

**Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum  
No. 10/SE/M/2010**

**tentang**

**Pemberlakukan Pedoman Penyambungan  
Tiang Pancang Beton Pracetak Untuk Fondasi Jembatan**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**



**MENTERI PEKERJAAN UMUM  
REPUBLIK INDONESIA**

Jakarta, 05 Mei 2010

Kepada yang terhormat,

- 1) Gubernur di seluruh Indonesia
- 2) Bupati dan Walikota di seluruh Indonesia
- 3) Pejabat Eselon I dan Pejabat Eselon II di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum

Perihal : **Pemberlakuan Pedoman penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan**

**SURAT EDARAN**

Nomor : 10/SE/M/2010

Dalam rangka melaksanakan Pasal 78, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, dan berdasarkan hasil konsensus Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil perlu pemberlakuan Pedoman penyelenggaraan jalan mengenai penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan, dengan ketentuan sebagai berikut:

**I. UMUM**

Surat Edaran ini diterbitkan sebagai acuan bagi pelaksana dalam tata cara penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan.

Tujuan ditetapkan pedoman agar penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan memenuhi persyaratan struktur sambungan.

Pemberlakuan Surat Edaran ini bagi Pejabat Eselon I dan Eselon II di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum untuk digunakan sebagaimana mestinya, sedangkan bagi Gubernur dan Bupati/Walikota di seluruh Indonesia agar dapat digunakan sebagai acuan sesuai kebutuhan.

**II. MATERI MUATAN**

Pedoman penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan memuat tata cara penyambungan tiang pancang beton pracetak dengan epoksi atau las untuk fondasi jembatan, persyaratan struktur sambungan, dan cara penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan.

Terdapat persyaratan bahan yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan penyambungan tiang pancang beton pracetak, di antaranya yaitu:

1. mutu beton yang digunakan harus mempunyai kekuatan minimum  $f_c' = 25 \text{ MPa}$  ( $\sigma'_{bk} = 300 \text{ kgf/cm}^2$ );
2. baja tulangan untuk sambungan tiang pancang beton pracetak harus mempunyai tegangan leleh minimum 410 MPa (BJ 55), bebas korosi dan kotoran yang menempel pada baja;
3. epoksi sesuai dengan AASHTO M 235M; dan
4. bahan las harus sesuai dengan bahan dasar elemen struktur baja yang akan disambung (seperti BJ 32, BJ 51 atau BJ 52) untuk memastikan bahwa sambungan dapat dipertanggungjawabkan dan merupakan kawat las berselaput hidrogen rendah.

Untuk penyambungan tiang pancang beton pracetak persegi dengan epoksi dilaksanakan pada struktur sambungan, selubung baja dan ujung-ujung tiang yang disambung, sedangkan penyambungan dengan las hanya pada struktur sambungannya saja.

Penyambungan tiang pancang beton pracetak persegi dengan epoksi dilakukan melalui tahap pemeriksaan terhadap kondisi tiang, selubung baja, bahan epoksi, tulangan penyambung; tahap pemancangan tiang awal; tahap penyambungan; dan tahap pemancangan tiang lanjutan.

Untuk penyambungan dengan las dilakukan melalui tahap persiapan penyambungan, tahap pelaksanaan di lapangan dan tahap pemeriksaan visual.

Pedoman penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan secara rinci tercantum dalam Lampiran, dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dengan Surat Edaran Menteri ini.

Demikian atas perhatian Saudara kami ucapkan terima kasih.

  
MENTERI PEKERJAAN UMUM,  
  
DJOKO KIRMANTO

**LAMPIRAN**  
**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM**  
**NOMOR: 10/SE/M/2010**  
**TANGGAL: 05 Mei 2010**

**PEDOMAN PENYAMBUNGAN TIANG PANCANG BETON PRACETAK  
UNTUK FONDASI JEMBATAN**

## Daftar isi

|   |     |
|---|-----|
| Daftar isi .....  | i   |
| Prakata .....   | iii |
| Pendahuluan .....   | iv  |
| 1 Ruang lingkup .....   | 1   |
| 2 Acuan normatif .....  | 1   |
| 3 Istilah dan definisi .....  | 1   |
| 4 Syarat umum.....  | 3   |
| 4.1 Syarat sambungan .....  | 3   |
| 4.2 Beban yang ditahan sambungan.....   | 3   |
| 4.3 Pengujian .....   | 3   |
| 5 Syarat bahan.....   | 3   |
| 5.1 Beton .....   | 3   |
| 5.2 Baja.....   | 4   |
| 5.3 Epoksi .....  | 4   |
| 5.4 Las.....  | 5   |
| 6 Penyambungan tiang pancang beton pracetak persegi dengan epoksi .....   | 5   |
| 6.1 Struktur .....  | 5   |
| 6.2 Selubung baja .....   | 7   |
| 6.3 Ujung-ujung tiang yang disambung .....  | 8   |
| 6.4 Pelaksanaan .....   | 9   |
| 7 Penyambungan tiang pancang beton pracetak bundar dan persegi dengan las.....  | 10  |
| 7.1 Struktur .....  | 10  |
| 7.2 Pelaksanaan .....   | 12  |
| Lampiran A (informatif) Perhitungan kapasitas lentur tiang pancang beton pracetak penampang persegi dengan kondisi batas ultimit..... | 13  |
| Lampiran B (informatif) Perhitungan kapasitas lentur tiang pancang beton pracetak penampang persegi dengan kondisi batas layan .....  | 15  |
| Lampiran C (informatif) Perhitungan panjang sambungan tiang pancang beton pracetak penampang persegi .....                            | 17  |
| Lampiran D (informatif) Deviasi teknis dan keterangan .....   | 19  |
| Bibliografi.....  | 20  |
| <br>  |     |
| Gambar 1 – Posisi $l_1$ dan $l_2$ .....   | 6   |
| Gambar 2 – Rongga bagian dalam selubung .....   | 7   |
| Gambar 3 – Skema pemasangan selubung .....  | 8   |
| Gambar 4 – Diameter tulangan dan diameter lubang.....   | 9   |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 5 – Konstruksi sambungan tiang pancang bundar dan persegi dengan las ..... | 11 |
| Tabel 1 - Perkiraan awal proporsi takaran campuran .....                          | 4  |
| Tabel 2 - Sifat mekanis baja struktural .....                                     | 4  |
| Tabel 3 - Ukuran tulangan penyambung dan momen kapasitas sambungan .....          | 7  |
| Tabel 4 - Dimensi selubung baja.....  | 8  |
| Tabel 5 - Ukuran lubang untuk tulangan .....                                      | 8  |
| Tabel 6 - Ukuran selubung baja bundar .....                                       | 10 |
| Tabel 7 - Ukuran selubung baja persegi.....                                       | 11 |

## Prakata

Pedoman tentang *Penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan* adalah revisi dari SNI 03-3448-1994, *Tata cara penyambungan tiang pancang beton pracetak penampang persegi dengan sistem monolit bahan epoxy*, yang dilengkapi dengan tata cara penyambungan tiang pancang beton pracetak dengan las dengan beberapa perubahan yang diuraikan pada deviasi teknis.

Pedoman ini disusun oleh Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan pada Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) Nomor 8 Tahun 2007 dan dibahas dalam forum konsensus tanggal 19 Desember 2007 di Bandung, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

## **Pendahuluan**

Pedoman ini membahas tentang syarat umum sambungan tiang pancang beton, syarat bahan penyambungan tiang pancang beton yang terdiri dari beton, baja, bahan perekat epoksi dan las serta cara penyambungan tiang pancang beton pracetak dengan epoksi dan penyambungan tiang pancang beton pracetak dengan las, persiapan pelaksanaan dan pelaksanaan penyambungan. Pedoman ini juga dilengkapi dengan contoh perhitungan kapasitas lentur sambungan (metode beban kerja dan beban layan) serta perhitungan panjang sambungan tiang pancang.



# Penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan

## 1 Ruang lingkup

Tata cara ini meliputi penyambungan tiang pancang beton pracetak dengan epoksi atau las untuk fondasi jembatan, persyaratan struktur sambungan, dan cara penyambungan tiang pancang beton pracetak untuk fondasi jembatan.

Pedoman ini tidak mencantumkan ketentuan kesehatan dan keselamatan kerja. Ketentuan-ketentuan tersebut harus diadopsi oleh pelaksana pekerjaan dalam prosedur pekerjaan secara menyeluruh untuk setiap tahapan pekerjaan.

## 2 Acuan normatif

Dokumen referensi yang terkait dengan pedoman ini:

SNI 03-1974-1990, *Metode pengujian kuat tekan beton.*

SNI 07-2529-1991, *Metode pengujian kuat tarik baja beton.*

SNI 03-4434-1997, *Spesifikasi tiang pancang beton pracetak untuk pondasi jembatan, ukuran (30x30, 35x35, 40x40) cm<sup>2</sup> panjang 10-20 meter dengan baja tulangan BJ 24 dan BJ 40.*

SNI 03-2834-2000, *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.*

AASHTO M 235M, *Epoxy resin adhesives.*

AASHTO M 270M-04, *Carbon and high-strength low-alloy structural steel shapes, plates, and bars and quenched-and tempered alloy structural steel plates for bridges.*

ASTM A 36, *Standard specification for carbon structural steel.*

## 3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam pedoman ini sebagai berikut:

### 3.1

#### **epoksi**

bahan perekat yang digunakan untuk menyambung beton pada sistem sambungan yang mampu menahan beban

### 3.2

#### **fondasi**

bagian dari struktur yang berfungsi memikul seluruh beban yang bekerja pada pilar atau kepala jembatan dan gaya-gaya lainnya serta melimpahkannya ke lapisan tanah pendukung

### 3.3

#### **fondasi tiang**

salah satu jenis fondasi untuk melimpahkan seluruh beban yang bekerja pada pilar atau kepala jembatan dan gaya-gaya lainnya ke lapisan tanah pendukung menggunakan struktur tiang

### **3.4**

#### **jembatan**

bangunan pelengkap jalan yang berfungsi sebagai penghubung suatu ruas jalan yang terputus akibat adanya hambatan berupa sungai, lembah, saluran, persilangan atas, dan lain-lain

### **3.5**

#### **kepala jembatan**

bangunan bawah yang terletak pada kedua ujung jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada ujung luar bentang pinggir dan gaya-gaya lainnya, serta melimpahkannya ke fondasi

### **3.6**

#### **las**

suatu cara untuk menyambungkan logam dengan cara mencairkan bahan las melalui pemanasan

### **3.7**

#### **pilar jembatan**

bangunan bawah yang terletak di antara kedua kepala jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada ujung-ujung bentang dan gaya-gaya lainnya serta melimpahkannya ke fondasi

### **3.8**

#### **sambungan tiang pancang beton pracetak**

struktur sambungan dua komponen tiang beton pracetak yang mempunyai bentuk dan ukuran penampang yang sama

### **3.9**

#### **tiang**

komponen bangunan yang berbentuk silinder atau prisma dengan rasio panjang dibagi lebar atau diameter lebih besar dari 10

### **3.10**

#### **tiang pancang beton bertulang pracetak**

tiang beton bertulang yang dibuat di pabrik atau di lokasi jembatan, mempunyai dimensi dan mutu tertentu yang pemasangannya dilakukan dengan alat penumbuk, atau alat penekan

### **3.11**

#### **tiang pancang beton prategang pracetak**

tiang beton prategang yang dibuat di pabrik yang mempunyai dimensi dan mutu tertentu yang pemasangannya dilakukan dengan alat penumbuk atau alat penekan

## 4 Syarat umum

### 4.1 Syarat sambungan

Jenis sambungan tiang pancang beton pracetak dengan tipe struktur monolit hanya dapat digunakan dengan persyaratan sebagai berikut:

- a) Kedua komponen tiang beton pracetak yang akan disambung mempunyai bentuk dan ukuran penampang yang sama;
- b) Ujung-ujung komponen yang akan disambung telah disiapkan pada waktu pelaksanaan pembuatan tiang pancang, sesuai dengan spesifikasi yang berlaku;
- c) Kedua komponen tiang yang akan disambung mempunyai mutu beton dan baja tulangan yang sama;
- d) Kedua komponen tiang yang akan disambung harus dalam keadaan lurus dan tidak bengkok.

### 4.2 Beban yang ditahan sambungan

Struktur sambungan tiang pancang beton pracetak tipe monolit harus kuat memikul beban dan gaya-gaya, baik dalam arah vertikal maupun lateral akibat:

- a) Beban dan gaya-gaya yang bekerja pada pilar atau kepala jembatan;
- b) Pemancangan;
- c) Deformasi lateral dan vertikal;
- d) Gaya lateral akibat timbunan pada oprit;
- e) Gaya gesek negatif.

### 4.3 Pengujian

Semua pengujian harus dilaksanakan di laboratorium yang telah terakreditasi.

## 5 Syarat bahan

### 5.1 Beton

- a) Mutu beton yang digunakan untuk tiang pancang beton harus mempunyai kekuatan minimum  $f'_c = 25 \text{ MPa}$  ( $\sigma'_{bk} = 300 \text{ kgf/cm}^2$ ), sesuai SNI 03-1974-1990;
- b) Setiap pembuatan tiang harus didasarkan kepada rencana campuran dengan menggunakan komponen bahan yang memenuhi ketentuan yang berlaku dan selama pelaksanaan pengecoran beton harus diikuti dengan pengendalian mutu. Untuk perkiraan awal proporsi takaran campuran dapat digunakan Tabel 1.

**Tabel 1 - Perkiraan awal proporsi takaran campuran**

| Jenis beton | Mutu beton   |                                       | Ukuran agregat maksimum (mm) | Rasio air / semen maks. (terhadap berat) | Kadar semen min. (kg/m <sup>3</sup> dari campuran) |
|-------------|--------------|---------------------------------------|------------------------------|--|--|
|             | $f_c'$ (MPa) | $\sigma'_{bk}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) |                              |  |  |
| Mutu tinggi | 50           | 600                                   | 19                           | 0,350                                    | 450  |
|             |              |                                       | 37                           | 0,400                                    | 395  |
|             |              |                                       | 25                           | 0,400                                    | 430  |
|             | 45           | 500                                   | 19                           | 0,400                                    | 455  |
|             |              |                                       | 37                           | 0,425                                    | 370  |
|             |              |                                       | 25                           | 0,425                                    | 405  |
|             | 38           | 450                                   | 19                           | 0,425                                    | 430  |
|             |              |                                       | 37                           | 0,450                                    | 350  |
|             |              |                                       | 25                           | 0,450                                    | 385  |
|             | 35           | 400                                   | 19                           | 0,450                                    | 405  |
|             |              |                                       | 37                           | 0,475                                    | 335  |
|             |              |                                       | 25                           | 0,475                                    | 365  |
| Mutu sedang | 30           | 350                                   | 19                           | 0,475                                    | 385  |
|             |              |                                       | 37                           | 0,500                                    | 315  |
|             |              |                                       | 25                           | 0,500                                    | 345  |
|             | 25           | 300                                   | 25                           | 0,500                                    | 345  |
|             |              |                                       | 19                           | 0,500                                    | 365  |
|             |              |                                       | 37                           | 0,500                                    | 365  |

## 5.2 Baja

- Baja tulangan untuk sambungan tiang pancang beton pracetak harus mempunyai tegangan leleh minimum 410 MPa (BJ 55), bebas dari korosi dan kotoran yang menempel pada baja;
- Selubung untuk sambungan tiang dibuat dari baja yang mempunyai tegangan leleh minimum 210 MPa (BJ 34);
- Untuk menjamin tercapainya mutu baja yang disyaratkan, sebelum digunakan baja harus diuji mutunya sesuai dengan SNI 07-2529-1991.
- Mutu baja disesuaikan dengan spesifikasi AASHTO M 270-04 yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2 - Sifat mekanis baja struktural**

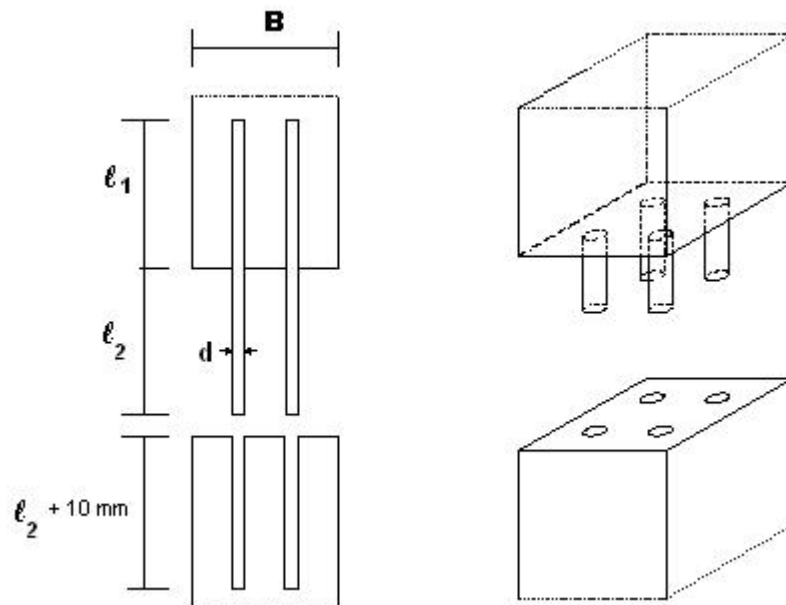
| Jenis baja | Tegangan putus minimum, $f_u$ (MPa) | Tegangan leleh minimum, $f_y$ (MPa) | Peregangan minimum (%) |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| BJ 34      | 340                                 | 210                                 | 22                     |
| BJ 37      | 370                                 | 240                                 | 20                     |
| BJ 41      | 410                                 | 250                                 | 18                     |
| BJ 50      | 500                                 | 290                                 | 16                     |
| BJ 55      | 550                                 | 410                                 | 13                     |

## 5.3 Epoksi

Untuk menjamin kuat ikat antara beton dan epoksi serta baja dan epoksi, maka epoksi yang digunakan harus memenuhi ketentuan yang berlaku yaitu:



- 4) panjang tulangan penyambung adalah sebagai berikut:
- (a) sepanjang  $l_1 = 25 d$ ;
  - (b) sepanjang  $l_2 = 25 d$ .
- dengan pengertian:
- $l_1$  adalah panjang tulangan yang masuk ke ujung tiang atas (mm);  
 $l_2$  adalah panjang tulangan yang masuk ke ujung tiang bawah (mm);  
 $d$  adalah diameter tulangan (mm).
- 5) tulangan penyambung diletakkan pada jarak  $0,25 B$  dari sisi-sisi tiang;  
dengan pengertian:
- $B$  adalah ukuran penampang tiang (mm)
- 6) diameter tulangan penyambung tergantung dari ukuran penampang tiang, yaitu :
- (a) ukuran tiang 300 mm x 300 mm, diameter tulangan = 25 mm;
  - (b) ukuran tiang 350 mm x 350 mm, diameter tulangan = 28 mm;
  - (c) ukuran tiang 400 mm x 400 mm, diameter tulangan = 32 mm.
- 7) ukuran tulangan penyambung untuk penampang tiang persegi tercantum pada Tabel 3;
- 8) kapasitas momen sambungan sekurang-kurangnya sama dengan kapasitas tiang.



**Gambar 1 – Posisi  $l_1$  dan  $l_2$**

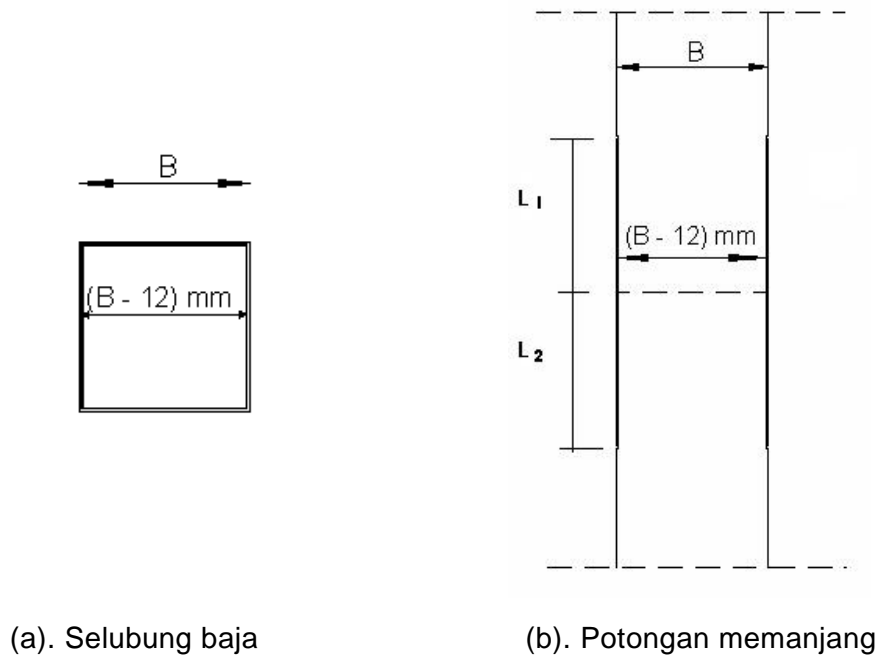
**Tabel 3 - Ukuran tulangan penyambung dan momen kapasitas sambungan**

| Ukuran tiang<br>B x B<br>mm <sup>2</sup> | Tulangan penyambung  |               |               |        | Sambungan             |                         |
|--|----------------------|---------------|---------------|--------|-----------------------|-------------------------|
|  | Diameter (d)<br>(mm) | $l_1$<br>(mm) | $l_2$<br>(mm) | Jumlah | Batas layan<br>(kN.m) | Batas ultimit<br>(kN.m) |
| 300 X 300                                | 25                   | 625           | 625           | 4      | 33,75                 | 77,12                   |
| 350 X 350                                | 28                   | 700           | 700           | 4      | 51,84                 | 120,65                  |
| 400 X 400                                | 32                   | 800           | 800           | 4      | 77,86                 | 188,7                   |

Momen kapasitas dihitung dengan mutu beton  $f'_c = 30$  MPa ( $\sigma'_{bk} = 350$  kgf/cm<sup>2</sup>).  
Jika digunakan mutu beton yang berbeda maka kapasitas sambungan harus dihitung ulang.

## 6.2 Selubung baja

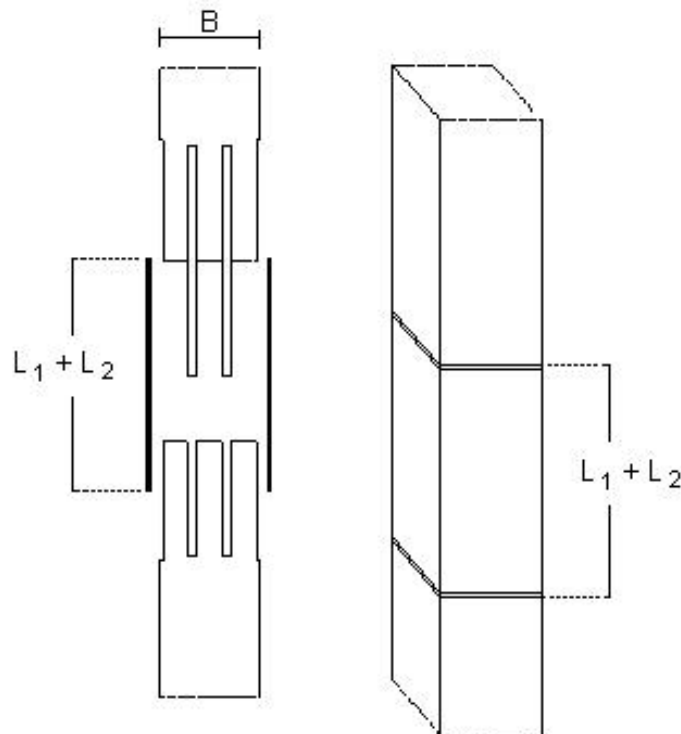
- Selubung baja dibuat dari pelat baja setebal 5 mm, mempunyai bentuk penampang persegi yang sudut-sudutnya dilas listrik seperti tampak pada Gambar 2. Selubung baja dipasang dengan skema seperti tampak pada Gambar 3;
- Rongga bagian dalam selubung mempunyai lebar sebesar 12 mm lebih kecil dari lebar tiang, B;
- Dimensi selubung baja untuk tiang penampang persegi tercantum pada Tabel 4;
- Baja yang digunakan untuk selubung harus mempunyai tegangan leleh minimum 210 MPa (BJ 34);
- Untuk tipe tiang pancang tahanan ujung, selubung tidak perlu ditanam dalam celah.



**Gambar 2 – Rongga bagian dalam selubung**

**Tabel 4 - Dimensi selubung baja**

| Ukuran tiang (mm <sup>2</sup> ) | Ukuran selubung                          |                                      |                                      |
|---------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                 | Rongga dalam (R) (mm)<br>R = (B - 12) mm | Panjang (mm)                         |                                      |
|                                 |  | L <sub>1</sub><br>L <sub>1</sub> = B | L <sub>2</sub><br>L <sub>2</sub> = B |
| 300 X 300                       | 288 X 288                                | 300                                  | 300                                  |
| 350 X 350                       | 338 X 338                                | 350                                  | 350                                  |
| 400 X 400                       | 388 X 388                                | 400                                  | 400                                  |



**Gambar 3 – Skema pemasangan selubung**

### 6.3 Ujung-ujung tiang yang disambung

- a) Kedua ujung tiang yang akan disambung harus sudah disiapkan pada waktu pelaksanaan pembuatan tiang:

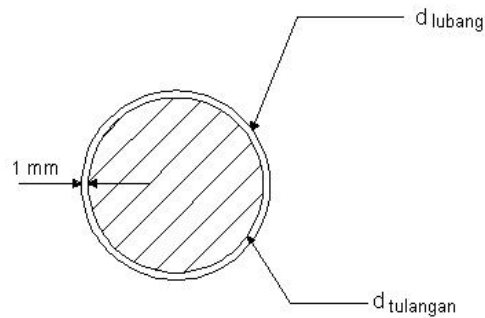
Masing-masing 4 buah lubang untuk menempatkan tulangan penyambung dengan ukuran seperti tercantum pada Tabel 5 dan Gambar 4.

- b) Lubang tempat tulangan harus dibuat lurus, sehingga setelah dipasang tulangan penyambung dalam posisi aksial.

**Tabel 5 - Ukuran lubang untuk tulangan**

| Ukuran tiang (mm x mm) | Ukuran lubang |              |
|------------------------|---------------|--------------|
|                        | Diameter (mm) | Panjang (mm) |
| 300 X 300              | 27            | 627          |
| 350 X 350              | 30            | 702          |
| 400 X 400              | 34            | 802          |





$$\text{diameter lubang} = (\text{diameter tulangan} + 2) \text{ mm}$$

**Gambar 4 – Diameter tulangan dan diameter lubang**

#### 6.4 Pelaksanaan

Sebelum pelaksanaan pekerjaan penyambungan tiang dimulai, lakukan hal-hal sebagai berikut:

- a) Periksa kondisi tiang yang akan disambung dan tiang penyambung, meliputi :
  - 1) mutu tiang harus memenuhi persyaratan menurut SNI 03-4434-1997;
  - 2) tiang dalam keadaan lurus, tidak boleh melengkung;
  - 3) posisi dan dimensi lubang untuk penulangan penyambung harus tepat seperti yang telah ditentukan.
- b) Periksa kondisi selubung baja yang meliputi:
  - 1) dimensi harus tepat sesuai ketentuan;
  - 2) las penyambung pada sudut-sudutnya harus baik dan memenuhi ketentuan;
  - 3) selubung baja harus lurus dan rongga bagian dalam mempunyai celah antara selubung baja dan tiang beton sebesar 1 (satu) mm di sekeliling tiang.
- c) Periksa bahan epoksi yang akan digunakan, apakah telah memenuhi spesifikasi sesuai ketentuan yang berlaku, dan hal ini harus dibuktikan dari hasil pengujian;
- d) Periksa tulangan penyambung. Tulangan penyambung harus mempunyai dimensi dan mutu sesuai yang telah ditentukan.

Masukkan tiang pancang yang akan disambung ke dalam tanah pada lokasi yang telah ditetapkan, dengan cara dipancang atau ditekan sesuai ketentuan yang berlaku.

- a) Sisakan bagian atas tiang menonjol di atas permukaan tanah sepanjang sambungan ditambah 200 mm;
- b) Kasarkan dan keringkan permukaan beton yang akan disambung dan bersihkan lubang tempat tulangan penyambung untuk menjamin epoksi dapat menyambung dengan kuat;
- c) Lakukan penyambungan dengan urutan kerja sebagai berikut :
  - (1) olesi secara merata seluruh permukaan beton kepala tiang, bagian dalam selubung baja dan tulangan penyambung dengan epoksi dengan ketebalan 1,0 mm sampai dengan 1,5 mm;
  - (2) pasang selubung baja di kepala tiang. Celah antara bagian dalam selubung baja dan permukaan tiang harus sepenuhnya terisi epoksi;

- (3) olesi secara merata di seluruh permukaan beton pada ujung tiang penyambung serta lubang-lubang tempat tulangan sambungan dengan epoksi setebal 1,0 mm sampai dengan 1,5 mm;
- (4) angkat tiang penyambung sesuai prosedur yang berlaku, kemudian ujung bawah tiang dimasukkan ke dalam selubung baja dengan memperhatikan:
  - a) posisi tiang harus sentris terhadap tiang yang disambung;
  - b) masukkan tulangan penyambung ke dalam lubang-lubang;
  - c) epoksi harus dapat menutup celah antara bagian dalam selubung dan permukaan beton;
  - d) tambahkan epoksi jika masih terdapat rongga, dan dimasukkan ke dalam selubung melalui celah pada keempat sisinya;
  - e) tutup bagian bawah seluruh baja dengan penjepit baja yang dapat dibuka kembali setelah epoksi mengeras, agar epoksi tidak meleleh ke luar.

Lanjutkan pemancangan atau penekanan tiang, setelah epoksi mengeras dengan kuat tekan minimal sama dengan kuat tekan beton yang akan disambung dan didasarkan pada hasil pengujian laboratorium.

## 7 Penyambungan tiang pancang beton pracetak bundar dan persegi dengan las

### 7.1 Struktur

- a) Konstruksi sambungan tiang terdiri dari bagian kepala (atas) dan bagian bawah, seperti tampak pada Gambar 5.
- b) Pada bagian kepala dan bagian bawah tiang pancang diberi selubung baja yang dibuat secara terfabrikasi.
- c) Ukuran selubung baja didasarkan pada dimensi tiang pancang seperti pada Tabel 6 untuk penampang bundar dan seperti pada Tabel 7 untuk penampang persegi.
- d) Selubung baja harus tahan terhadap pukulan selama proses pemancangan.
- e) Selubung tiang bawah dan atas harus dibuat sedemikian rupa sehingga terdapat alur untuk pengelasan.
- f) Alur pengelasan harus cukup lebar sehingga lebar dan tebal las mampu menghasilkan kapasitas sambungan yang sekurang-kurangnya sama dengan kapasitas tiang.
- g) Dimensi selubung baja tiang pancang bawah dan atas harus sama.

**Tabel 6 - Ukuran selubung baja bundar**

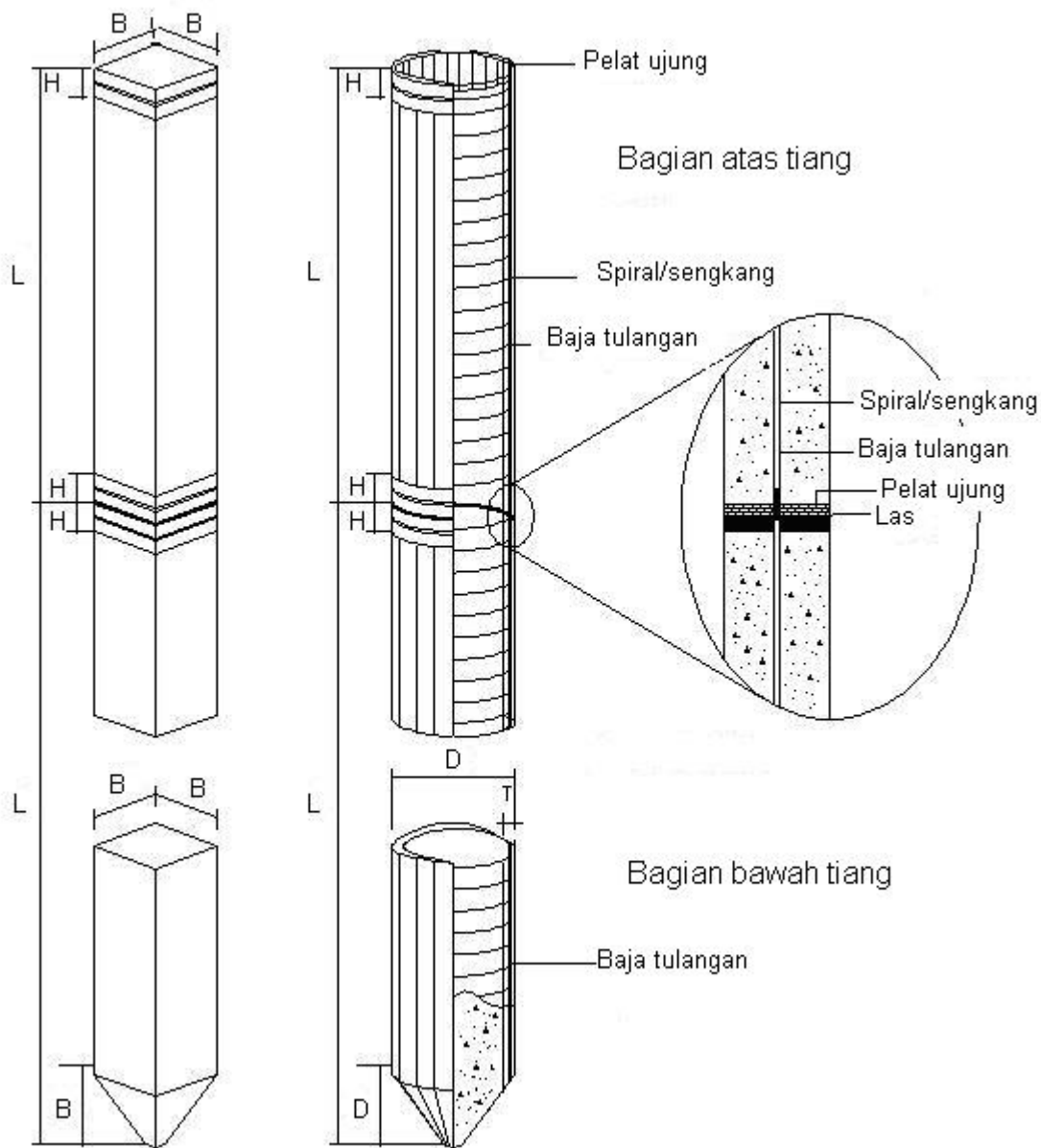
| D (mm) | T (mm) | H (mm) | a (mm) |
|--------|--------|--------|--------|
| 300    | 60     | 100    | 8      |
| 350    | 65     | 100    | 10     |
| 400    | 75     | 150    | 10     |
| 450    | 80     | 150    | 10     |
| 500    | 90     | 150    | 10     |
| 600    | 100    | 150    | 10     |

D adalah diameter tiang pancang (mm)  
 T adalah tebal selubung baja bundar (mm)  
 H adalah tinggi selubung baja bundar (mm)  
 a adalah tebal pengelasan (mm)

**Tabel 7 - Ukuran selubung baja persegi**

| B (mm) | T (mm) | H (mm) | a (mm) |
|--------|--------|--------|--------|
| 300    | 60     | 100    | 8      |
| 350    | 65     | 100    | 10     |
| 400    | 75     | 150    | 10     |

B adalah lebar tiang pancang (mm)  
T adalah tebal selubung baja persegi (mm)  
H adalah tinggi selubung baja persegi (mm)  
a adalah tebal pengelasan (mm)



**Gambar 5 – Konstruksi sambungan tiang pancang bundar dan persegi dengan las**

## 7.2 Pelaksanaan

### a) Persiapan penyambungan;

- 1) Selubung bagian atas dan bawah harus dibersihkan sebelum penyambungan dilakukan;
- 2) Tiang pancang atas harus terletak dalam satu garis lurus dan sentris dengan tiang pancang yang disambungannya;
- 3) Setelah selubung baja terpasang dengan baik kemudian tiang bagian kepala dan bagian bawah disatukan menggunakan las;
- 4) Sistem pengelasan dilakukan sesuai dengan ASTM A 514.

### b) Pelaksanaan di lapangan;

- 1) Permukaan baja yang akan dilas harus dibersihkan dari korosi dan lapisan cat dengan sikat kawat baja dan sikat bulu;
- 2) Untuk lapisan pertama digunakan kawat las berselaput hidrogen rendah (*low hidrogen*) dengan  $\varnothing$  3,25 mm, sedangkan untuk lapisan kedua dan selanjutnya digunakan kawat las berselaput hidrogen rendah  $\varnothing$  4 mm;
- 3) Pada setiap tahapan lapisan las, permukaan las harus dibersihkan dari terak dengan cara digerinda, dibersihkan dengan sikat kawat baja, dan dibersihkan dengan sikat bulu;
- 4) Pengelasan dengan posisi horizontal merupakan posisi yang sulit sehingga kawat las harus digerakan agak ke atas untuk menahan lelehnya cairan las ke bawah.

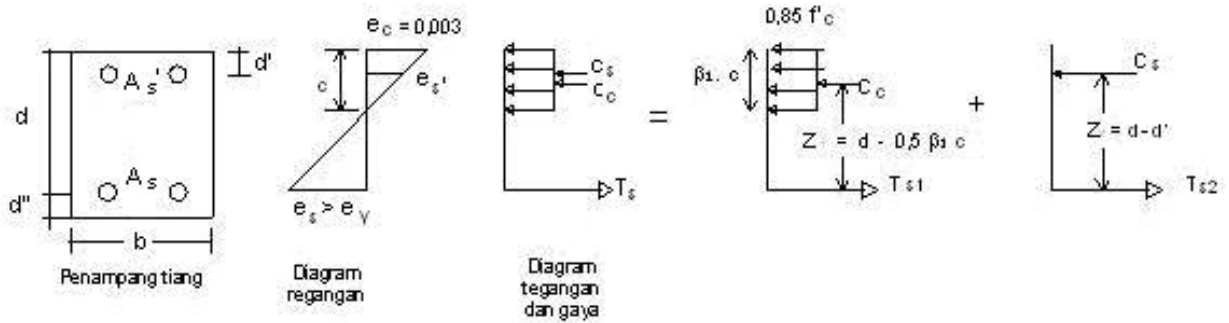
### c) Pemeriksaan visual.

Jenis pemeriksaan secara visual digunakan untuk mendeteksi cacat yang cukup besar di permukaan. Untuk cacat yang relatif kecil pemeriksaan visual dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu, misalnya kaca pembesar dan kadang-kadang memerlukan alat bantu lain, misalnya lampu untuk menyinari bagian-bagian yang akan diperiksa.

Pemeriksaan visual meliputi:

- 1) Las harus bebas dari cacat retak;
- 2) Permukaan las harus cukup halus;
- 3) Sambungan las harus terbebas dari kerak.

**Lampiran A**  
**(informatif)**  
**Perhitungan kapasitas lentur tiang pancang beton pracetak**  
**penampang persegi dengan kondisi batas ultimit**



Untuk ukuran tiang 30 cm x 30 cm = 300 mm x 300 mm dengan diameter tulangan penyambung = 25 mm dan jumlah tulangan = 4 buah.

Data tambahan yang digunakan dalam perhitungan ini :

$$d' = d'' = 75 \text{ mm} \rightarrow d = h - d'' = 300 \text{ mm} - 75 \text{ mm} = 225 \text{ mm}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan penyambung} = A_s = A_s' &= 2x \left( \frac{1}{4} x \pi x d^2 \right) = 2x \left( \frac{1}{4} x \pi x (25 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 981,748 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b = 0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot c \cdot 300 = 6502,5 c$$

Tulangan tekan belum leleh,  $\epsilon_s < \epsilon_y$

$$C_s = A_s' \cdot f_s' \rightarrow f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_s' = \frac{0,003(c - d')}{c}$$

$$\text{Jadi, } f_s' = \left( \frac{0,003(c - 75)}{c} \right) \cdot 2 \cdot 10^5 = \frac{600 \cdot c - 45000}{c} \dots \dots \dots \text{ (A.1)}$$

Masukkan persamaan (1) ke dalam rumus  $C_s$

$$C_s = A_s' \cdot f_s' = 981,748 \left( \frac{600c - 45.000}{c} \right) = \frac{589.048,8c - 44.178.660}{c} \dots \dots \dots \text{ (A.2)}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 981,748 \cdot 400 = 392.699,2 \text{ kN}$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$\Leftrightarrow 392.699,2 = 6502,5 c + \left( \frac{589.048,8 c - 440.178.660}{c} \right)$$

$$\Leftrightarrow 392.699,2 c = 6502,5 c^2 + 589.048,8 c - 440.178.660$$

$$\Leftrightarrow 6502,5 c^2 + 196.349,6 c - 440.178.660 = 0$$

Diperoleh nilai  $c_1 = 67,328 \text{ mm}$  dan  $c_2 = -97,524 \text{ mm} \rightarrow$  Nilai  $c$  yang memenuhi adalah  $67,328 \text{ mm}$ .

Karena nilai  $c < d'$  maka semua tulangan mengalami tarik (tidak ada tulangan tekan)

### Menentukan nilai $M_1$

$$M_1 = T_s \cdot Z_1 = T_s \cdot [d - (0,5 \cdot \beta_1 \cdot c)] = (6502,5 \cdot 67,328) \cdot [225 - 0,5 \cdot 0,85 \cdot 67,328]$$

$$M_1 = 77.120.468 \text{ N.mm}$$

### Menentukan nilai $M_2$

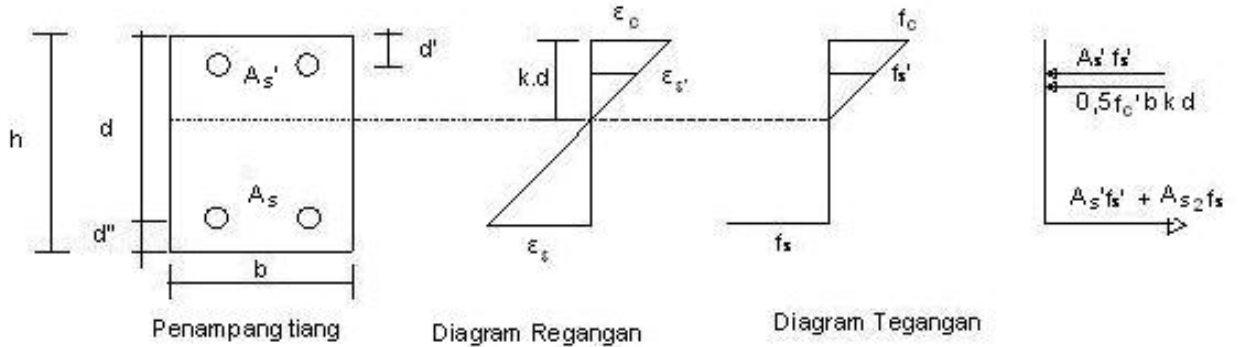
$$M_2 = C_s \cdot Z_2 = C_s \cdot [(0,5 \cdot \beta_1 \cdot c) - d']$$

$$M_2 = \frac{589.048,8 \cdot 67,328 - 44.178.660}{67,328} \cdot [0,5 \cdot 0,85 \cdot 67,328 - 75] = 3.113.489 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } M_n &= M_1 + M_2 = 77.120.468 \text{ N.mm} + 3.113.489 \text{ N.mm} = 80233957 \text{ N.mm} \\ &= 80,234 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Untuk keperluan praktis, kontribusi tulangan tekan dapat diabaikan.

**Lampiran B**  
**(informatif)**  
**Perhitungan kapasitas lentur tiang pancang beton pracetak**  
**penampang persegi dengan kondisi batas layan**



Untuk ukuran tiang 300 mm x 300 mm dengan diameter tulangan penyambung = 25 mm dan jumlah tulangan = 4 buah.

$$A_s = A_{s'} = 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 = 981,748 \text{ mm}^2$$

Nilai  $f_c$  diambil =  $0,40 f_c' = 0,40 \times 30 \text{ MPa} = 12,0 \text{ MPa}$

$f_s$  diambil =  $0,5 f_y = 0,5 \times 400 \text{ MPa} = 200 \text{ MPa}$

$$C_c = 0,5 \cdot f_c \cdot k \cdot d \cdot b = 0,5 \cdot 12 \cdot k \cdot 225 \cdot 300 = 405000 k$$

$$C_s = A_{s'} \cdot f_{s'} \rightarrow f_{s'} = \epsilon_{s'} \cdot E_s \dots\dots\dots (B.1)$$

$$E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} = 25743 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{f_c}{E_c} \frac{(kd - d')}{kd}$$

$$\text{Jadi, } f_{s'} = \frac{f_c}{E_c} \frac{(kd - d')}{kd} \cdot 2 \cdot 10^5 = \frac{0.418 \cdot (225k - 75)}{k} \dots\dots\dots (B.2)$$

Masukkan persamaan (1) dan persamaan (2) ke dalam rumus  $C_s$

$$C_s = A_{s'} \cdot f_{s'} = \frac{406,79(225k - 75)}{k} \dots\dots\dots (B.3)$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 981,748 \cdot 200 = 196.349,6 \text{ kN}$$

$$T_s = C_c + C_s \Leftrightarrow 196.349,6 = 405000 k + \frac{406,79(225k - 75)}{k}$$

$$\Leftrightarrow 405000 k^2 - 104821,85 k - 30509,25 = 0$$

Diperoleh nilai  $k_1 = 0,433$  dan  $k_2 = -0,174 \rightarrow$  Nilai  $k$  yang memenuhi adalah  $0,433$ .

### Menentukan nilai $M_1$

$$M_1 = C_c \cdot Z_1 = 405000 \text{ k} \cdot [d - 0,5k \cdot d/3] = 405000 \cdot 0,433 \cdot [225 - 0,5 \cdot 0,43285 \cdot 225/3]$$

$$M_1 = 33.752.422 \text{ N.mm}$$

### Menentukan nilai $M_2$

$$M_2 = C_s \cdot Z_2 = \frac{406,79(225k - 75)}{k} \cdot [d - d']$$

$$M_2 = \frac{406,79(225 \cdot 0,43285 - 75)}{0,43285} \cdot [225 - 75] = 3.156.476 \text{ N.mm}$$

### Menghitung nilai $M$

$$M = M_1 + M_2 = 33.752.422 \text{ N.mm} + 3.156.476 \text{ N.mm} = 36.908.898 \text{ N.mm} \\ = 36,91 \text{ kN.m}$$

Untuk keperluan praktis, kontribusi tulangan tekan dapat diabaikan.

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200.000}{4700 \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{200.000}{4700 \cdot \sqrt{30}} = 7,769 \approx 8$$

### Menghitung nilai Momen retak ( $M_{cr}$ )

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200.000}{4700 \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{200.000}{4700 \cdot \sqrt{30}} = 7,769 \approx 8$$

Tegangan ijin lentur tarik ( $f_{cf}$ )

$$f_{cf} = 0,6 \sqrt{f_c'} = 3,286 \text{ MPa}$$

Momen inersia penampang beton bertulang

$$I_{ek} = \frac{1}{12} \cdot 300^4 + 981,748(n-1)(75)^2 \cdot 2 = 752.312.655 \text{ mm}^4$$

Momen retak

$$M_{cr} = f_{cf} \cdot I_{ek} / y = 3,286 \cdot 752.312.655 / 150 = 16.480.662 \text{ Nmm} \\ = 16,48 \text{ kNm}$$

Keterangan:

$y$  adalah jarak serat terluar penampang



**Lampiran C  
(informatif)  
Perhitungan panjang sambungan tiang pancang beton pracetak  
penampang persegi**

Untuk menghitung panjang sambungan tiang pancang digunakan persamaan sebagai berikut:

$$l_d = \left[ \frac{3}{40} \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left( \frac{c + K_{tr}}{d_b} \right)} \right] db \dots\dots\dots (C.1)$$

Keterangan:

$\alpha$  adalah faktor lokasi penulangan

Tulangan horizontal ditempatkan lebih dari 12 inci dari beton segar yang dicor dibawah penambahan panjang atau sambungan = 1,3  
Penulangan lainnya = 1,0

$\beta$  adalah faktor selubung

Selubung batang epoksi atau tulangan dengan selimut kurang dari 3 db, atau jarak bersih kurang dari 6 db = 1,5  
Seluruh selubung batang epoksi atau tulangan = 1,2  
Penulangan tidak berselubung = 1,0

$\gamma$  adalah faktor ukuran tulangan

Diameter 19 mm dan batang lebih kecil dan kabel ulir = 0,8  
Diameter 22 mm dan batang lebih besar = 1,0

$\lambda$  adalah faktor beton agregat

$$\lambda = \frac{6,7}{f_{ct}} \leq 1 \dots\dots\dots (C.2)$$

c adalah jarak atau dimensi selimut (inci)

$K_{tr}$  adalah indeks tulangan melintang =  $\frac{A_{tr} \cdot f_{yt}}{1500 s \cdot n}$ .  $K_{tr} = 0$  dapat diizinkan dengan maksud

penyederhanaan meskipun ada penulangan transversal.

$f_{ct}$  adalah rata-rata tegangan tarik-belah beton dengan agregat ringan bila digunakan agregat normal, maka  $f_{ct} = 1,0$

$f_{gt}$  adalah tegangan leleh tulangan transversal (psi)

$A_{tr}$  adalah luas total tulangan transversal (in<sup>2</sup>)

c adalah tebal selimut beton (in)

$d_b$  adalah diameter batang atau tulangan (in)

n adalah jumlah tulangan

s adalah jarak maksimum dari titik berat ke titik berat tulangan transversal (in)

Contoh perhitungan untuk ukuran tiang (300 x 300) mm = (11,811 x 11,811) in

$$\alpha = 1,0$$

$$A_s = 490,874 \text{ mm}^2 = 0,761 \text{ in}^2 \quad \beta = 1,0$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} = 58015,080 \text{ psi} \quad \gamma = 1,0$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa} = 4351,131 \text{ psi} \quad \lambda = 1,0$$

dipakai diameter tulangan  $d_b = 25 \text{ mm} = 0,984 \text{ in}$

$c = 30 \text{ mm} = 1,181 \text{ in}$

$$\text{cek syarat : } \frac{c + K_{tr}}{d_b} = \frac{1,181 \text{ in} + 0}{0,984 \text{ in}} = 1,200 < 2,5 \dots\dots\dots \text{digunakan } 1,200$$

$$l_d = \left[ \frac{3}{40} \frac{58015,080}{\sqrt{4351,131}} \frac{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,200} \right] 0,984 = 54,090 \text{ in}$$

Untuk 4 tulangan,  $l_d = 13,53 \text{ in} (343,47 \text{ mm})$

Jadi, panjang sambungan tiang pancang yang diperlukan adalah  $343,47 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$ .

**Lampiran D  
(informatif)  
Deviasi teknis dan keterangan**

| <b>Hal</b>   | <b>Sebelum direvisi</b>           | <b>Sesudah direvisi</b>   |
|--|-----------------------------------|---|
| Jenis tiang pancang yang disambung                 | Beton bertulang pracetak persegi  | Beton bertulang pracetak dan beton prategang pracetak dengan penampang persegi dan bundar |
| Bahan sambungan                                    | Epoksi                            | Epoksi dan las  |
| Mutu beton dan baja                                | Hanya mencantumkan syarat minimal | Persyaratan mutu beton dan baja dinyatakan secara jelas                                   |
| Mutu epoksi  | Tidak diatur                      | Persyaratan mutu epoksi dinyatakan secara jelas   |
| Gambar sketsa penyambungan                         | Tidak ada                         | Terdapat sketsa sederhana penyambungan  |
| Perhitungan kapasitas lentur dan panjang sambungan | Tidak ada                         | Terdapat lampiran untuk perhitungan sederhana kapasitas lentur dan panjang sambungan      |

## Bibliografi

ACI 318-02, *Building code requirements for structural concrete.*

ASTM A 514, *Standard specification for high-yield-strength quenched and tempered alloy steel plate, suitable for welding.*

ASTM A 588/ A 588 M, *Standard specification for high-strength low-alloy structural steel, up to 50 ksi (345 MPa) minimum yield point, with atmospheric corrosion resistance.*

The seal is circular with a blue border. Inside the border, the text "MENTERI PEKERJAAN UMUM" is written at the top and "REPUBLIK INDONESIA" at the bottom, separated by two stars. In the center of the seal is the Garuda Pancasila, the national emblem of Indonesia.  
MENTERI PEKERJAAN UMUM,  
  
DJOKO KIRMANTO