sambungan muai yang dilengkapi ruji harus disesuaikan segera di tempat (*on-site*) setelah penyelesaian penegangan paska tarik berdasarkan perkiraan temperatur *ambient*, serta berdasarkan perhitungan paska tarik, susut, dan rayapan (*creep*) dari beton semen. Bukaan celah minimum pada waktu selesai penegangan paska tarik adalah 6,4 mm.
- f) Sambungan muai harus diisi bahan penutup (*sealant*) minimum sebesar 1/3 tebal panel dan dilengkapi dengan *backer rod* di bawah bahan penutup. Dua per tiga tebal panel diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*).
- g) Bahan pengisi untuk sambungan muai (*expansion joint filler*) harus menerus, hingga mencapai lapisan perata atau lapisan fondasi. Bahan pengisi dapat menggunakan yang berupa lempengan (*preformed joint filler*) atau tuang panas (*hot applied*) sesuai dengan lebar jalan atau sama dengan lebar satu lajur. Bahan pengisi yang rusak atau yang sudah diperbaiki tidak boleh digunakan.
- h) Bahan pengisi harus ditempatkan pada posisi vertikal. Alat bantu atau penahan yang disetujui harus digunakan untuk menjaga agar bahan pengisi tetap pada elevasi dan alinyemen yang semestinya, selama penghamparan dan penyelesaian beton semen.

Bila bahan pengisi dipasang berupa bagian-bagian, maka di antara bagian-bagian yang berdekatan tidak boleh ada celah.

- i) Pada sambungan muai tidak boleh ada gumpalan-gumpalan beton semen, agregat atau pasir dan bahan lain yang akan merusak fungsi sambungan.

9.8.2.2 Sambungan muai di atas bantalan beton semen

Sambungan muai dapat juga menggunakan bantalan beton (*sleeper slab*) tanpa ruji dan dipasang di bawah sambungan. Panjang *sleeper slab* minimum 60 cm dengan ukuran lebar penuh lajur jalan. Pelat beton semen di kedua sisi bertumpu di atas *sleeper slab* dengan tebal sekitar 15 cm – 30 cm. Lihat Gambar 7.



Gambar 7 Tipikal bantalan pada *joint panel* (JP) untuk beton pracetak-prategang yang dipasang secara melintang

9.8.3 Sambungan kontraksi melintang (*transverse contraction joints*)

- a) Sambungan ini terdiri atas bidang-bidang yang diperlemah dengan membuat takikan pada permukaan perkerasan dan yang menggunakan ruji sebagai alat transfer beban (*load transfer assemblies*) atau sesuai dengan yang tertera pada gambar rencana.
- b) Pada perkerasan beton semen pracetak-prategang, sambungan antarpanel yang dipasang secara memanjang harus rata dan seragam dan bila celahnya tidak rata harus dicor dengan mortar tahan susut. Sambungan harus ditakik dengan cara digergaji sedalam minimum 6 cm atau 1/3 tebal panel, dibersihkan dan diisi dengan *backer rod* kemudian diikuti dengan bahan penutup.
- c) Faktor bentuk sambungan kontraksi atau rasio antara lebar celah sambungan (W) dan tebal atau kedalaman bahan (T) untuk lebar celah bukaan kurang dari 19 mm ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 7 - Faktor bentuk sambungan

Bahan penutup	W / T
Tuang panas	1:1 – 1:2
Silicon	2:1

- d) Bila bukaan celah sambungan kontraksi lebih besar dari 19 mm harus menggunakan *backer rod* dan bahan pengisi.

9.8.4 Sambungan berupa takikan/aluran (*formed joint*)

Pada panel yang dipasang dengan secara memanjang, takikan pada sambungan yang baru dicor dengan mortar tahan susut dapat dibuat dengan menekankan alat misalnya tripleks tebal 3 mm – 6 mm atau yang sejenis dengan kedalaman 1/3 tebal panel dan panjang selebar panel, ke dalam mortar tahan susut yang masih plastis. Alat tersebut harus tetap ditempat sekurang-kurangnya sampai beton semen mencapai pengerasan awal, dan kemudian harus dilepas tanpa merusak sambungan, kemudian segera diisi dengan *backer rod* dan diikuti dengan *joint sealant*, kecuali bila alat tersebut sebagai *sealant* yang dirancang tetap terpasang pada sambungan.

9.8.5 Sambungan gergajian (*sawn contraction joints*)

Pada sambungan yang dicor dengan mortar tahan susut, sambungan gergajian harus dibuat bila tidak dilakukan takikan. Penggergajian awal harus diselesaikan secepat mungkin dan selalu dalam batas waktu 18 jam setelah penyelesaian mortar tahan susut. Penggergajian awal harus mencapai kedalaman 1/3 tebal panel dan segera diisi dengan *backer rod* dan diikuti dengan bahan penutup (*joint sealant*).

9.8.6 Tekstur pada sambungan

Tekstur di permukaan beton semen pada sambungan-sambungan harus dibentuk. Tekstur berupa alur-alur tersebut harus dibentuk pada waktu beton semen masih dalam keadaan plastis (*fining*) atau digerinda dengan gerinda intan setelah mortar tahan susut atau beton semen mengeras.

9.8.7 Penutup celah sementara pada sambungan

- a) Sebelum lalu lintas dibuka dan sebelum penutupan celah pada sambungan secara permanen, celah harus dibersihkan dari setiap kotoran atau bahan lepas dan harus dilindungi dengan memasukkan suatu keping penutup sementara.
- b) Sebagai alternatif dalam hal sambungan, bahan pengisi sementara atau pembentuk harus digunakan, dan bahan tersebut harus dibiarkan pada posisinya sampai sambungan-sambungan siap untuk dilakukan penutupan secara permanen.
- c) Pada akhir setiap periode pekerjaan dan sebelum dibuka untuk lalu lintas, bagian terbuka dari batang ruji harus dilindungi. Cara yang dilakukan harus melindungi batang ruji terhadap kerusakan bengkok atau menekuk.
- d) Peralihan sementara dari panel pracetak-prategang ke perkerasan yang ada harus ditutup dengan beton aspal, sesuai dengan ketentuan campuran beraspal.

9.8.8 Pemasangan bahan penutup yang dituang

- a) Tidak lebih dari 4 jam sebelum menempatkan batang pendukung (*backer rods*) dan bahan-bahan penutup sambungan, dinding sambungan harus dibersihkan dengan semburan pasir kering (*sand blasting*) atau cara lain untuk menghilangkan material yang tidak dikehendaki seperti tanah, aspal, kompon bekas pengeringan, cat dan karat.
- b) Setelah pembersihan sambungan, semua bekas pasir, debu dan material lepas harus dihilangkan dari sambungan di sepanjang permukaan, paling sedikit sedalam 50 mm dari

sisi sambungan menggunakan alat vakum. Air permukaan harus dihilangkan pada sambungan menggunakan kompresi atau udara panas yang cukup atau sarana lain yang sesuai. Prosedur pengeringan yang berakibat dapat meninggalkan residu atau lapisan di dinding sambungan tidak boleh digunakan.

- c) Batang pendukung (*backer rod*) harus dipasang bila sambungan yang akan ditutup sudah dibersihkan dan dikeringkan.
- d) Segera setelah penempatan batang pendukung, bahan penutup dituangkan.
- e) Tekanan harus digunakan dengan memadai untuk memastikan bahwa bahan penutup menyebar merata dan kontak penuh dengan dinding sambungan dan berkesinambungan.
- f) Permukaan yang sudah selesai ditutup harus sesuai dengan dimensi dan toleransi yang diizinkan.
- g) Bahan penutup sambungan yang ditolak atau permukaan sambungan yang selesai tetapi tidak sesuai dengan rencana harus diperbaiki atau diganti dengan bahan penutup sambungan yang sesuai dengan persyaratan.
- h) Setelah seluruh sambungan ditutup, semua bahan penutup yang berlebih pada permukaan perkerasan harus dihilangkan. Lalu lintas tidak boleh diizinkan melintasi sambungan sampai bahan penutup ini melekat kuat dan cukup kenyal untuk mencegah adanya puing melesak ke bahan penutup.
- i) Selama pemanasan bahan penutup harus dicegah pemanasan yang berlebihan dan tidak merata. Waktu dituangkan, harus dicegah bahan tumpah pada permukaan beton semen yang terbuka.
- j) Penggunaan pasir atau bahan lain sebagai pelindung bahan penutup tidak diperbolehkan.
- k) Pada pekerjaan penuangan bahan penutup, bagian tepi celah sambungan harus rapi dengan cara dilindungi dengan isolasi kertas untuk mencegah penuangan bahan penutup yang berlebihan. Setelah bahan penutup cukup plastis, isolasi dapat segera dibuka.
- l) Permukaan bahan penutup harus terletak di bawah permukaan pelat beton semen sekitar 3 mm.

9.8.9 Pemasangan bahan penutup sambungan dengan bahan terkompresi

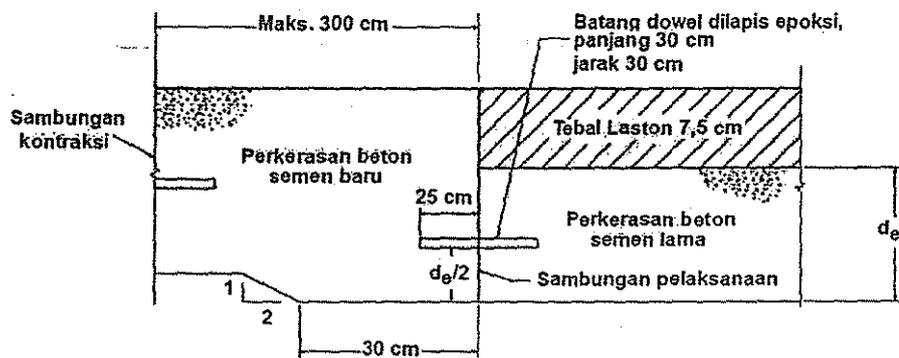
- a) Lakukan langkah pada butir 9.8.8.a) sampai dengan butir 9.8.8.c).
- b) Bila digunakan material penutup fleksibel berbentuk pita yang terkompresi atau padat, bahan penutup tersebut harus disisipkan pada elevasi 2 mm di bawah permukaan pelat beton semen.

9.8.10 Sambungan dengan perkerasan lama

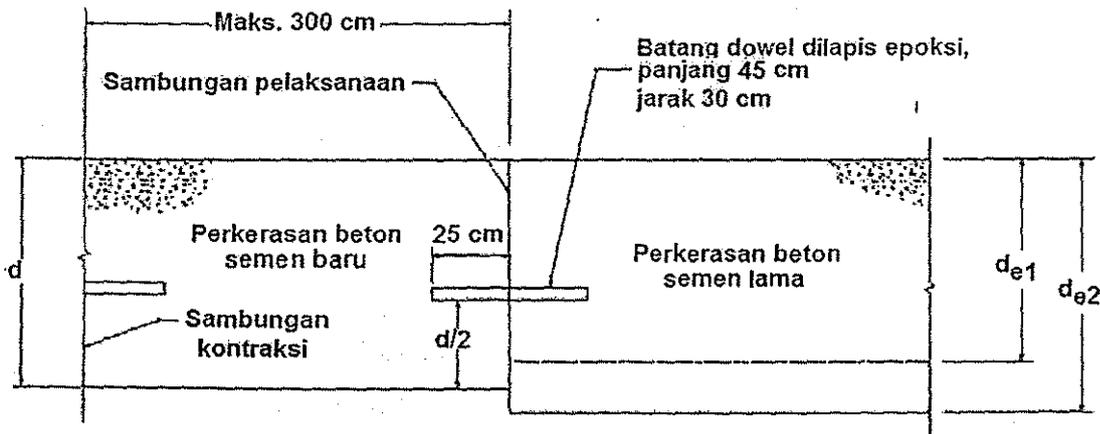
- a) Permukaan atas perkerasan beton semen pracetak-prategang harus tidak lebih dari 6,0 mm di atas atau di bawah perkerasan lama. Bila perbedaan elevasi lebih dari 6,0 mm, harus dilakukan *grinding* sehingga mencapai ketentuan tersebut.
- b) Contoh alternatif sambungan peralihan antara perkerasan beton semen baru dan perkerasan lama menggunakan penebalan panel, bila tebal perkerasan beton semen

baru lebih kecil daripada jumlah tebal perkerasan beraspal panas (lapis beton aspal, Laston) dengan perkerasan beton lama. Lihat Gambar 8.

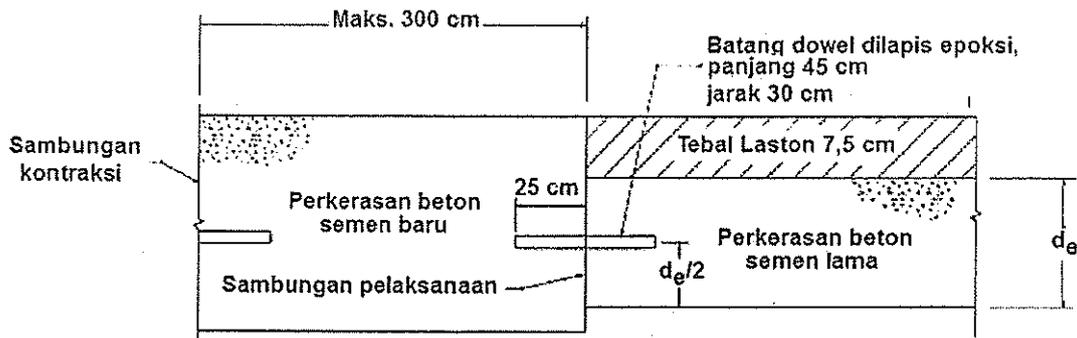
- c) Contoh sambungan peralihan antara perkerasan beton semen baru dan perkerasan beton semen lama, bila perkerasan beton lama lebih tipis (d_{e1}) atau lebih tebal (d_{e2}) daripada tebal perkerasan beton baru (d). Lihat Gambar 9.
- d) Sambungan peralihan antara perkerasan beton semen baru dan perkerasan beton semen lama, bila tebal perkerasan beton semen baru lebih tebal atau sama dengan jumlah tebal Laston dengan tebal perkerasan beton lama. Lihat Gambar 10.
- e) Contoh sambungan memanjang (potongan melintang jalan) antara perkerasan beraspal lama dan perkerasan beton semen baru, lihat Gambar 11.
- f) Sambungan-sambungan tersebut pada Gambar 8 sampai dengan Gambar 11 harus digergaji sedalam $1/3$ tebal kemudian diisi dengan *sealant*.



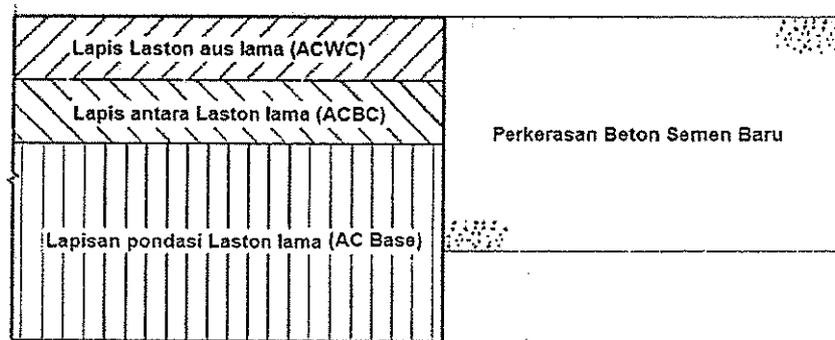
Gambar 8 Contoh alternatif sambungan peralihan antara perkerasan beton semen baru dan perkerasan lama menggunakan penebalan di ujung panel perkerasan beton semen baru. Tebal perkerasan beton semen baru $<$ (tebal Laston + beton semen lama d_e). (Indiana DoT, 2009).



Gambar 9 Sambungan peralihan perkerasan beton semen baru dengan perkerasan beton semen lama. Tebal $d > d_{e1}$ dan $d < d_{e2}$ (Indiana DoT, 2009).



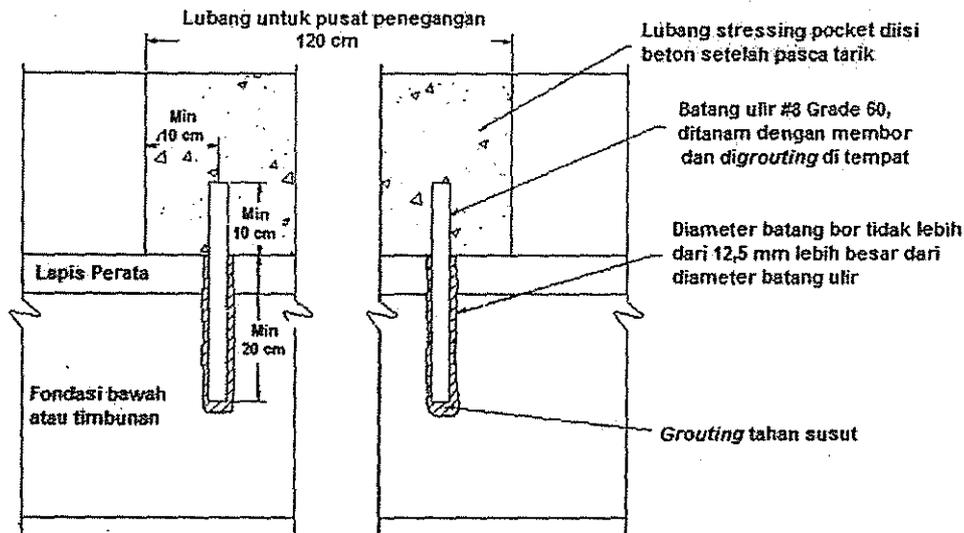
Gambar 10 Sambungan peralihan perkerasan beton semen baru dengan perkerasan beton semen lama (tebal perkerasan beton semen baru \geq (tebal laston + tebal perkerasan beton lama) (Indiana DoT, 2009).



Gambar 11 Potongan melintang jalan pada sambungan memanjang perkerasan beraspal lama dengan perkerasan beton semen baru. (Indiana DoT, 2009).

9.8.11 Pemasangan angkur pada *central panel* yang dipasang melintang

Dalam Gambar 12 ditunjukkan pemasangan angkur pada dua *Central Panel* (CP) untuk panel pracetak-prategang yang dipasang secara melintang. Angkur batang ulir diameter 12,5 mm ditanamkan melalui lubang bor pada slot *stressing Central Panel* sedalam minimum 20 cm.



Gambar 12 Kedalaman dan dimensi angkur pada *central panel* (CP) untuk panel yang dipasang secara melintang

9.8.12 Koneksi ke panel di sekitarnya

- Transfer beban ke panel lama dan ikatan dengan panel beton semen yang ada di jalur atau bahu harus ditetapkan dengan membor dan memasang batang pengikat.
- Lubang-lubang batang pengikat harus dibor 2 mm lebih besar daripada diameter batang pengikat, ke dalam panel sejauh 20 kali diameternya.
- Setelah pengeboran, lubang harus dibersihkan dari berbagai kotoran dengan tekanan kompresi udara. Batang pengikat kemudian dimasukkan ke dalam lubang dengan cara memutar untuk memastikan bahwa bahan *grout* epoksi di dalam lubang tersebar merata pada batang pengikat.
- Bila diperlukan batang ruji, harus dipasang menggunakan prosedur yang sama seperti untuk batang pengikat, kecuali kedalaman benaman batang ruji harus setengah panjang batang ruji. Lubang-lubang ruji harus dibor 2 mm lebih besar daripada diameter batang ruji.
- Diameter batang pengikat dan jarak batang pengikat yang sama harus tertanam di panel pracetak-prategang, kecuali bila pola sambungan di jalur/bahu yang berdekatan berbeda dengan panel pracetak-prategang.

10 Pengendalian mutu

10.1 Penerimaan bahan

Bahan yang diterima harus sesuai dengan ketentuan persyaratan bahan setelah mengecek dan/atau memeriksanya, dengan menunjukkan bukti tertulis.

Kawat baja atau untai kawat baja (*strand*), rakitan angkur dan batang baja (*bar*) untuk pekerjaan prategang harus ditandai dengan nomor dan diberi label untuk keperluan identifikasi sebelum diangkut ke tempat kerja.

Contoh yang diserahkan harus mewakili jumlah bahan yang akan disediakan. Untuk kawat atau untai kawat baja harus mempunyai gulungan induk (*master rol*) yang sama. Contoh untuk pengujian harus diserahkan pada waktunya sehingga hasilnya dapat diterima dengan baik sebelum pekerjaan penegangan dijadwalkan.

10.2 Pengawasan

Tim khusus harus ditempatkan sekurang-kurangnya seorang ahli kepala, untuk memberi advis teknik yang diperlukan selama pelaksanaan prategang.

10.3 Pengujian sifat kemudahan pengerjaan

Satu atau lebih pengujian kelecakan (*slump*), harus dilaksanakan untuk setiap takaran beton semen yang dihasilkan.

10.4 Pengujian kekuatan

Pengujian kekuatan harus dilaksanakan tidak kurang dari satu pengujian kekuatan untuk setiap 20 meter kubik atau sebagian dari beton semen yang dicor. Setiap pengujian harus termasuk pembuatan tiga contoh masing-masing untuk diuji pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Bila digunakan beton semen pracetak-prategang yang sudah jadi maka harus diambil contoh inti yang diambil dari bagian yang tidak mengenai baja prategang atau selongsong tendon.

10.5 Penerimaan panel pracetak-prategang

Ketinggian (*levelling*) dasar panel diukur dengan mistar perata (*straight edge*) berukuran panjang 3,0 meter, dengan benang atau kawat (*string*) yang direntangkan searah memanjang panel dan diagonal panel. Setiap panel beton semen pracetak-prategang yang diukur paling sedikit pada tiga titik atau posisi yang berseberangan secara acak dan harus memenuhi toleransi dimensi dalam Tabel 6.

10.6 Pengujian beton semen kering

Pengujian yang bersifat tidak merusak, antara lain dengan cara penetrasi (*hammer test*), atau alat penguji lainnya. Pengambilan contoh inti beton semen kering harus dilakukan secara hati-hati untuk panel beton semen pracetak-prategang agar tidak mengenai kabel prategang.

10.7 Pengujian baja

Benda uji untuk *wire*, *strand* atau *bar* harus mempunyai panjang tidak kurang dari 1,00 meter atau disesuaikan dengan kebutuhan laboratorium penguji. Jumlah benda uji baik untuk sistem pratarik maupun sistem paska tarik adalah minimum 3 (tiga) buah atau sekurang-kurangnya 1 (satu) benda uji untuk setiap 20 ton berat bahan.

10.8 Rakitan angkur atau jangkar

- a) Penjangkaran atau angkur harus mampu menahan paling sedikit 95% kuat tarik minimum baja prategang, dan harus memberikan penyebaran tegangan yang merata dalam beton pada ujung kabel prategang. Perlengkapan harus disediakan untuk perlindungan jangkar dari korosi.
- b) Perkakas penjangkaran untuk semua sistem paska tarik (*post-tension*) dipasang tepat tegak lurus terhadap semua arah sumbu kabel untuk paska tarik.

- c) Jangkar harus dilengkapi dengan selongsong atau penghubung yang cocok lainnya untuk memungkinkan penyuntikan (*grouting*).

10.9 Penerimaan unit-unit

Bilamana unit-unit panel pracetak-prategang dipabrikasi di luar tempat kerja, maka harus diperiksa mutu dan kondisi pada saat barang tiba di tempat dan harus dicatat untuk setiap cacat atau kerusakan.

10.10 Penerimaan sebelumnya

Bilamana sistem prategang yang akan digunakan telah diuji sebelumnya, maka contoh uji tidak perlu diuji kembali asalkan tidak terdapat perubahan dalam bahan, rancangan atau rincian yang sebelumnya telah baik.

10.11 Perbaikan atas pekerjaan beton semen yang tidak memenuhi ketentuan

Perbaikan termasuk penggantian komponen yang rusak atau hilang dan pemasangannya, pelurusan pelat yang bengkok, perbaikan pelapisan permukaan yang rusak atau hal-hal lainnya yang tidak sempurna harus diperbaiki. Perbaikan yang tidak sempurna serta rusak akibat penyimpanan dan penanganan yang keliru harus disingkirkan.

10.12 Pengujian defleksi vertikal dan *faulting*

Pengujian defleksi dilakukan pada sambungan setelah panel dipasang dan selongsong *strand* di-*grouting* dengan bahan yang sesuai. Pengujian defleksi diulangi sesudah pekerjaan *grouting* bawah panel dan injeksi selongsong berumur paling sedikit 3 hari. *Grouting* bawah panel harus diulangi di tempat lubang yang baru pada panel tersebut dan penggerindaan harus dilakukan bila efisiensi penyaluran beban, hasil uji defleksi dan hasil pengukuran *faulting* menghasilkan nilai yang tercantum dalam Tabel 8.

Tabel 8 - Karakteristik defleksi dan *faulting* pada panel dan sambungan

Karakteristik	Nilai
Efisiensi penyaluran beban (<i>Load Transfer Efficiency</i>), minimum, %	60
Nilai tengah (<i>mean</i>) defleksi, maksimum, mm	0,57
Defleksi di tengah bentang panel, maksimum, mm	0,44
<i>Faulting</i> , maksimum, mm	3,8

10.13 Pembukaan untuk lalu lintas

10.13.1 Selama pelaksanaan pekerjaan

- a) Beton semen pracetak-prategang yang baru ditempatkan dapat dibuka untuk lalu lintas sebelum pengisian slot ruji, slot batang pengikat dan pekerjaan *grouting*, tapi beban lalu lintas tidak lebih dari satu hari.
- b) Untuk bagian perkerasan yang sedang di-*grouting*, kriteria untuk membuka daerah kerja untuk lalu lintas adalah sebagai berikut:
 - 1) *Grouting* untuk slot ruji dan batang pengikat harus mencapai kuat tekan minimum 17 MPa.
 - 2) *Grouting* di bawah panel harus mencapai kuat tekan minimum 5,0 MPa.

10.13.2 Sambungan transisi

- a) Sepanjang daerah sambungan transisi sementara dan sebelum lalu lintas dibuka, harus dipastikan bahwa daerah transisi di daerah adalah lancar dan terlindungi secara memadai. Penurunan maksimum yang diizinkan di daerah jalur transisi sementara adalah 25 mm, dan celah maksimum yang diizinkan antara panel pracetak-prategang dan perkerasan di sekitarnya adalah 25 mm.
- b) Sepanjang daerah sambungan transisi permanen, penurunan maksimum yang diizinkan adalah 3 mm, dan celah maksimum yang diizinkan antara panel pracetak-prategang dan perkerasan jalan di sekitarnya adalah 13 mm.

10.13.3 Selama masa pemeliharaan

Persyaratan kekesatan permukaan harus diuji setelah pelaksanaan pemasangan perkerasan beton semen pracetak-prategang selesai, dan sebelum berakhirnya masa pemeliharaan.

Bibliografi

- American Association of State Highway and Transportation Officials (1993). *The guide of pavement design*. subcommittee on prestressed concrete pavement. Washington D.C.
- American Concrete Institute, ACI (ACI 325.7R-88. *Recommendation for designing prestressed concrete pavements*).
- The Asphalt Institute (MS-17, 2000). *Asphalt overlays for highway and street rehabilitation*. The Asphalt Institute Manual Series 17 (MS-17). Reserch Park Drive.PO Box 14052. Lexington Kentucky.
- Austroroad (1992). *Pavement design, A guide to the structural design of road pavements*. Sydney 1992.
- Balitbang PU (2009). *Perkerasan jalan beton semen pracetak, seksi 5.7. Spesifikasi khusus (pt-0), bidang jalan dan jembatan*.
- Bina Marga, Dept. PU (2007). *Bahan presentasi beton pracetak di Cakung-Cilincing*.
- Dachlan AT (2009). *Laporan kajian dan pengawasan ujicoba skala penuh perkerasan beton dengan metoda pracetak di buntu-kebumen. pusat litbang jalan dan jembatan. Bandung*.
- Dachlan AT (2009). *Teknologi precast concrete pavement untuk peningkatan produktivitas dan penjaminan mutu konstruksi*. Konstruksi Indonesia 2009. Gagasan, Teknologi dan Produk Karya Anak Bangsa. Untuk Kualitas & Keselamatan Konstruksi. ISBN:978-979-16755-5-0
- Dachlan AT (2010). *Laporan monitoring dan evaluasi pemanfaatan perkerasan beton pracetak dan cor di tempat. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Bandung*.
- Dachlan AT (2010). *Inovasi konstruksi jalan beton di indonesia*. Kolokium Jalan dan Jembatan. Bandung 11-12 Mei 2010. ISBN: 978-602-8256-16-2
- Dachlan AT, dkk. (2011). *Perbaikan sambungan muai pada perkerasan beton pracetak menggunakan beton Inveretd T methode pelaksanaan dan evaluasi*. Kolokim Jalan dan Jembatan, Bandung 22 Juni 2011. ISBN: 978-602-8256-16-2
- Dachlan AT (2011). *Perbaikan sambungan perkerasan beton menggunakan pondasi berdrainase dan bantalan beton*. Makalah Konferensi Nasional Teknik Jalan ke 9. Jakarta 14-16 November 2011
- Dachlan AT (2011). *Kajian perancangan perkerasan jalan beton prategang*. Jurnal Puslitbang Jalan dan Jembatan Volume 28, No. 1, April 2011. ISSN: 1907-0284
- David K. Merrit, B.Frank McCullough, Ned H Burns, and Anton K Schindler. Federal Highway Administration (February, 2000). *The feasibility of using precast concrete panels to expedite highway pavement construction*. Research Report 1517-1. The University of Texas at Austin 3208 Red River, Suite 200 Austin, TX 78705-2650.
- David K. Merritt, B. Frank McCullough, Ned H. Burns. (FHWA, 2002). *construction and preliminary monitoring of the georgetown, Texas Precast Prestressed Concrete Pavement*. Report No.FHWA/TX-03-1517-01-IMP-1. The University of Texas at Austin 3208 Red River, Suite 200 Austin, TX 78705-2650
- Departemen P.U. (2003). *Perencanaan perkerasan jalan beton semen*. Pedoman Konstruksi dan Bangunan. Pd T-14-2003. Departemen Pekerjaan Umum (dulu Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah).

- Federal Highway Administration (February, 2007). *Precast concrete panel systems for full-depth pavement repairs*. Field Trials. Publication No. FHWA-HIF-07-019. Washington DC 20590.
- Indiana Departemen of Transportation, INDOT Sept 2009). *Standard drawings*, English Sections 400 & 500. file:///transition%20joint.htm
- Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, PT (2006). *Precast concrete study*. Market Development Division. Bahan presentasi. Project No: ST-02-07.
- Leksminingsih, Dra (2008). *Penelitian joint sealant untuk sambungan perkerasan beton semen*. Jurnal Jalan dan Jembatan. Volume 26 No. 2, Agustus 2009. ISSN: 1907-0284
- Luh M.Chang, Yu-Tzu Chen, Sangwook Lee (June 2004). *using precast concrete panels for pavement construction in Indiana*. Joint Transportation Research Program. Project No.C-36-46X.File No.5-11-24, SPR-2779. Purdue University West Lavayette, IN 47907.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (2008). pedoman sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3) Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum. Nomor : 09/Per/M/2008. Jakarta tahun 2008.
- Portland Cement Association, PCA
- State of Florida Department of Transportation (2006). *Rigid pavement design manual*. Pavement Management Office 605 Suwannee Street, M.S.70 Tallahassee, Florida 32399-0450. Document No. 625-010-006-d. January 2006.
- Semesta Marga Raya (SMR), PT (2009). *Proyek pembangunan jalan tol Kanci-Pejagan*. PT. Adhi Concrete Pavement System (ACPS). Divisi Konstruksi II. Jl.Juanda 39, Jakarta Pusat.

Daftar nama dan lembaga

1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

2. Penyusun

Nama	Instansi
Ir. A. Tatang Dachlan, M.Eng.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 23 April 2015

**MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



M. BASUKI HADIMULJONO