



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA

**PENGAJAR**

**BerAKHLAK**  
Berorientasi Pelayanan Akuntabel Kompeten  
Harmonis Loyal Adaptif Kolaboratif

**PELATIHAN**  
**PENGAWASAN DAN PENGENDALIAN**  
**PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN**

**13 – 18 JULI 2023**

**PERSYARATAN DAN STANDAR STRUKTUR RUMAH SUSUN**  
**6. STANDAR DAN PERSYARATAN PELAKSANAAN Part 1**

DR.Ir. Hari Nugraha Nurjaman,MT



[www.iappi-Indonesia.org](http://www.iappi-Indonesia.org)



IAPPI Indonesia



@iappi\_indonesia



iappinesia

**PUPR**  
SIGAP MEMBANGUN NEGERI



# Daftar Isi

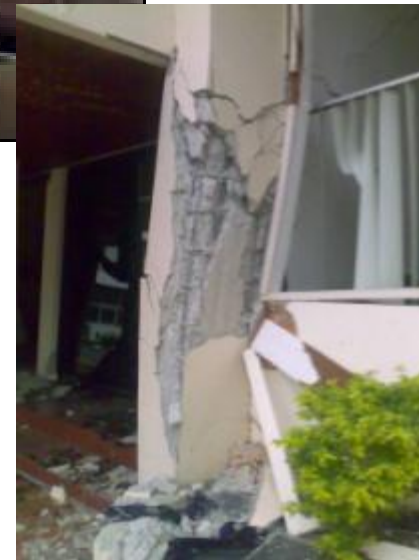
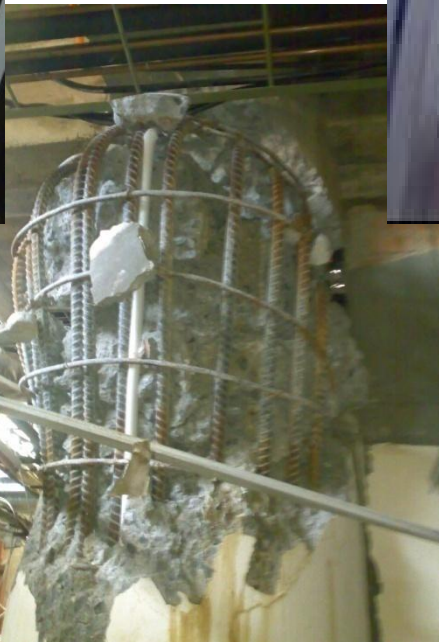
- Pendahuluan
- Pekerjaan Pembesian
- Pekerjaan Bekisting (Formwork)
- Beberapa contoh
- Penutup

# 01-Pendahuluan

- Kasus kegagalan konstruksi karena kegagalan pelaksanaan pembesian
- Kasus kegagalan konstruksi karena sistem perancah
- Proses desain sampai shopdrawing pelaksanaan
- Konstruksi berbasis industri manufaktur

# I. Pendahuluan

- Keruntuhan struktur karena tulangan terpasang tidak memenuhi persyaratan teknis

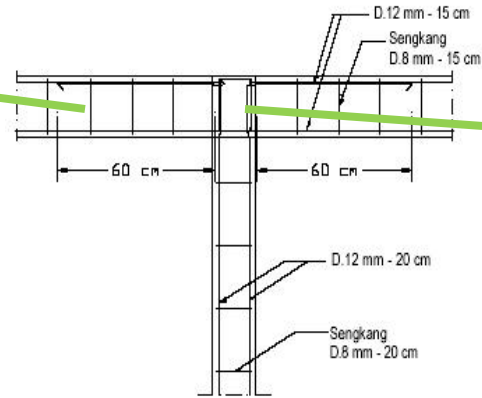


# I. Pendahuluan

- Keruntuhan struktur karena tulangan terpasang tidak memenuhi persyaratan teknis

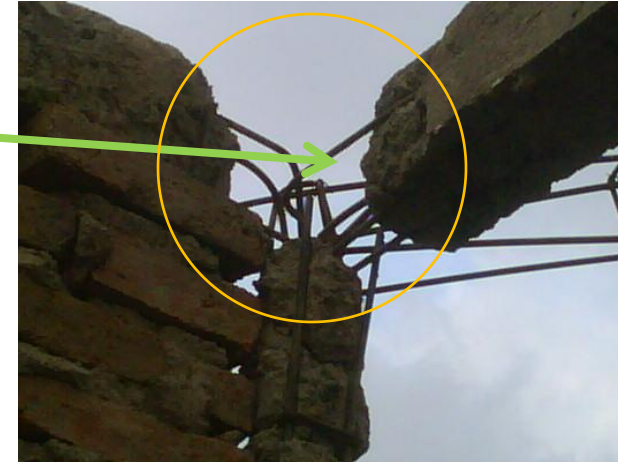


Tidak ada ring balok di sopi-sopi



DETAIL HUB. KOLOM BETON TENGAH DENGAN RING BALOK

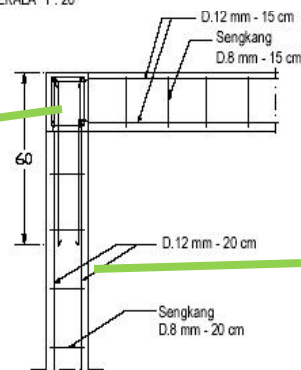
SEKALA 1 : 20



Sambungan tidak saling mengkait



Sambungan tidak saling mengkait



DETAIL HUB. KOLOM BETON SUDUT DENGAN RING BALOK

SEKALA 1 : 20



Dimensi tulangan kolom dan jarak sengkang tidak memenuhi syarat

# I. Pendahuluan

- Keruntuhan Konstruksi karena sistem bekisting formwork tidak memenuhi persyaratan

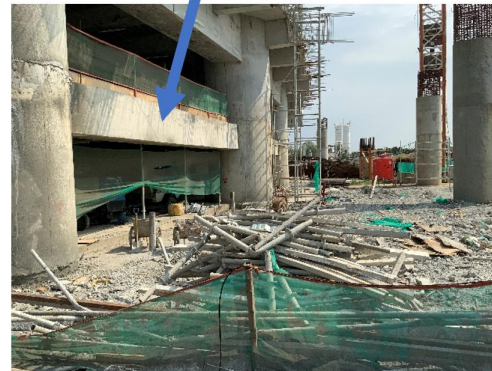
5. Pada kunjungan lapangan terlihat beberapa hal sebagai berikut :

- a. Komponen sistem perancah banyak yang tertekuk Balok yang ditopang ukurannya cukup besar dan dalam posisi pengecoran yang relatif tinggi.



- b. Sistem perancah yang sama diterapkan pada berbagai tempat di sekitar tempat yang mengalami keruntuhan :

- (i) Pada balok di ketinggian yang sama namun ukuran relatif kecil (tidak runtuh)  
(ii) Pada balok dengan ukuran yang sama, namun tinggi sistem penopang relatif pendek (tidak runtuh).



# I. PENDAHULUAN

- KONSTRUKSI ON SITE / INSITU (KONVENSIONAL)



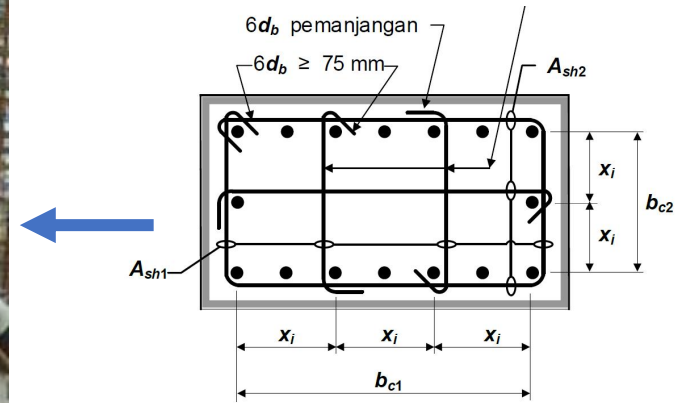
Contoh : Rusun 3 lantai total luas 2500 m<sup>2</sup>, dengan durasi kontrak 6 bulan.

$$\text{Kapabilitas} = \frac{2500 \text{ m}^2}{6 \text{ bulan} \times 25 \text{ hari/bulan}} = 17 \text{ m}^2/\text{hari}$$

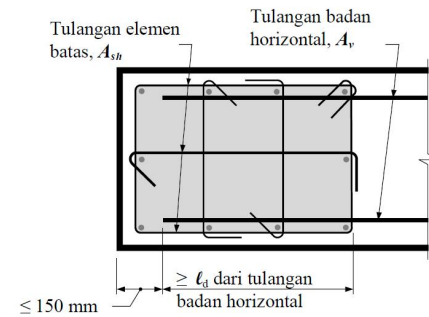
- Konstruksi Konvensional dengan kemajuan zaman saat ini sudah mulai ditinggalkan, karena memiliki kekurangan dari aspek :
1. Mutu yang tidak 'Konsisten' akibat faktor cuaca dan pengerjaan on site.
  2. Limbah / Waste Konstruksi yang banyak
  3. Site Konstruksi Lebih Kotor
  4. Waktu Pengerjaan lebih lama

# I. PENDAHULUAN

Code saat ini mensyaratkan struktur 'khusus' yang pelaksanaannya membutuhkan detail yang lebih rumit, sehingga lebih sulit dilaksanakan, dan perlu pengawasan yang lebih ketat -> beresiko yang dilaksanakan tidak sesuai perencanaan yang sudah baik



Dimensi  $x_i$  antara sumbu-sumbu penampang tulangan longitudinal yang ditopang secara lateral tidak melebihi 350 mm. Nilai  $h_x$  dalam Pers. (18.7.5.3) diambil sebagai nilai terbesar dari  $x_i$ .



(b)

Pilihan dengan penyaluran lurus tulangan





# I. PENDAHULUAN

- KONSTRUKSI OFF SITE (PRECAST)



## Konstruksi Offsite Precast:

Produksi komponen konstruksi pracetak tidak dicor ditempat (Cast Insitu) melainkan di pabrik khusus produksi (Offsite) atau bisa juga Pracetak On Site. Kontrol mutu terjamin, pelaksanaan cepat, biaya ekonomis



# RUSUN WISMA ATLIT KEMAYORAN



10 blok rumah susun tingkat tinggi 18 – 32 lantai diselesaikan dalam waktu 17 bulan

# 03-Pekerjaan Pembesian

- Regulasi
- Standar drawing
- Shopdrawing

# III. PEKERJAAN PEMBESIAN

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

SNI 2052:2017

**Baja tulangan beton**

ICS 77.140.15

Badan Standardisasi Nasional



"Hak cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk Komite Teknis 77-01, Logam, baja dan produk baja dan tidak untuk dikomersialkan"

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

SNI 2847:2019

**Persyaratan beton struktural untuk bangunan  
gedung dan penjelasan**

(ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD)

ICS 91.080.40



**BADAN  
STANDARDISASI  
NASIONAL**

"Hak cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk Sub-Kit 91-01-S4 Bahan, Sain, Struktur & Konstruksi Bangunan, dan tidak untuk dikomersialkan"

# UKURAN BAJA TULANGAN

**SNI**  
**2052:2017**

Tabel 2 - Ukuran baja tulangan beton polos

| No | Penamaan | Diameter nominal (d) | Luas penampang nominal (A) | Berat nominal per meter* |
|----|----------|----------------------|----------------------------|--------------------------|
|    |          | mm                   | mm <sup>2</sup>            | kg/m                     |
| 1  | P 6      | 6                    | 28                         | 0,222                    |
| 2  | P 8      | 8                    | 50                         | 0,395                    |
| 3  | P 10     | 10                   | 79                         | 0,617                    |
| 4  | P 12     | 12                   | 113                        | 0,888                    |
| 5  | P 14     | 14                   | 154                        | 1,208                    |
| 6  | P 16     | 16                   | 201                        | 1,578                    |
| 7  | P 19     | 19                   | 284                        | 2,226                    |
| 8  | P 22     | 22                   | 380                        | 2,984                    |
| 9  | P 25     | 25                   | 491                        | 3,853                    |
| 10 | P 28     | 28                   | 616                        | 4,834                    |
| 11 | P 32     | 32                   | 804                        | 6,313                    |
| 12 | P 36     | 36                   | 1018                       | 7,990                    |
| 13 | P 40     | 40                   | 1257                       | 9,865                    |
| 14 | P 50     | 50                   | 1964                       | 15,413                   |

**CATATAN:**

- \*sebagai referensi
- Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran adalah sebagai berikut:
  - a) Luas penampang nominal (A)
 
$$A = 0,7854 \times d^2 \quad (\text{mm}^2)$$
 d = diameter nominal (mm)
  - b) Berat nominal =  $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100}$  (kg/m)

Tabel 3 - Ukuran baja tulangan beton sirip/ulir

| No | Penamaan | Dia-<br>meter<br>nominal<br>(d)<br><br>mm | Luas penam-<br>pang nominal<br>(A)<br><br>mm <sup>2</sup> | Tinggi sirip<br>(H) |      | Jarak sirip<br>melintang<br>(P)<br>Maks<br><br>mm | Lebar sirip<br>membujur<br>(T)<br>Maks<br><br>mm | Berat<br>nominal per<br>meter<br><br>kg/m |
|----|----------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|    |          |                                           |                                                           | min                 | maks |                                                   |                                                  |                                           |
| 1  | S 6      | 6                                         | 28                                                        | 0,3                 | 0,6  | 4,2                                               | 4,7                                              | 0,222                                     |
| 2  | S 8      | 8                                         | 50                                                        | 0,4                 | 0,8  | 5,6                                               | 6,3                                              | 0,395                                     |
| 3  | S 10     | 10                                        | 79                                                        | 0,5                 | 1,0  | 7,0                                               | 7,9                                              | 0,617                                     |
| 4  | S 13     | 13                                        | 133                                                       | 0,7                 | 1,3  | 9,1                                               | 10,2                                             | 1,042                                     |
| 5  | S 16     | 16                                        | 201                                                       | 0,8                 | 1,6  | 11,2                                              | 12,6                                             | 1,578                                     |
| 6  | S 19     | 19                                        | 284                                                       | 1,0                 | 1,9  | 13,3                                              | 14,9                                             | 2,226                                     |
| 7  | S 22     | 22                                        | 380                                                       | 1,1                 | 2,2  | 15,4                                              | 17,3                                             | 2,984                                     |
| 8  | S 25     | 25                                        | 491                                                       | 1,3                 | 2,5  | 17,5                                              | 19,7                                             | 3,853                                     |
| 9  | S 29     | 29                                        | 661                                                       | 1,5                 | 2,9  | 20,3                                              | 22,8                                             | 5,185                                     |
| 10 | S 32     | 32                                        | 804                                                       | 1,6                 | 3,2  | 22,4                                              | 25,1                                             | 6,313                                     |
| 11 | S 36     | 36                                        | 1018                                                      | 1,8                 | 3,6  | 25,2                                              | 28,3                                             | 7,990                                     |
| 12 | S 40     | 40                                        | 1257                                                      | 2,0                 | 4,0  | 28,0                                              | 31,4                                             | 9,865                                     |
| 13 | S 50     | 50                                        | 1964                                                      | 2,5                 | 5,0  | 35,0                                              | 39,3                                             | 15,413                                    |
| 14 | S 54     | 54                                        | 2290                                                      | 2,7                 | 5,4  | 37,8                                              | 42,3                                             | 17,978                                    |
| 15 | S 57     | 57                                        | 2552                                                      | 2,9                 | 5,7  | 39,9                                              | 44,6                                             | 20,031                                    |

**CATATAN:**

1. Diameter nominal hanya dipergunakan untuk perhitungan parameter nominal lainnya dan tidak perlu diukur
2. Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sirip/ulir adalah sebagai berikut:
  - a) Luas penampang nominal (A)
 
$$A = 0,7854 \times d^2 \quad (\text{mm}^2)$$
 d = diameter nominal (mm)
  - b) Berat nominal =  $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100} \times 0,7$  (kg/m)
  - c) Jarak sirip melintang maksimum = 0,70 d
  - d) Tinggi sirip minimum = 0,05 d  
Tinggi sirip maksimum = 0,10 d
  - e) Jumlah 2 (dua) sirip membujur maksimum = 0,25 K  
Keliling nominal (K)  
K = 0,3142 x d (mm)

# TOLERANSI DIAMETER TULANGAN

SNI  
2052:2017

Tabel 4 - Ukuran dan toleransi diameter BjTP

| No | Diameter (d)        | Toleransi (t) | Penyimpangan kebundaran maks (p) |
|----|---------------------|---------------|----------------------------------|
|    | mm                  | mm            | mm                               |
| 1  | 6                   | $\pm 0,3$     | 0,42                             |
| 2  | $8 \leq d \leq 14$  | $\pm 0,4$     | 0,56                             |
| 3  | $16 \leq d \leq 25$ | $\pm 0,5$     | 0,70                             |
| 4  | $28 \leq d \leq 34$ | $\pm 0,6$     | 0,84                             |
| 5  | $d \geq 36$         | $\pm 0,8$     | 1,12                             |

**CATATAN:**

1. Penyimpangan kebundaran maksimum dengan rumus:  
$$p = (d_{\text{maks}} - d_{\text{min}}) \leq (2t \times 70\%)$$
2. Toleransi untuk baja tulangan beton polos =  $d - d_{\text{aktual}}$

# TOLERANSI DIAMETER TULANGAN

SNI  
2052:2017

Tabel 5 - Toleransi berat per batang BjTS

| Diameter nominal (mm) | Toleransi (%) |
|-----------------------|---------------|
| $6 \leq d \leq 8$     | $\pm 7$       |
| $10 \leq d \leq 14$   | $\pm 6$       |
| $16 \leq d \leq 29$   | $\pm 5$       |
| $d > 29$              | $\pm 4$       |

**CATATAN:**  
Toleransi berat untuk baja tulangan beton sirip =  $\frac{\text{berat}_{\text{nominal}} - \text{berat}_{\text{aktual}}}{\text{berat}_{\text{nominal}}} \times 100\%$

# PANJANG PENYALURAN TULANGAN – TANPA KAIT

Tabel 25.4.2.4 – Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tarik

| Faktor modifikasi          | Kondisi                                                                                                                                  | Faktor                 |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Beton ringan $\lambda$     | Beton ringan                                                                                                                             | 0,75                   |
|                            | Beton ringan, bila $f_{cr}$ ditentukan                                                                                                   | Sesuai dengan 19.2.4.3 |
|                            | Beton normal                                                                                                                             | 1,0                    |
| Epoksi $\Psi_e$            | Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi dengan selimut bersih kurang dari $3d_b$ atau spasi kurang dari $6d_b$ | 1,5                    |
|                            | Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi dengan kondisi lainnya                                                 | 1,2                    |
|                            | Tulangan tanpa pelapis atau pelapis seng (galvanis)                                                                                      | 1,0                    |
| Ukuran $\Psi_s$            | Batang D22 dan yang lebih besar                                                                                                          | 1,0                    |
|                            | Batang D19 dan yang lebih kecil dan kawat ulir                                                                                           | 0,8                    |
| Posisi pengecoran $\Psi_t$ | Lebih dari 30 mm beton segar diletakkan di bawah tulangan horizontal                                                                     | 1,3                    |
|                            | lainnya                                                                                                                                  | 1,0                    |

<sup>1)</sup> Hasil dari  $\Psi_t, \Psi_e$  tidak boleh melebihi 1,7

Tabel 25.4.2.2 – Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tarik

| Spasi dan selimut                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Batang D19 dan yang lebih kecil dan kawat ulir                       | Batang D22 dan yang lebih besar                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Spasi bersih batang atau kawat yang disalurkan atau disambung lewatkan tidak kurang dari $d_b$ , selimut beton paling sedikit $d_b$ , dan sengkang atau sengkang ikat sepanjang $\ell_d$ tidak kurang dari standar minimum atau spasi bersih batang atau kawat yang disalurkan atau disambung lewatkan paling sedikit $2d_b$ dan selimut beton paling sedikit $d_b$ | $\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$ | $\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$ |
| Kasus-kasus lainnya                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,4\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$ | $\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$ |

25.4.2.1 Panjang penyaluran  $\ell_d$  untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tarik harus yang terbesar dari a) dan b):

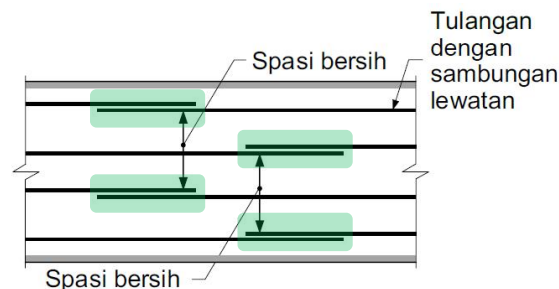
- a) Panjang yang dihitung sesuai dengan 25.4.2.2 atau 25.4.2.3 dengan menggunakan faktor modifikasi yang berlaku pada 25.4.2.4
- b) 300 mm

$$\ell_d = \left[ \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right] d_b \quad (25.4.2.3a)$$

Dimana nilai  $(c_b + K_{tr})/d_b$  tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan

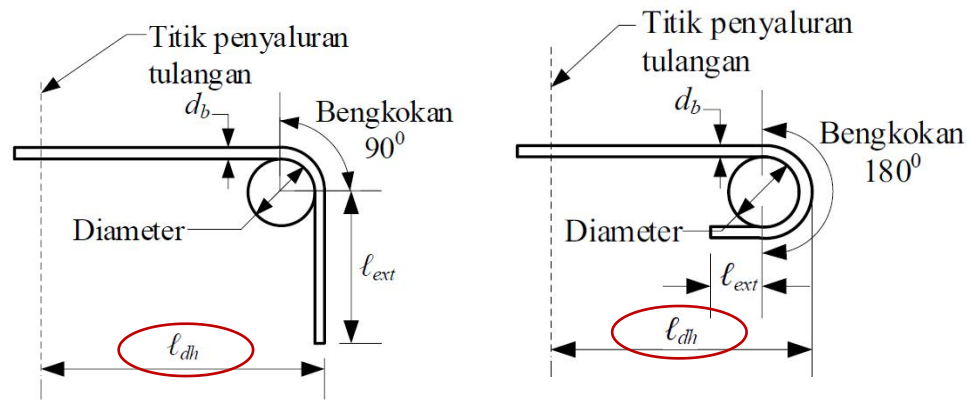
$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn} \quad (25.4.2.3b)$$

Dimana  $n$  adalah jumlah batang atau kawat yang disalurkan atau disambung lewatkan di sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan  $K_{tr} = 0$  sebagai penyederhanaan desain walaupun terdapat tulangan transversal.





# PANJANG PENYALURAN TULANGAN – DENGAN KAIT



**25.4.3.1** Panjang penyaluran tarik  $l_{dh}$  batang ulir yang diakhiri dengan suatu kait standar harus diambil terbesar dari a) hingga c):

- a)  $\left( \frac{0,24 f_y \Psi_e \Psi_c \Psi_r}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$  dengan  $\Psi_e \Psi_c \Psi_r$  dan  $\lambda$  diberikan pada 25.4.3.2
- b)  $8d_b$
- c) 150 mm

**Tabel 25.4.3.2 – Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran batang dengan kait dalam kondisi Tarik**

| Faktor Modifikasi     | Kondisi                                                                                                                                                                                                         | Nilai faktor |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Bobot beton $\lambda$ | Beton ringan                                                                                                                                                                                                    | 0,75         |
|                       | Beton normal                                                                                                                                                                                                    | 1,0          |
| Epoksi $\Psi_e$       | Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi                                                                                                                                               | 1,2          |
|                       | Tulangan tanpa pelapis atau pelapis seng (galvanis)                                                                                                                                                             | 1,0          |
| Selimut $\Psi_c$      | Untuk batang D36 dan yang lebih kecil dengan tebal selimut samping (normal terhadap bidang kait) $\geq 65$ mm dan untuk kait 90 derajat dengan tebal selimut pada perpanjangan batang di luar kait $\geq 50$ mm | 0,7          |
|                       | Lainnya                                                                                                                                                                                                         | 1,0          |

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tulangan pengeang $\Psi_r$ | Untuk kait 90 derajat batang D36 dan yang lebih kecil<br>1. dilingkupi sepanjang $l_{dh}$ sengkang ikat atau sengkang <sup>[1]</sup> yang tegak lurus terhadap $l_{dh}$ pada $s \leq 3d_b$ , atau<br>2. dilingkupi sepanjang perpanjangan tulangan melewati kait termasuk bengkokan dengan sengkang ikat atau sengkang <sup>[1]</sup> yang tegak lurus terhadap $l_{ext}$ pada $s \leq 3d_b$ | 0,8 |
|                            | Untuk kait 180 derajat D36 dan yang lebih kecil dilingkupi sepanjang $l_{dh}$ dengan sengkang ikat atau sengkang <sup>[1]</sup> yang tegak lurus terhadap $l_{dh}$ pada $s \leq 3d_b$                                                                                                                                                                                                        |     |
|                            | Lainnya                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,0 |

# SYARAT PENERIMAAN BAJA TULANGAN

Berdasarkan SNI Pasal 26.6.1.2 SNI 2847:2019

- **Mill certificate** untuk masing-masing lot produksi baja tulangan yang digunakan harus disediakan
- **Baja tulangan dengan karat (rust) atau lapisan oksida besi dipermukaan** masih dapat dianggap memadai untuk digunakan bilamana masih memenuhi ketentuan ASTM terkait dimensi dan berat persatuan panjang saat diukur setelah karat dibersihkan.

# SYARAT PENERIMAAN BAJA TULANGAN

Berdasarkan ASTM A615 / A706:

- Harus disediakan minimal satu uji tarik dan satu uji lengkung untuk setiap ukuran diameter baja yang diperoleh dari masing-masing lot produksi yang sama
- Harus dilakukan minimal satu set uji geometri (termasuk ukuran dan spasi ulir), berat per satuan panjang, untuk setiap ukuran diameter baja yang diperoleh dari masing-masing lot produksi yang sama

# PERSYARATAN MATERIAL BAJA TULANGAN

Tabel 20.2.2.4a – Tulangan ulir nonprategang

| Penggunaan                                                    | Aplikasi                                    | $f_y$ atau $f_{yr}$ maks. yang diizinkan untuk perhitungan desain, (MPa) | Spesifikasi ASTM yang sesuai       |                 |                                               |                        |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|------------------------|
|                                                               |                                             |                                                                          | Batang ulir                        | Kawat ulir      | Kawat yang dilas                              | Batang ulir yang dilas |
| Lentur, gaya aksial, dan susut dan suhu                       | Sistem seismik khusus                       | 420                                                                      | Mengacu pada 20.2.2.5              | Tidak diizinkan | Tidak diizinkan                               | Tidak diizinkan        |
|                                                               | lainnya                                     | 550                                                                      | A615M, A706M, A955M, A996M         | A1064M, A1022M  | A1064M, A1022M                                | A184M <sup>(1)</sup>   |
| Kekangan lateral dari batang longitudinal atau kekangan beton | Sistem seismik khusus                       | 700                                                                      | A615M, A706M, A955M, A996M, A1035M | A1064M, A1022M  | A1064M <sup>(2)</sup> , A1022M <sup>(2)</sup> | Tidak diizinkan        |
|                                                               | Spiral                                      | 700                                                                      | A615M, A706M, A955M, A996M, A1035M | A1064M, A1022M  | Tidak diizinkan                               | Tidak diizinkan        |
|                                                               | Lainnya                                     | 550                                                                      | A615M, A706M, A955M, A996M         | A1064M, A1022M  | A1064M, A1022M                                | Tidak diizinkan        |
| Geser                                                         | Sistem seismik khusus                       | 420                                                                      | A615M, A706M, A955M, A996M         | A1064M, A1022M  | A1064M <sup>(2)</sup> , A1022M <sup>(2)</sup> | Tidak diizinkan        |
|                                                               | Spiral                                      | 420                                                                      | A615M, A706M, A955M, A996M         | A1064M, A1022M  | Tidak diizinkan                               | Tidak diizinkan        |
|                                                               | geser friksi                                | 420                                                                      | A615M, A706M, A955M, A996M         | A1064M, A1022M  | A1064M, A1022M                                | Tidak diizinkan        |
|                                                               | senggang, senggang ikat, senggang pengegang | 420                                                                      | A615M, A706M, A955M, A996M         | A1064M, A1022M  | A1064M, A1022M<br>Kawat las polos             | Tidak diizinkan        |
|                                                               |                                             | 550                                                                      | Tidak diizinkan                    | Tidak diizinkan | A1064M, A1022M<br>Kawat las ulir              | Tidak diizinkan        |
| Torsi                                                         | Longitudinal dan transversal                | 420                                                                      | A615M, A706M, A955M, A996M         | A1064M, A1022M  | A1064M, A1022M                                | Tidak diizinkan        |

## 20.2 - Batang dan kawat nonprategang

### 20.2.1 Properti material

**20.2.1.1** Tulangan dan kawat nonprategang harus berulir, kecuali untuk batang atau kawat polos diperbolehkan digunakan sebagai tulangan spiral.

**20.2.1.2** Kekuatan leleh tulangan dan kawat nonprategang harus ditentukan dengan mengikuti a) atau b):

- Metode *offset*, dengan menggunakan *offset* sebesar 0,2 persen sesuai **ASTM A370**
- Titik leleh dengan menggunakan metode penghentian gaya (*halt of force*), dengan catatan tulangan atau kawat nonprategang memiliki titik leleh yang jelas.

Tabel 20.2.2.4b – Tulangan spiral polos nonprategang

| Penggunaan                                                     | Aplikasi                         | $f_y$ atau $f_{yr}$ maks. yang diizinkan untuk perhitungan desain, (MPa) | Spesifikasi ASTM yang sesuai |                |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|
|                                                                |                                  |                                                                          | Batang polos                 | Kawat polos    |
| Kekangan lateral dari batang longitudinal; atau kekangan beton | Spiral pada sistem gempap khusus | 700                                                                      | A615M, A706M, A955M, A1035M  | A1064M, A1022M |
|                                                                | Spiral                           | 700                                                                      | A615M, A706M, A955M, A1035M  | A1064M, A1022M |
| Geser                                                          | Spiral                           | 420                                                                      | A615M, A706M, A955M, A1035M  | A1064M, A1022M |
| Torsi pada balok nonprategang                                  | Spiral                           | 420                                                                      | A615M, A706M, A955M, A1035M  | A1064M, A1022M |

# Persyaratan material baja tulangan

Persyaratan material baja tulangan untuk SRPMK dan SDSK (Pasal 20.2.2.5):

- a) **ASTM A706M**, Mutu 420
- b) **ASTM A615M**, Tulangan Mutu 280 bila 1) dan 3) dipenuhi dan ASTM A615M tulangan Mutu 420 bila 1) hingga 3) terpenuhi.
  - 1) Kekuatan leleh aktual berdasarkan tes pabrik tidak melebihi nilai  $f_y$  lebih dari 125 MPa
  - 2) Rasio dari kekuatan tarik aktual terhadap kekuatan leleh setidaknya tidaknya sebesar 1,25
  - 3) Perpanjangan minimum pada 200 mm harus bernilai sekurang-kurangnya 14 persen untuk batang dengan tulangan D10 sampai dengan D19, sekurang-kurangnya 12 persen untuk tulangan dengan ukuran D22 hingga D36 dan sekurang-kurangnya 10 persen untuk tulangan dengan ukuran D43 dan D57.

Spesifikasi **BjTS 420B** dalam SNI 2052:2017 memenuhi ketiga persyaratan pada 20.2.2.5.b)

$f_y \text{ max}=545$

$TS/YS \geq 1,25$

$\epsilon_s$  minimum  
 14% untuk D10-D19  
 12% untuk D22-D36  
 10% untuk D43-D57

**SNI 2052:2017**

| Kelas baja tulangan | Uji tarik             |                 |                                  | Uji lengkung   |                                       | Rasio TS/YS (Hasil Uji) |
|---------------------|-----------------------|-----------------|----------------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------|
|                     | Kuat luluh/leleh (YS) | kuat tarik (TS) | Regangan dalam 200 mm, Min.      | sudut lengkung | diameter pelengkung                   |                         |
|                     | MPa                   | MPa             | %                                |                | mm                                    |                         |
| BjTP 280            | Min. 280<br>Maks. 405 | Min. 350        | 11 (d ≤ 10 mm)<br>12 (d ≥ 12 mm) | 180°<br>180°   | 3,5d (d ≤ 16 mm)<br>5d (d ≥ 19 mm)    | -                       |
| BjTS 280            | Min. 280<br>Maks. 405 | Min. 350        | 11 (d ≤ 10 mm)<br>12 (d ≥ 13 mm) | 180°<br>180°   | 3,5d (d ≤ 16 mm)<br>5d (d ≥ 19 mm)    | Min. 1,25               |
| BjTS 420A           | Min. 420<br>Maks. 545 | Min. 525        | 9 (d ≤ 19 mm)                    | 180°           | 3,5d (d ≤ 16 mm)                      | Min. 1,25               |
|                     |                       |                 | 8 (22 ≤ d ≤ 25 mm)               | 180°           | 5d (19 ≤ d ≤ 25 mm)                   |                         |
|                     |                       |                 | 7 (d ≥ 29 mm)                    | 180°<br>90°    | 7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)<br>9d (d > 36 mm) |                         |
| BjTS 420B           | Min. 420<br>Maks. 545 | Min. 525        | 14 (d ≤ 19 mm)                   | 180°           | 3,5d (d ≤ 16 mm)                      | Min. 1,25               |
|                     |                       |                 | 12 (22 ≤ d ≤ 36 mm)              | 180°           | 5d (19 ≤ d ≤ 25 mm)                   |                         |
|                     |                       |                 | 10 (d > 36 mm)                   | 180°<br>90°    | 7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)<br>9d (d > 36 mm) |                         |
| BjTS 520            | Min. 520<br>Maks. 645 | Min. 650        | 7 (d ≤ 25 mm)                    | 180°           | 5d (d ≤ 25 mm)                        | Min. 1,25               |
|                     |                       |                 | 6 (d ≥ 29 mm)                    | 180°<br>90°    | 7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)<br>9d (d > 36 mm) |                         |
|                     |                       |                 |                                  |                |                                       |                         |
| BjTS 550            | Min. 550<br>Maks. 675 | Min. 687,5      | 7 (d ≤ 25 mm)                    | 180°           | 5d (d ≤ 25 mm)                        | Min. 1,25               |
|                     |                       |                 | 6 (d ≥ 29 mm)                    | 180°<br>90°    | 7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)<br>9d (d > 36 mm) |                         |
|                     |                       |                 |                                  |                |                                       |                         |
| BjTS 700            | Min. 700<br>Maks. 825 | Min. 805        | 7 (d ≤ 25 mm)                    | 180°           | 5d (d ≤ 25 mm)                        | Min. 1,15               |
|                     |                       |                 | 6 (d ≥ 29 mm)                    | 180°<br>90°    | 7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)<br>9d (d > 36 mm) |                         |
|                     |                       |                 |                                  |                |                                       |                         |

# PANJANG PENYALURAN DENGAN KAIT & BENGKOKAN

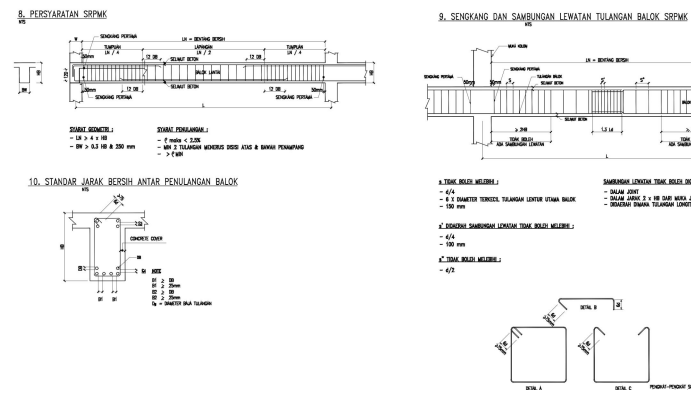
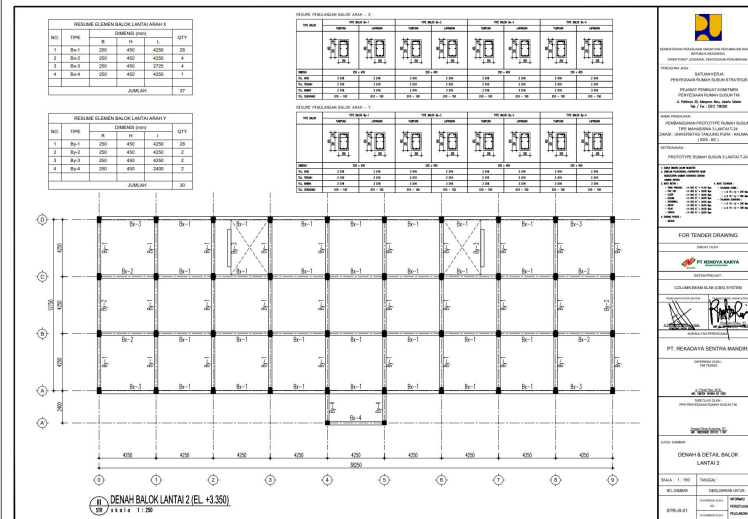
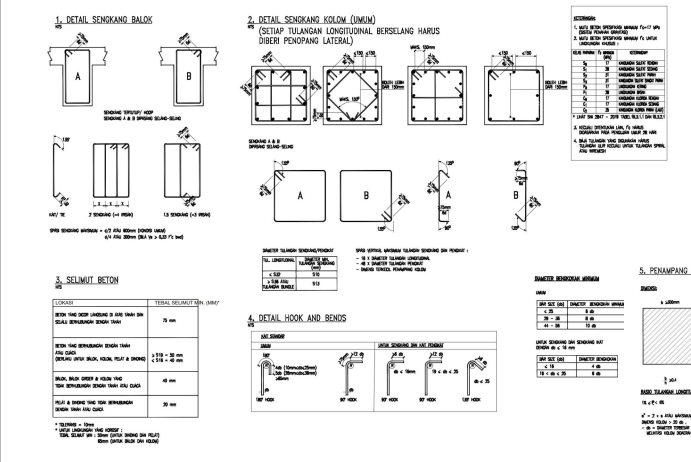
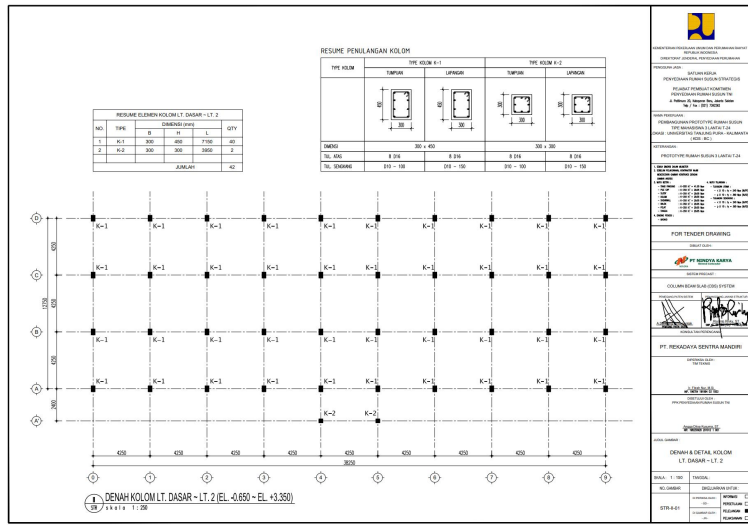
**Tabel 25.3.1 – Geometri kait standar untuk penyaluran batang ulir pada kondisi Tarik**

| Tipe kait standar | Ukuran batang   | Diameter sisi dalam bengkokan minimum | Perpanjangan lurus <sup>[1]</sup> $\ell_{ext}$ , mm | Tipe kait standar |
|-------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------|
| Kait 90 derajat   | D10 hingga D 25 | $6d_b$                                | $12d_b$                                             |                   |
|                   | D29 hingga D 36 | $8d_b$                                |                                                     |                   |
|                   | D43 hingga D57  | $10d_b$                               |                                                     |                   |
| Kait 180 derajat  | D10 hingga D25  | $6d_b$                                | terbesar dari $4d_b$ dan 65 mm                      |                   |
|                   | D29 hingga D36  | $8d_b$                                |                                                     |                   |
|                   | D43 hingga D57  | $10d_b$                               |                                                     |                   |

**Tabel 25.3.2 – Diameter sisi dalam bengkokan minimum dan geometri kait standar untuk sengkang, ikat silang, dan sengkang pengekrang**

| Tipe Kait standar | Ukuran batang  | Diameter sisi dalam bengkokan minimum | Perpanjangan lurus <sup>[1]</sup> $\ell_{ext}$ , mm | Tipe kait standar |
|-------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------|
| Kait 90 derajat   | D10 hingga D16 | $4d_b$                                | Terbesar dari $6d_b$ dan 75 mm                      |                   |
|                   | D19 hingga D25 | $6d_b$                                | $12d_b$                                             |                   |
| Kait 135 derajat  | D10 hingga D16 | $4d_b$                                | Terbesar dari $6d_b$ dan 75 mm                      |                   |
|                   | D19 hingga D25 | $6d_b$                                |                                                     |                   |
| Kait 180 derajat  | D10 hingga D16 | $4d_b$                                | Terbesar dari $4d_b$ dan 65 mm                      |                   |
|                   | D19 hingga D25 | $6d_b$                                |                                                     |                   |

# Standar Detail Drawing



Gambar Skematik Desain

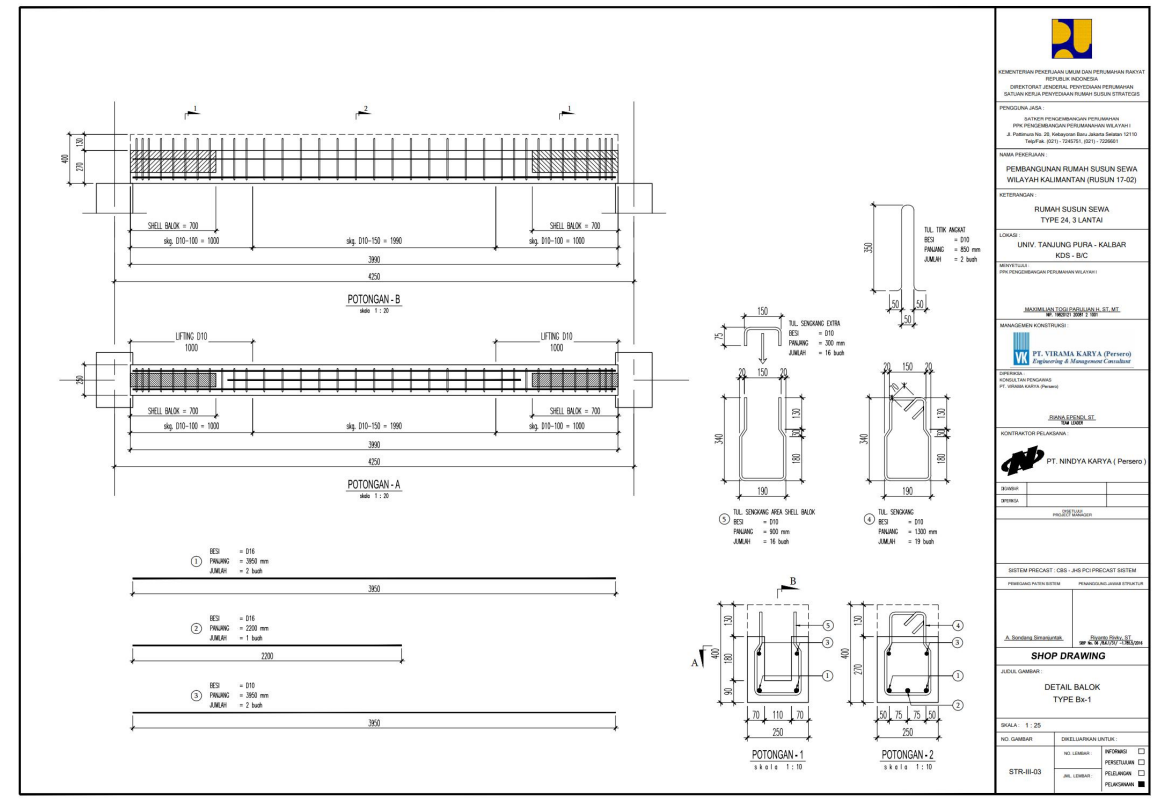
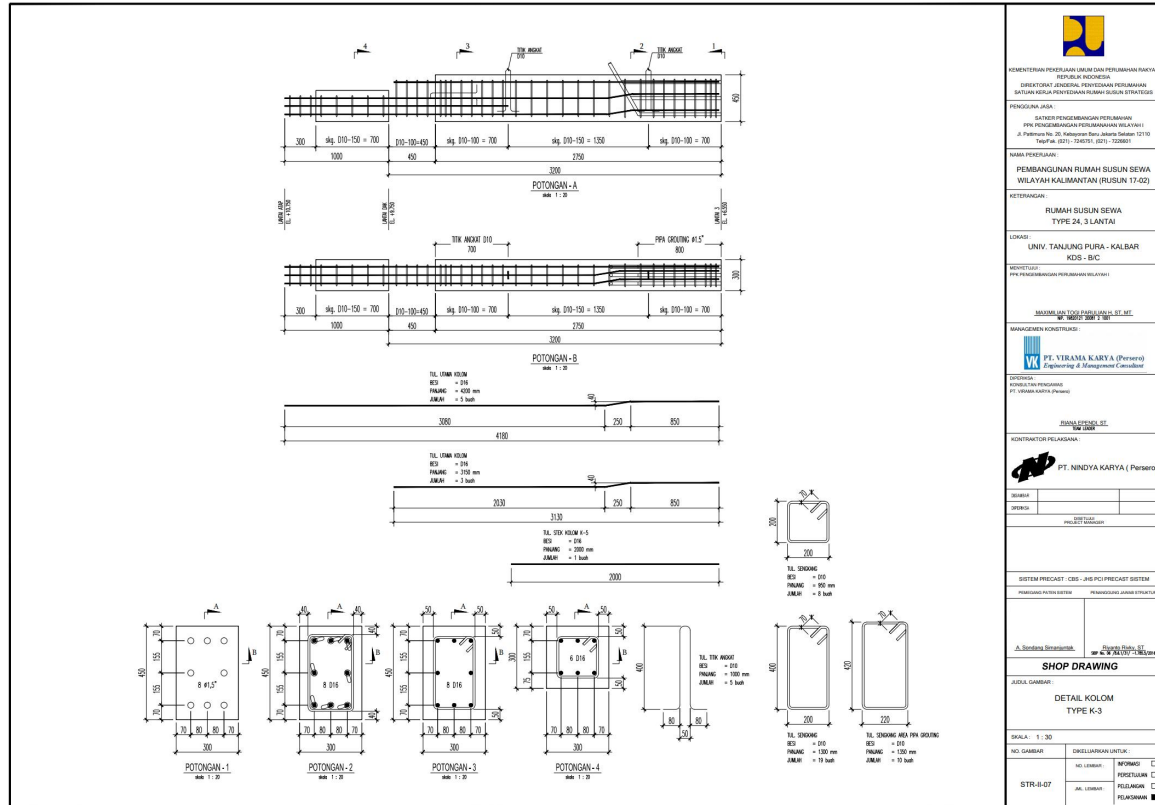
+

Standard Detail Drawing



Shopdrawing

# Shop Drawing



Digunakan pelaksana di lapangan untuk pekerjaan pembesian

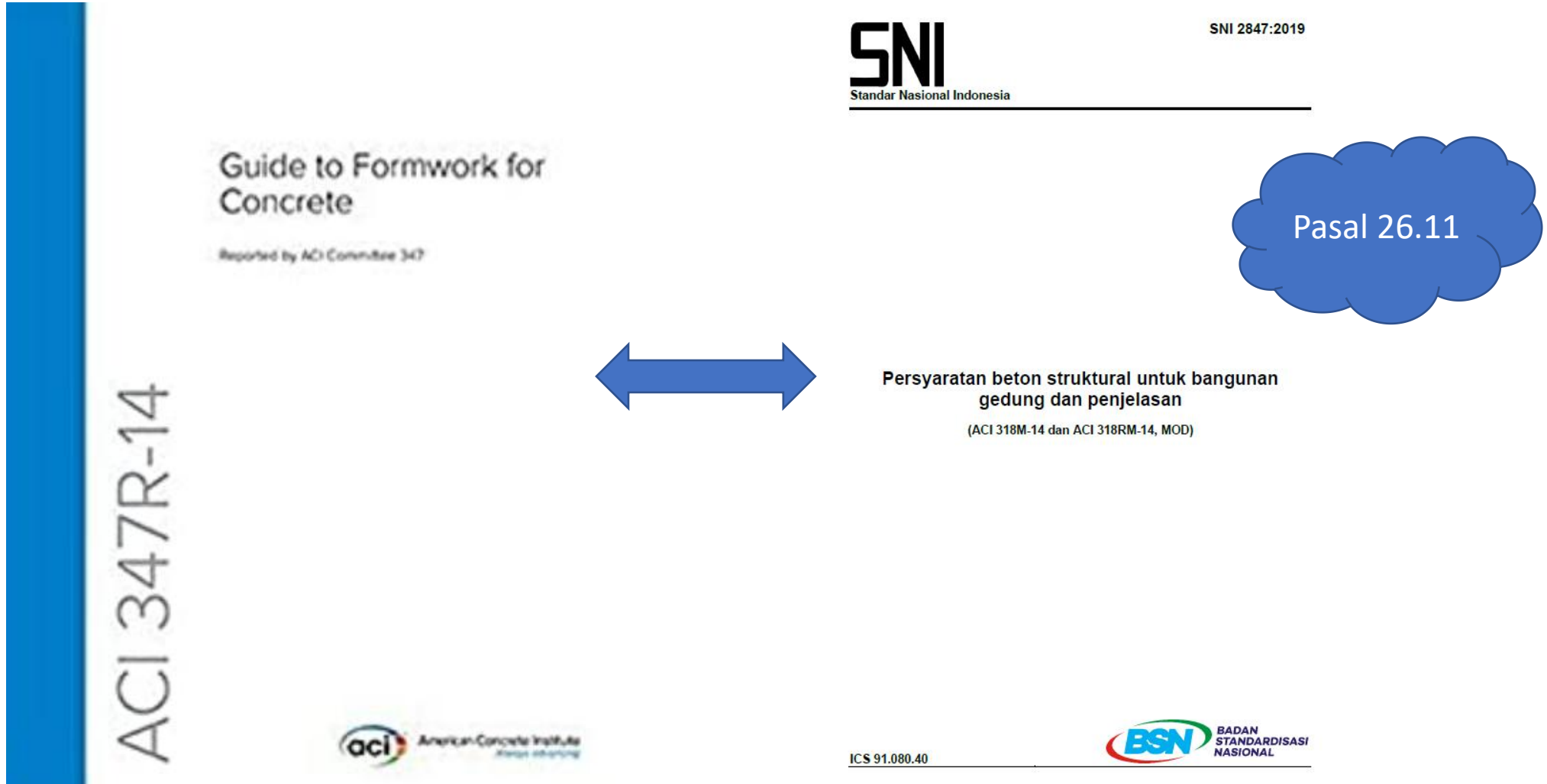


The background of the slide features a low-angle, black and white photograph of several modern high-rise buildings. The buildings have repetitive window patterns and balconies. Some trees are visible in the upper corners, partially obscuring the sky. The overall composition is clean and architectural.

# 04-Pekerjaan Bekisting (Formwork)

- Regulasi
- Bahan-bahan bekisting
- Bahan-bahan perancah

# BEKISTING (acuan normative)



# BEKISTING

- Acuan (bekisting) adalah suatu sarana pembantu struktur beton untuk pencetak beton sesuai dengan ukuran, bentuk, rupa ataupun posisi yang direncanakan. Karena bersifat sementara, bekisting akan dilepas atau di bongkar setelah beton mencapai kekuatan yang cukup
- Definisi lain, Bekisting adalah cetakan yang kedalamannya beton semi cair diisikan. Cetakan ini harus cukup kuat untuk menahan beton dalam ukuran dan bentuk yang diinginkan hingga beton tersebut meeras (Mc.Cormac;2004)

# BEKISTING

## SYARAT UMUM BEKISTING

- 1) Ekonomis
- 2) Kokoh dan kuat
- 3) Mudah dipasang dan dibongkar
- 4) Tidak bocor memenuhi persyaratan permukaan
- 5) Mampu menahan gaya horizontal

## SYARAT KHUSUS BEKISTING

- **KUALITAS**, artinya bentuk dan ukuran sesuai dengan rencana yang dibuat dan hasil akhir permukaan beton rata/ tidak kropos.
- **AMAN**, artinya harus stabil pada posisi kokoh yaitu harus mampu menahan beban-beban khususnya vertikal/horizontal, harus mampu menahakan beban horizontal sehingga tidak bergeser dar posisi sebenarnya.
- **EKONOMIS**, mudah dikerjakan, tidak membutuhkan banyak tenaga kerja, mudah dipasang sehingga menghemat waktu, mudah di bongkar agar bahan bisa digunakan kembali mudah disimpan

# SYARAT DESAIN BEKISTING (syarat penerimaan)

Berdasarkan SNI Pasal 26.11 ; SNI 2847:2019, *Desain Bekisting* Harus Mempertimbangkan :

- Metode Pengecoran Beton
- Laju Pengecoran Beton
- Beban konstruksi termasuk beban vertical, horizontal dan Impak
- Menghindari Perusakan Komponen Yang telah terpasang
- Untuk Komponen struktur pascatarik, perpindahan komponen yang di izinkan Ketika terjadi gaya prategang tpa merusak komponen struktur

# SYARAT DESAIN BEKISTING (syarat penerimaan)

Berdasarkan SNI Pasal 26.11 ; SNI 2847:2019, *Pelepasan Bekisting* Harus Memperimbangkan :

- Sebelum memulai konstruksi, harus membuat prosedur dan jadwal pelepasan bekisting dan pemasangan perancah serta menghitung beban yang ditransfer ke struktur saat tahap ini
- Analisa struktur dan persyaratan kekuatan beton yang digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan pelepasan bekisting dan pemasangan Kembali perancah diserahkan ke perencana ahli bersertifikasi dan pihak berwenang
- Tidak boleh ada beban konstruksi maupun bekisting yang sebelumnya telah dilepas yang diletakan dibagian maupun dari struktur. Kecuali bagian struktur tersebut cukup kuat untuk menahan berat sendiri

# SYARAT DESAIN BEKISTING (syarat penerimaan)

- Hasil Analisa struktur harus menunjukkan bahwa struktur aman dengan mempertimbangkan beban rencana
- Perkiraan kekuatan beton cor ditempat berdasarkan pengujian slinder lapangan
- Pelepasan bekisting harus dilakukan dengan seksama agar tidak mengurangi kemampuan layan dan keamana struktur
- Beton yang terpapar karena pelepasan bekisting harus mempunyai kekuatan tekan yang cukup agar tidak terpengaruh pelepasan bekisting
- Pendukung bekisting untuk komponen pascatarik tidak boleh dilepas sampai kondisi komponen struktur cukup kuat

# SYARAT DESAIN BEKISTING (syarat penerimaan)

- Beban konstruksi yang melebihi kombinasi beban mati dan beban hidup serta reduksinya tidak boleh ditempatkan dibagian struktur tanpa perancah, kecuali hasil analisis menunjukkan bahwa struktur memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban tersebut tanpa mengurangi kemampuan layan



**KOLOM**



**BALOK + KONSOL**



**BALOK/KOLOM BAJA**



**TIE BEAM / SLOOF**



**BAHAN BEKISTING**

Cetakan pelat waffle  
crete dari bahan polymer



Cetakan pelat column  
slab dari bahan baja



# BAHAN BEKISTING



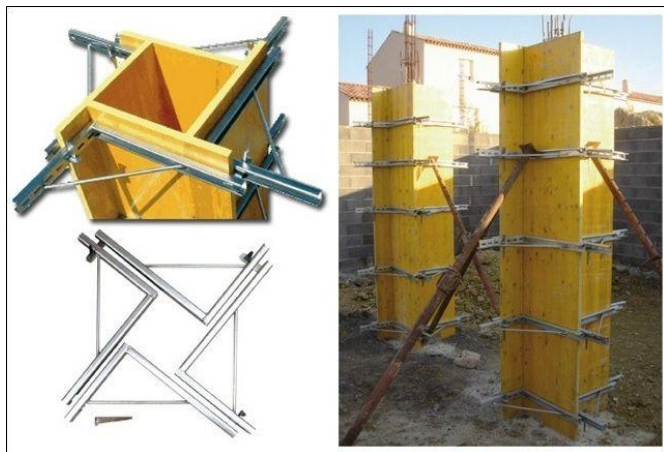
# BAHAN PERANCAH



Perancah + Bekisting Kayu



Perancah Metal + Bekisting Kayu



Sistem Perancah Bekisting



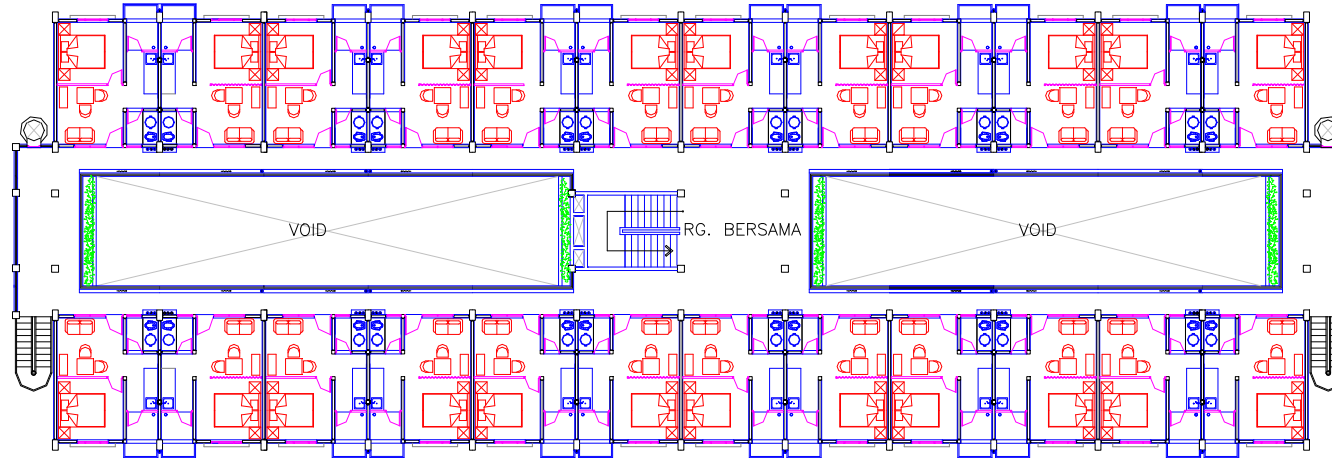
Sistem Formwork Bearing Wall

The background of the slide features a low-angle, black and white photograph of several modern high-rise buildings. The buildings have repetitive window patterns and balconies, creating a strong sense of verticality. Some trees are visible in the upper corners, partially obscuring the sky. A semi-transparent white horizontal band is overlaid across the middle of the image, serving as a backdrop for the text.

# 05-Contoh

- Desain Rumah Susun
- Perencanaan Pelat pada Bangunan Gedung
- Dari perhitungan struktur tahap konstruksi ke SOP Konstruksi

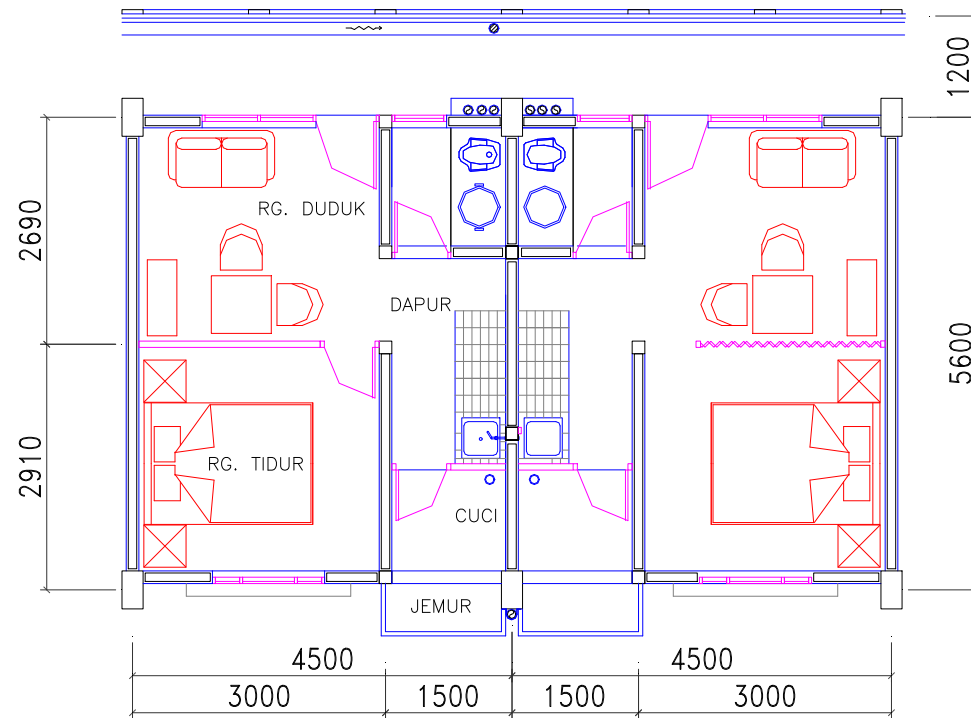
## DESAIN RUMAH SUSUN



Rusunawa T24  
Kemen PU



# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT



Dimensi Pelat 4.5 x 5.4 m

# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

---

## 1. PERENCANAAN PELAT

- Pelat menahan beban gravitasi
- Pelat adalah komponen bervolume terbesar pada struktur. Efisiensi perencanaan pada komponen ini berpengaruh besar pada efisiensi struktur secara keseluruhan
- Contoh penerapan dilakukan pada desain pelat rusunawa T-24 Kementerian Pekerjaan Umum
- Desain dilakukan pada pelat konvensional dan pelat pracetak berdasarkan SNI 2847:2019



# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

Perencanaan pelat konvensional berdasarkan SNI 2847:2019

1. Tidak membutuhkan metoda kontrol tegangan
2. Metoda yang umum digunakan adalah :
  - a) Tentukan tebal pelat berdasarkan persyaratan lendutan sesuai tabel 8.3.1.2  
Momen-momen dicari dari metoda amplop  
Faktor beban : tabel 5.3.1, 1.2 D + 1.6 L dan 1.4 D.
  - c) Tulangan ditentukan berdasarkan rumus kekuatan batas lentur pelat.  
Faktor reduksi kekuatan : Tabel 21.2.1  $\phi = 0.9$ .

Tabel 5.3.1 – Kombinasi beban

| Kombinasi beban                                                   | Persamaan | Beban utama           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------|
| $U = 1,4D$                                                        | (5.3.1a)  | $D$                   |
| $U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$                      | (5.3.1b)  | $L$                   |
| $U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$ | (5.3.1c)  | $L_r \text{ atau } R$ |
| $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$               | (5.3.1d)  | $W$                   |
| $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$                                          | (5.3.1e)  | $E$                   |
| $U = 0,9D + 1,0W$                                                 | (5.3.1f)  | $W$                   |
| $U = 0,9D + 1,0E$                                                 | (5.3.1g)  | $E$                   |

Tabel 21.2.1 – Faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ )

| Gaya atau elemen struktur                                   | $\phi$                    | Pengecualian                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial | 0,65 – 0,90 sesuai 21.2.2 | Di dekat ujung komponen pratarik ( <i>pretension</i> ) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja, $\phi$ harus sesuai dengan 21.2.3 |

# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

## DESAIN PELAT

$$l_x \text{ sisi pendek} = 4.5 \text{ m}$$

$$l_y \text{ sisi panjang} = 5.4 \text{ m}$$

|                    |    |   |        |        |
|--------------------|----|---|--------|--------|
| Balok sisi atas 1  | h1 | = | 450 mm | 0.45 m |
|                    | b1 | = | 300 mm | 0.3 m  |
| Balok sisi kiri 2  | h2 | = | 450 mm | 0.45 m |
|                    | b2 | = | 300 mm | 0.3 m  |
| Balok sisi bawah 3 | h3 | = | 450 mm | 0.45 m |
|                    | b3 | = | 300 mm | 0.3 m  |
| Balok sisi kanan 4 | h4 | = | 450 mm | 0.45 m |
|                    | b4 | = | 300 mm | 0.3 m  |

$$l_{nx} = l_x - b_1/2 - b_3/2 = 4.2 \text{ m}$$

$$l_{ny} = l_y - b_2/2 - b_4/2 = 5.1 \text{ m}$$

$$\beta = l_{ny}/l_{nx} = 1.214$$

Preliminary Estimate Pelat :  $h = l_n (0.8 + (f_y/1400)) / 36 + 9\beta$

(Tabel 8.3.1.2) SNI 2847:2019

Diket :

$l_n = l_{ny}$  (dipakai bentang yang memanjang)

$f_y = 420 \text{ Mpa}$

Mutu Beton  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

Jadi :  $h = 0.120 \text{ m}$

$t_s = 120 \text{ mm}$

$t_s = 130 \text{ mm}$

$0.130 \text{ m}$

# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

Dalam desain di pakai  $t_s = 13 \text{ cm}$

Diket : WDL = 3.12 KN/m<sup>2</sup> = 312 kg/m<sup>2</sup>  $t_s$  130 mm = 0.13 m  
 BEBAN WALL+FLOOR WSDL = 1.2 KN/m<sup>2</sup> = 120 kg/m<sup>2</sup> BJ Beton 2400 kg/m<sup>3</sup> 24 KN/m<sup>3</sup>  
 WLL = 2.5 KN/m<sup>2</sup> = 250 kg/m<sup>2</sup>

Beban Ultimate :  
 $W_u = 1.4 (WDL + WSDL) = 6.048 \text{ KN/m}^2$   
 $W_u = 1.2 (WDL + WSDL) + 1.6 WLL = 9.184 \text{ KN/m}^2$   
 $W_u = 9.184 \text{ KN/m}^2$

Diket :  
 $t_s$  (terpakai) = 130 mm 0.13 m  
 $d = t_s - 25 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$   
 $f_y = 420 \text{ Mpa}$

Cek Persyaratan Kekuatan :

$M_u \leq \phi M_N$   
 $0.9 (A_s/s \cdot f_y \cdot 0.8d)$

|        |                          | $l_y/l_x$ |       |     | $\phi M_n = 0.8 (A_s/s \cdot f_y \cdot 0.8d)$ |    |      |       |     |            |              |
|--------|--------------------------|-----------|-------|-----|-----------------------------------------------|----|------|-------|-----|------------|--------------|
|        |                          | 1.2       | 1.214 | 1.4 | Cat                                           | As | s    | $f_y$ | Mn  | $\phi M_n$ |              |
| $m_lx$ | $= 0,001 W_u l_x^2 x$    | 34        | 34.57 | 42  | 5.60 KNm/m                                    | 10 | 78.5 | 240   | 420 | 10990      | 9.891 ...ok  |
| $m_ly$ | $= 0,001 W_u l_y^2 x$    | 22        | 21.71 | 18  | 3.52 KNm/m                                    | 10 | 78.5 | 240   | 420 | 10990      | 9.891 ...ok  |
| $m_tx$ | $= (-0,001 W_u l_x^2 x)$ | 63        | 63.64 | 72  | 10.31 KNm/m                                   | 10 | 78.5 | 200   | 420 | 13188      | 11.869 ...ok |
| $m_ty$ | $= (-0,001 W_u l_y^2 x)$ | 54        | 54.07 | 55  | 8.76 KNm/m                                    | 10 | 78.5 | 200   | 420 | 13188      | 11.869 ...ok |

s max tulangan pelat =  $2 \cdot t_s$  ( Pasal 15.3.2) 0.260 m

# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWOK PADA KOMPONEN PELAT

| PELAT             |                                       |         |         |
|-------------------|---------------------------------------|---------|---------|
| Luas Lantai       | 24.300 m <sup>2</sup>                 |         |         |
| tebal             | 0.130 m                               |         |         |
| volume total      | 3.159 m <sup>3</sup>                  |         |         |
| Jumlah            | 1                                     |         |         |
| Pelat / ukuran    | 4500 x 5400 mm                        |         |         |
| p                 | 5.4 m                                 |         | 5400 mm |
| l                 | 4.5 m                                 |         | 4500 mm |
| tebal             | 0.130 m                               |         | 130 mm  |
| dia.              | 10                                    |         |         |
| As                | 78.54 mm <sup>2</sup>                 |         |         |
| s                 | 200 mm                                | Pendek  |         |
| s                 | 200 mm                                | Panjang |         |
| Berat (satu tul.) | 0.613 kg/m                            |         |         |
| dia.              | 10                                    |         |         |
| As                | 78.54 mm <sup>2</sup>                 |         |         |
| s                 | 240 mm                                | Pendek  |         |
| s                 | 240 mm                                | Panjang |         |
| Berat (satu tul.) | 0.613 kg/m                            |         |         |
| arah pendek       |                                       |         |         |
| n - tul atas      | 28 bh                                 | kromo   |         |
| n - tul bawah     | 24 bh                                 |         |         |
| tot. pjg          | 234 m                                 |         |         |
| Berat             | 143.35 kg                             |         |         |
| Waste (5%)        | 7.17 kg                               |         |         |
| Total Berat       | 150.52 kg                             |         |         |
| arah panjang      |                                       |         |         |
| n - tul atas      | 24 bh                                 | kromo   |         |
| n - tul bawah     | 20 bh                                 |         |         |
| tot. pjg          | 237.6 m                               |         |         |
| Berat             | 145.55 kg                             |         |         |
| Waste (5%)        | 7.28 kg                               |         |         |
| Total Berat       | 152.83 kg                             |         |         |
| Vol. Baja Ws      | 303 kg                                |         |         |
| Vol. Beton Vc     | 3.159 m <sup>3</sup>                  |         |         |
| Vc/A              | 0.1300 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> |         |         |
| Ws/Vc             | 96 kg/m <sup>3</sup>                  |         |         |

26 Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang

### 4.2.b Pelat - Umum

Tabel Momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata

| Skema | Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali $w_u$ lantai $l_x$ | $\frac{l_y}{l_x}$                                                                                                  |                            |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 1,0                        | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |     |
| I     |                                                                      | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$<br>$m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$<br>$m_{ix} = \frac{1}{2} m_x$<br>$m_{iy} = \frac{1}{2} m_y$ | 41                         | 54  | 67  | 79  | 87  | 97  | 110 | 117 |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 41                         | 35  | 31  | 28  | 26  | 25  | 24  | 23  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$  | 25  | 34  | 42  | 49  | 53  | 58  | 62  | 65  |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$  | 25  | 22  | 18  | 15  | 15  | 15  | 14  | 14  |
| II    |                                                                      | $m_x = -0,001 w_u l_x^2 x$<br>$m_y = -0,001 w_u l_y^2 x$                                                           | 51                         | 63  | 72  | 78  | 81  | 82  | 83  | 83  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 51                         | 54  | 55  | 54  | 54  | 53  | 51  | 49  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$  | 30  | 41  | 52  | 61  | 67  | 72  | 80  | 83  |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$  | 30  | 27  | 23  | 22  | 20  | 19  | 19  | 19  |
| III   |                                                                      | $m_x = -0,001 w_u l_x^2 x$<br>$m_y = -0,001 w_u l_y^2 x$                                                           | 68                         | 84  | 97  | 106 | 113 | 117 | 122 | 124 |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 68                         | 74  | 77  | 77  | 77  | 76  | 73  | 71  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$  | 30  | 41  | 52  | 61  | 67  | 72  | 80  | 83  |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$  | 30  | 27  | 23  | 22  | 20  | 19  | 19  | 19  |
| IV    |                                                                      | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$<br>$m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$                                                             | 24                         | 36  | 49  | 63  | 74  | 85  | 103 | 113 |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 33                         | 33  | 32  | 29  | 27  | 24  | 21  | 20  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_x = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 69  | 85  | 97  | 105 | 110 | 112 | 112 | 112 |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_y = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 69  | 85  | 97  | 105 | 110 | 112 | 112 | 112 |
| V     |                                                                      | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$<br>$m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$                                                             | 33                         | 40  | 47  | 52  | 55  | 58  | 62  | 65  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 24                         | 20  | 18  | 17  | 17  | 17  | 16  | 16  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_x = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 69  | 76  | 80  | 82  | 83  | 83  | 83  | 83  |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_y = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 69  | 76  | 80  | 82  | 83  | 83  | 83  | 83  |
| VI    |                                                                      | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$<br>$m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$                                                             | 31                         | 45  | 58  | 71  | 81  | 91  | 106 | 115 |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 39                         | 37  | 34  | 30  | 27  | 25  | 24  | 23  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_x = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 91  | 102 | 108 | 111 | 113 | 114 | 114 | 114 |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_y = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 91  | 102 | 108 | 111 | 113 | 114 | 114 | 114 |
| VII   |                                                                      | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$<br>$m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$                                                             | 39                         | 47  | 57  | 64  | 70  | 75  | 81  | 84  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 31                         | 25  | 23  | 21  | 20  | 19  | 19  | 19  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_x = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 91  | 98  | 107 | 113 | 118 | 120 | 124 | 124 |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_y = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 91  | 98  | 107 | 113 | 118 | 120 | 124 | 124 |
| VIII  |                                                                      | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$<br>$m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$                                                             | 25                         | 36  | 47  | 57  | 64  | 70  | 79  | 83  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 28                         | 27  | 23  | 20  | 18  | 17  | 16  | 16  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_x = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 54  | 72  | 88  | 100 | 108 | 114 | 121 | 124 |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_y = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 60  | 69  | 74  | 76  | 76  | 76  | 73  | 71  |
| IX    |                                                                      | $m_x = 0,001 w_u l_x^2 x$<br>$m_y = 0,001 w_u l_y^2 x$                                                             | 28                         | 37  | 45  | 50  | 54  | 58  | 62  | 65  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | 25                         | 21  | 19  | 18  | 17  | 17  | 16  | 16  |     |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_x = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 60  | 70  | 76  | 80  | 82  | 83  | 83  | 83  |
|       |                                                                      |                                                                                                                    | $m_y = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 54  | 55  | 55  | 54  | 53  | 53  | 51  | 49  |

= terletak bebas

## PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

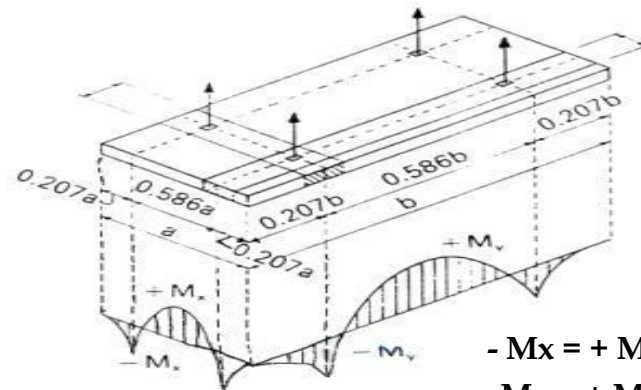
---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 2847:2019

1. Perencanaan pelat menggunakan konsep pelat satu arah, dengan dilengkapi kontrol terhadap lendutan
2. Menggunakan metoda kontrol tegangan
  - a. Saat dikeluarkan dari cetakan (demoulding) pada usia 1 hari (mutu beton 40%  $f_c'$ ), yang diangkat pada 4 titik angkat pada jarak optimal 0.21 L. Beban adalah berat sendiri

# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

---



$$\begin{aligned} -M_x &= +M_x = 0,0107 w b a^2 \\ -M_y &= +M_y = 0,0107 w a b^2 \end{aligned}$$

## PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 2847:2019

2. Menggunakan metoda kontrol tegangan
  - b. Pelat dipasang pada usia 3 hari (mutu beton 60%  $f_c'$ ), dengan kondisi kekangan sederhana di kedua ujung dan ditopang 1 tumpuan di tengah bentang. Beban adalah berat sendiri dan beban konstruksi 100 kg/m<sup>2</sup>

# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

---





## PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 2847:2019

2. Menggunakan metoda kontrol tegangan
  - c. Pelat pada masa layan (mutu beton penuh  $f_c'$ ), dengan kondisi kekangan menerus. Beban adalah berat sendiri dan beban layan rusuna  $200 \text{ kg/m}^2$

# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

---

---



# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 2847:2019

3. Faktor kepastian mutu yang lebih baik diberikan dengan asumsi struktur sudah mengalami pengujian selama proses konstruksi (Quality control built in construction method)

- a) faktor beban Pasal 27.4.2.2 (a)  $1.15 D + 1.5 L + 0.4 (L_r \text{ atau } R)$  (b)  $1.15 D + 0.9 L + 1.5 (L_r \text{ atau } R)$  dan (c)  $1.3 D$
- b) faktor reduksi kekuatan  $\phi$  untuk penampang terkontrol tarik pada
  - a) Pasal 27.3.2.1  $\phi = 1$  (pendekatan optimis/realistik)
  - b) Pasal 21.2  $\phi = 0.9$  (pendekatan konservatif)

**27.4.2.2** Beban uji total  $T_t$ , termasuk beban mati yang sudah bekerja, harus sekurang-kurangnya yang terbesar dari a), b), dan c):

a)  $T_t = 1,15D + 1,5L + 0,4(L_r \text{ atau } R)$  (27.4.2.2a)

b)  $T_t = 1,15D + 0,9L + 1,5(L_r \text{ atau } R)$  (27.4.2.2b)

c)  $T_t = 1,3D$  (27.4.2.2c)

**Tabel 27.3.2.1 – Faktor reduksi kekuatan maksimum yang diizinkan**

| Kekuatan                      | Klasifikasi      | Tulangan transversal  | Maksimum izin $\phi$ |
|-------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| Lentur, aksial, atau keduanya | Terkontrol tarik | Semua kasus           | 1,0                  |
|                               | Terkontrol tekan | Spiral <sup>[1]</sup> | 0,9                  |
|                               |                  | Lainnya               | 0,8                  |
| Geser, torsi, atau keduanya   |                  |                       | 0,8                  |
| Tumpu                         |                  |                       | 0,8                  |

<sup>[1]</sup>Tulangan spiral harus memenuhi 10.7.6.3, 20.2.2 dan 25.7.3.

# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

## Perhitungan Pelat

|                      |   |        |
|----------------------|---|--------|
| Proyek               | : |        |
| Lokasi               | : |        |
| Mutu Beton ( $f_c$ ) | = | 30 MPa |
| Bentang (L)          | = | 4.5 m  |
| Tebal Plat (h)       | = | 130 mm |

## A PENULANGAN LAPANGAN (TULANGAN BAWAH)

### Tulangan Utama

#### Perhitungan Momen / m'

|                          |   |                |                            |
|--------------------------|---|----------------|----------------------------|
| $Q_{LL}$                 | = | 250 kg/m       |                            |
| $Q_{DL}$                 | = | 120 kg/m       |                            |
| $Q_{PLAT}$               | = | 312 kg/m       |                            |
| $Q_{ULT}$ (1.15D + 1.5L) | = | 872 kg/m       | psl 27.4.2.2 SNI 2847:2019 |
| $Q_{ULT}$ (1.3D)         | = | 562 kg/m       | psl 27.4.2.2 SNI 2847:2019 |
| $M_{ULT}$ lapangan       | = | 1,103 kgm      | ( $1/16ql^2$ )             |
|                          | = | 11,033,719 Nmm |                            |

#### Kapasitas Momen / m' dengan D10 - 250

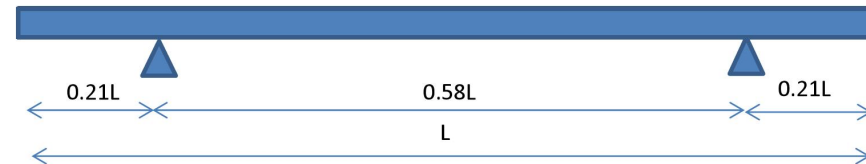
|                    |   |                        |                            |
|--------------------|---|------------------------|----------------------------|
| b                  | = | 1000 mm                |                            |
| d                  | = | 105 mm                 | selimut beton 25 mm        |
| $f_c'$             | = | 30 MPa                 |                            |
| $f_y$              | = | 420 MPa                |                            |
| Jarak Tulangan (S) | = | 250 mm                 |                            |
| n                  | = | 4                      |                            |
| diameter           | = | 10 mm                  |                            |
| As                 | = | 314.00 mm <sup>2</sup> |                            |
| a                  | = | 5.17 mm                |                            |
| $M_n, \phi=0.9$    | = | 12,155,736 N mm        | Tabel 21.2.1 SNI 2847:2019 |

> **M ult beban luar Ok!**

## Tulangan Pembagi

|                          |   |                        |                              |
|--------------------------|---|------------------------|------------------------------|
| $\rho$ min               | = | 0.0018                 | tabel 24.4.3.2 SNI 2847:2019 |
|                          | = | 189.00 mm <sup>2</sup> |                              |
| dipakai                  | = | D10                    |                              |
| As                       | = | 78.50                  |                              |
| jumlah / m'              | = | 3                      |                              |
| jarak tulangan           | = | 333                    |                              |
| dipakai jarak            | = | 325                    |                              |
| jarak maksimal           | = |                        | psl 7.7.2.4 SNI 2847:2019    |
| 5 x tebal slab           | = | 650 mm                 |                              |
|                          | = | 450 mm                 |                              |
| Dipakai tulangan pembagi | = | D10 - 325              |                              |

## B CEK PADA SAAT HANDLING



### Perhitungan Momen / m'

|                        |   |             |
|------------------------|---|-------------|
| $Q_{SLAB}$             | = | 312 kg/m    |
| $Q_{total}$            | = | 312 kg/m    |
| $M_{ULT} = 0.0107QL^2$ | = | 67.60 kgm   |
|                        | = | 676,026 Nmm |

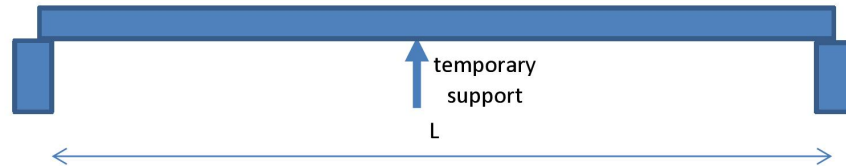
### Kapasitas Momen / m' tebal slab 13 cm

|                             |   |                             |                            |
|-----------------------------|---|-----------------------------|----------------------------|
| b                           | = | 1000 mm                     |                            |
| h                           | = | 130 mm                      |                            |
| momen tahanan, W            | = | $1/6 b h^2$                 |                            |
|                             | = | 2816666.667 mm <sup>3</sup> |                            |
| tegangan yg terjadi, f      | = | $M / W$                     |                            |
|                             | = | 0.24                        |                            |
| tegangan izin, $f_r$        | = | $0.62\sqrt{f_c'}$           | psl 24.5.2.1 SNI 2847:2019 |
| $f_{ci} = 0.4f_c'$ (1 hari) | = | 12 Mpa                      |                            |
| $f_r$                       | = | 2.15 Mpa                    |                            |

> **tegangan yg terjadi Ok!**

# PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

## C CEK PADA SAAT ERECTION



### Perhitungan Momen / m'

|                                             |   |               |                              |
|---------------------------------------------|---|---------------|------------------------------|
| Bentang (L)                                 | = | 4.5 m         |                              |
| Q <sub>LL</sub>                             | = | 100 kg/m      | (beban pekerja + alat kerja) |
| Q <sub>SLAB</sub>                           | = | 312 kg/m      |                              |
| Q <sub>total</sub>                          | = | 412 kg/m      |                              |
| M <sub>ULT</sub> = 0.125Q(L/2) <sup>2</sup> | = | 260.72 kgm    |                              |
|                                             | = | 2,607,188 Nmm |                              |

### Kapasitas Momen / m' tebal slab 13 cm

|                        |   |                            |                            |
|------------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| b                      | = | 1000 mm                    |                            |
| h                      | = | 130 mm                     |                            |
| momen tahanan, W       | = | 1/6 b h <sup>2</sup>       |                            |
|                        | = | 2816666.67 mm <sup>3</sup> |                            |
| tegangan yg terjadi, f | = | M / W                      |                            |
|                        | = | 0.93                       |                            |
| tegangan izin, fr      | = | 0.62v <sub>fc'i</sub>      | psl 24.5.2.1 SNI 2847:2019 |
| fc'i = 0.6fc' (3 hari) | = | 18 Mpa                     |                            |
| fr                     | = | 2.63 Mpa                   | > tegangan yg terjadi Ok!  |

## D PENULANGAN TUMPUAN ( TULANGAN ATAS)

### Perhitungan Momen / m'

|                                 |   |                |                            |
|---------------------------------|---|----------------|----------------------------|
| Q <sub>LL</sub>                 | = | 250 kg/m       |                            |
| Q <sub>DL</sub>                 | = | 120 kg/m       |                            |
| Q <sub>PLAT</sub>               | = | 312 kg/m       |                            |
| Q <sub>ULT</sub> (1.15D + 1.5L) | = | 872 kg/m       | psl 27.4.2.2 SNI 2847:2019 |
| Q <sub>ULT</sub> (1.3D)         | = | 562 kg/m       | psl 27.4.2.2 SNI 2847:2019 |
| M <sub>ult tumpuan</sub>        | = | 1,605 kgm      | ( 1/11ql <sup>2</sup> )    |
|                                 | = | 16,049,045 Nmm |                            |

### Kapasitas Momen / m' dengan D10 - 175

|                        |   |                        |                            |
|------------------------|---|------------------------|----------------------------|
| b                      | = | 1000 mm                |                            |
| d                      | = | 105 mm                 | selimut beton 25 mm        |
| fc'                    | = | 30 MPa                 |                            |
| fy                     | = | 420 MPa                |                            |
| Jarak Tulangan (S)     | = | 175 mm                 |                            |
| n                      | = | 6                      |                            |
| diameter               | = | 10 mm                  |                            |
| As                     | = | 471.00 mm <sup>2</sup> |                            |
| a                      | = | 7.76 mm                |                            |
| M <sub>n</sub> , φ=0.9 | = | 18,003,412 N mm        | Tabel 21.2.1 SNI 2847:2019 |

> M<sub>ult tumpuan</sub> Ok!

### Tulangan Pembagi

|                          |   |                     |                              |
|--------------------------|---|---------------------|------------------------------|
| ρ min                    | = | 0.0018              | tabel 24.4.3.2 SNI 2847:2019 |
|                          | = | 189 mm <sup>2</sup> |                              |
| dipakai                  | = | D10                 |                              |
| As                       | = | 78.50               |                              |
| jumlah / m'              | = | 3                   |                              |
| jarak tulangan           | = | 333                 |                              |
| dipakai jarak            | = | 325                 |                              |
| jarak maksimal           | = |                     | psl 7.7.2.4 SNI 2847:2019    |
| 5 x tebal slab           | = | 650 mm              |                              |
| 450                      | = | 450 mm              |                              |
| Dipakai tulangan pembagi | = | D10 - 325           |                              |

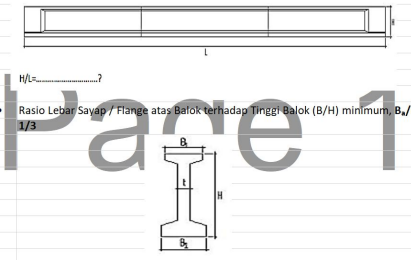
## PERENCANAAN SISTEM BEKISTING/FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

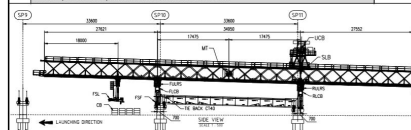
### VOLUME

|                |   |                      |
|----------------|---|----------------------|
| beton          | = | 0.585                |
| Tulangan bawah | = |                      |
| utama          | = | 11.09 kg             |
| pembagi        | = | 8.63 kg              |
| Tulangan atas  | = |                      |
| utama          | = | 16.64 kg             |
| pembagi        | = | 8.63 kg              |
| Total Tulangan | = | 44.98 kg             |
| Ws / Vc        | = | 77 kg/m <sup>3</sup> |

Jika dilihat dari hasil efisiensi besi saja, maka terdapat efisiensi besi  $96 - 77 = 19 \text{ kg/m}^3$  atau sekitar  $19/96 = 20\%$ . Potensi efisiensi lain adalah penggunaan bekisting yang repetisinya lebih banyak dan penggunaan penyangga yang jauh lebih sedikit.

# Dari perhitungan struktur pada rekayasa tahap konstruksi ke SOP Konstruksi

| KRITERIA DAN PERSYARATAN PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN PERKERJAAN BALOK JEMBATAN PRACETAK BERPENAMPANG I (PC-I GIRDER) |                                                                                                                            |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NO.                                                                                                                  | PROSES                                                                                                                     | PERIHAL                                                                                                                                                | MEMENUH PERSYARATAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| A.                                                                                                                   | DISAIN / PERENCANAAN.<br>Pada dasarnya, proses lanjutan dari perencanaan terkait erat dengan asumsi dan hasil perencanaan. | <ol style="list-style-type: none"> <li>Perencana / Konsultan.</li> <li>Dasar Perencanaan / Perhitungan Struktur Balok Jembatan.</li> </ol>             | <ol style="list-style-type: none"> <li>Memiliki Ijin / Lisensi sebagai Perencana.</li> <li>Memenuhi Peraturan / Persyaratan Perencanaan yang berlaku :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan</li> <li>SNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan</li> <li>PCI Bridge Design Manual</li> <li>AASHTO 2012 LRFD Bridge Design Specifications</li> </ul> </li> <li>Ukuran penampang balok mengacu pada rasio-rasio yang umum :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Rasio Tinggi Balok terhadap Panjang Bentang Balok (H/L) minimum, <math>f_c = (42-58) \text{ MPa}</math>, <math>H/L \geq 1/20</math></li> <li><math>f_c = (66-83) \text{ MPa}</math>, <math>H/L \geq 1/25</math></li> </ul> </li> </ol>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>SKA Perencana Jembatan</li> <li>Perhitungan dan Gambar disain Balok Jembatan memperoleh Persetujuan / Approval dari Binamarga.</li> <li>Persetujuan / Approval tersebut diatas tidak mengacu pada proyek tertentu namun untuk Kelas Beban, Bentang Jembatan dan Jarak antar Balok tertentu.</li> </ul> |
|                                                                                                                      |                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rasio Lebar Sayap / Flange atas Balok terhadap Tinggi Balok (B/H) minimum, <math>B/H \geq 1/3</math></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Jika rasio Lebar Sayap Atas tidak terpenuhi, maka kontraktor wajib mengajukan Proposal Perhitungan Teknis terkait dengan bahaya Lateral Buckling Sayap Atas pada tahap konstruksi, sebagai bagian dari Proposal yang harus memperoleh Persetujuan / Approval dari Binamarga.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                                                      |                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rasio Tebal Badan / Web Balok terhadap Tinggi Balok (<math>t_{web}/H</math>) minimum.</li> </ul>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| WORK INSPECTION RECORD - LAUNCHING TO SPAN SP10 - SP9<br>VSL OVERHEAD LAUNCHING GANTRY (VSL)<br>MRT PROJECT (CPT03), JAKARTA, INDONESIA                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| From Span                                                                                                                                                                                                                           | SP11-SP10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | To Span             | SP10-SP9                                                                            |
| Date (start)                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Date (link)         |                                                                                     |
| Operation Manual Ref No.                                                                                                                                                                                                            | 05/13/08/007B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Quantity Engineer   |                                                                                     |
| Method Statement Ref No.                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Quantity Supervisor |                                                                                     |
| Kinematics Drawing No.                                                                                                                                                                                                              | 05/LIV-41007-VSL-V02-KN-01_A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Winch Operator      |                                                                                     |
| STAGE 1: PRE-LAUNCHING ACTIVITIES 1st (FIRST LAUNCHING)                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |                                                                                     |
| Item                                                                                                                                                                                                                                | Activity                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Sign off / Time     |                                                                                     |
| 1.1                                                                                                                                                                                                                                 | Erection of Span SP11 to SP10 and load transfer are completed<br>Erection span SP11 sampai SP10 dan load transfer sudah selesai                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |  |
| 1.2                                                                                                                                                                                                                                 | Hanger bars are removed from deck & stored in MT and all longitudinal beams adjusted for next span<br>Lepas hanger bars dari deck dan disimpan di MT dan longitudinal beam diatur untuk span selanjutnya                                                                                                                                                                             |                     |                                                                                     |
| 1.3                                                                                                                                                                                                                                 | All CB are removed from segments and stored at respective positions between SP10 to SP9<br>Semua CB dibuang dari segment dan disimpan pada posisi masing-masing diantara SP10 ke SP9                                                                                                                                                                                                 |                     |                                                                                     |
| 1.4                                                                                                                                                                                                                                 | Check the height of FSL the bottom frame should be raised by 1500mm from top pier to avoid clashing with the bottom of pier SP9<br>Cek tinggi dari FSL, bottom frame diangkat sampai 1500mm dari atas pier untuk menghindari tabrakan dengan bagian bawah dari SP9                                                                                                                   |                     |                                                                                     |
| 1.5                                                                                                                                                                                                                                 | Move FSL to correct longitudinal position on MT. (FSL= 10000mm)<br>Pindahkan FSL untuk posisi longitudinal yang tepat pada MT (FSL=10000mm)                                                                                                                                                                                                                                          |                     |                                                                                     |
| 1.6                                                                                                                                                                                                                                 | FSL horizontal screw jacks are properly in contact with pier segment of pier SP10<br>FSL horizontal screw jacks benar dihubungkan dengan pier segment di SP10                                                                                                                                                                                                                        |                     |                                                                                     |
| 1.7                                                                                                                                                                                                                                 | FSL tie-back bar are installed to pier segment with two CT40 tendon bars, these bars DO NOT NEED to be stressed (ONLY HAND TIGHTENED)<br>Pasang FSL tie back bar ke pier segment dengan 2 CT40 tendon bar. Bar ini tidak perlu di stressing, hanya dikencangkan saja                                                                                                                 |                     |                                                                                     |
| 1.8                                                                                                                                                                                                                                 | Ensure that Launching Jack system is engaged to FULLRS at SP10 & pinned to launching beam and FULLRS. (if launching system is on FULLRS at SP11 then follow the below mentioned steps)<br>Pastikan bahwa Launching Jack system di engaged ke FULLRS di SP10 & pinned ke launching beam dan FULLRS. (jika sistem launching di FULLRS di SP11, maka ikuti langkah-langkah dibawah ini) |                     |                                                                                     |
| SEQUENCE TO CHANGE LAUNCHING JACK SYSTEM FROM FULLRS TO FULLRS                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |                                                                                     |
| WARNING - ONLY RELOCATE LAUNCHING SYSTEM OF ONE TRUSS AT A TIME (NOT BOTH AT THE SAME TIME)<br>PERINGATAN HANYA DI LUNKAN MEMINDAHKAN LAUNCHING JACK DALAM SATU TRUSS SECARA BERGANTIAN TIDAK BOLEH BERSAMAAN DALAM WAKTU YANG SAMA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |                                                                                     |

- Pada tiap tahap SOP dikontrol oleh tenaga ahli konstruksi yang kompeten (mengerti kenapa hal tersebut harus dilakukan) dan legal (bersertifikat)