

PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN BETON PRACETAK DAN PRATEGANG

DR. IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN



www.iappi-Indonesia.org



IAPPI Indonesia



@iappi_indonesia



@iappinesia

Daftar Isi

- Pendahuluan
- Pekerjaan Pembesian
- Pekerjaan Bekisting (Formwork)
- Beberapa contoh
 - Desain Rumah Susun
 - Desain Pipe Rack
 - Desain Rumah Tinggal
 - Perencanaan Pelat pada Bangunan Gedung
 - Sistem formwork dan perancah pier jembatan
 - Dari perhitungan struktur tahap konstruksi ke SOP Konstruksi
- Penutup

The background of the slide features a low-angle, black and white photograph of several modern high-rise buildings. The buildings have a grid-like facade with many windows. Some trees are visible in the foreground and to the right, partially obscuring the buildings. The overall composition is clean and architectural.

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

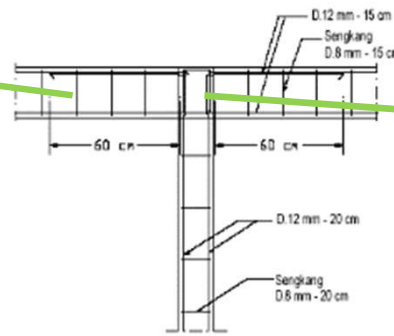


I. Pendahuluan

- Keruntuhan struktur karena tulangan terpasang tidak memenuhi persyaratan teknis



Tidak ada ring balok di sopi-sopi



DETAIL HUB. KOLOM BETON TENGAH DENGAN RING BALOK

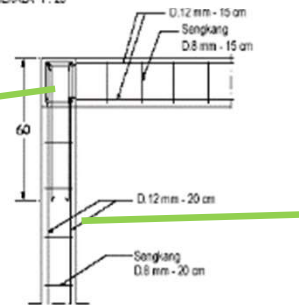
SEKALA 1 : 20



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

- Keruntuhan konstruksi karena sistem bekisting formwork tidak memenuhi persyaratan



KKBG 2019
Buci Prasetyo, Dian BPB, Diana Kusumastuti, Esty BPB, Feri, Firdaus, Ira, Jimmy, Kusnanti, La...

Diana Kusumastuti BPB
Ini banyak banget yg ambruk bangunan apakah krn faktor alam, faktor pembangunan yg tidak tepat atau pemanfaatan yg tidak tepat 08:14

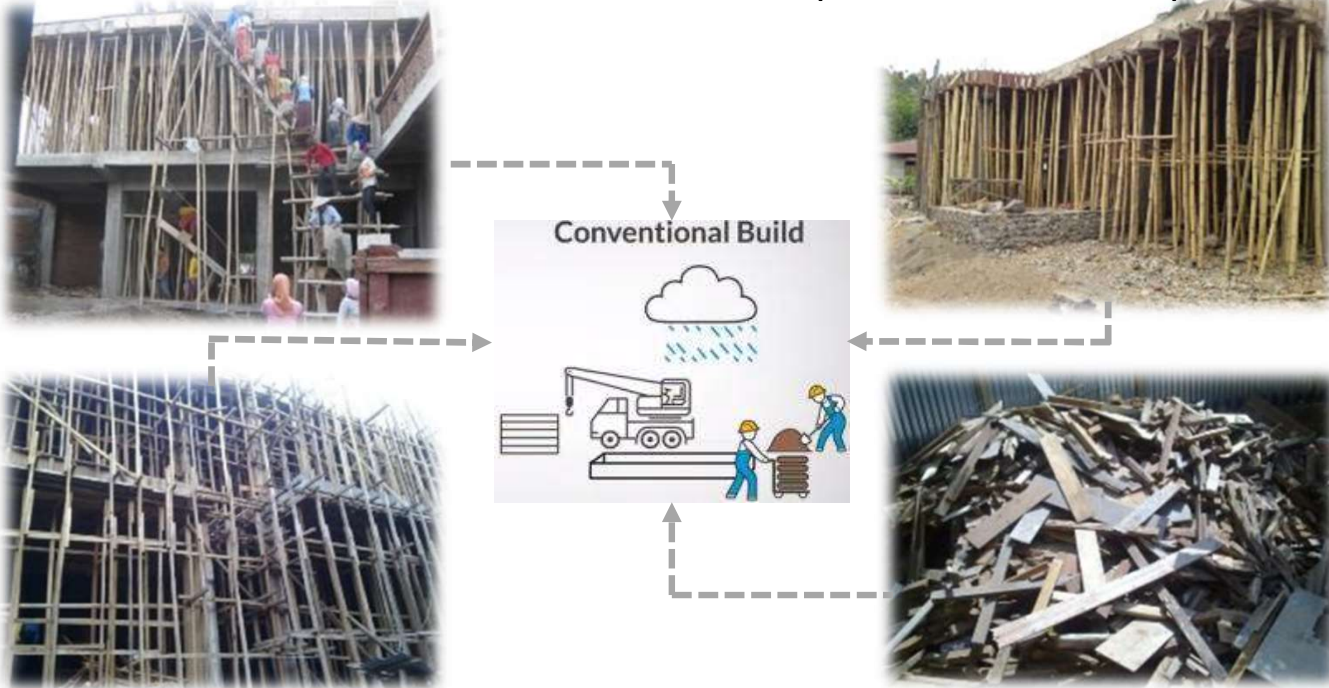
Mhn masukan dan saran bapak dan ibu 08:15

Jimmy Lpjik
Menurut saya:
1) bgn dirancang di bawah persy teknis dan/atau tdk sesuai dg regulasi
2) jk bgn dirancang dg benar, mgkn tdk dilaksanakan dg benar krn tdk ada dan/atau pengawasannya tdk optimal
3) jk dirancang benar, dilaksanakan secara benar dan diawasi pelaksanaannya secara benar, mungkin tdk dilakukan pemeliharaan, perawatan dan pemeriksaan berkala sesuai ketentuan dan pedoman
4) seluruh atau sebagian tahapan 1 smp 3 dilakukan tp tdk oleh penyedia jasa yg memiliki tenaga ahli yg kompeten,
5) kombinasi dari keempat hal di atas
5) jika seluruh butir 1 sd 4 dilaksanakan tp tmsh terjadi, itu baru namanya musibah 09:22

Perancangan tidak baik di level gambar detail. Pelaksanaan umumnya sembarangan. Sekarang tidak banyak Yang kompeten di bidang konstruksi karena iklimnya tidak menarik: penghargaan tidak kompetitif dibanding resiko teknis dan legal. Kita sedang perbaiki dari mulai promosi profesi ini di generasi milenial, update Pengajaran di perguruan Tinggi dan Politeknik, Serta upgrade di tenaga konstruksi yang ada baik via pelatihan, bimbingan teknis, sertifikasi dan mengawal imb dan SLF via tabg 09:37

I. Pendahuluan

- KONSTRUKSI ON SITE / INSITU (KONVENSIONAL)



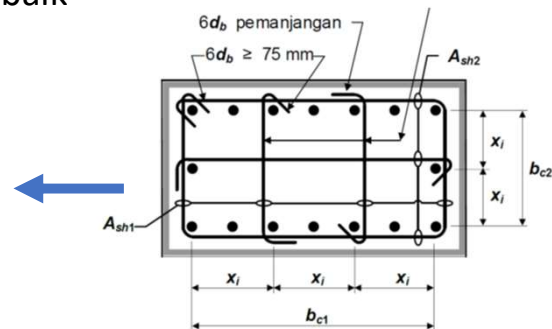
- Konstruksi Konvensional dengan kemajuan zaman saat ini sudah mulai ditinggalkan, karena memiliki kekurangan dari aspek :
1. Mutu yang tidak 'Konsisten' akibat faktor cuaca dan pengerjaan on site.
 2. Limbah / Waste Konstruksi yang banyak
 3. Site Konstruksi Lebih Kotor
 4. Waktu Pengerjaan lebih lama

Contoh : Rusun 3 lantai total luas 2500 m², dengan durasi kontrak 6 bulan.

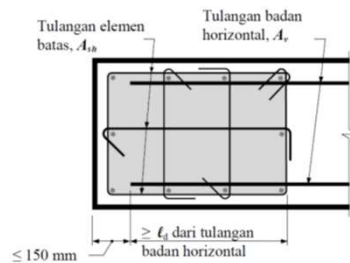
$$\text{Kapabilitas} = \frac{2500 \text{ m}^2}{6 \text{ bulan} \times 25 \text{ hari/bulan}} = 17 \text{ m}^2/\text{hari}$$

I. Pendahuluan

Code saat ini 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_t 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_t .



(b)
Pilihan dengan penyaluran lurus tulangan



I. Pendahuluan

- KONSTRUKSI OFF SITE (PRECAST)



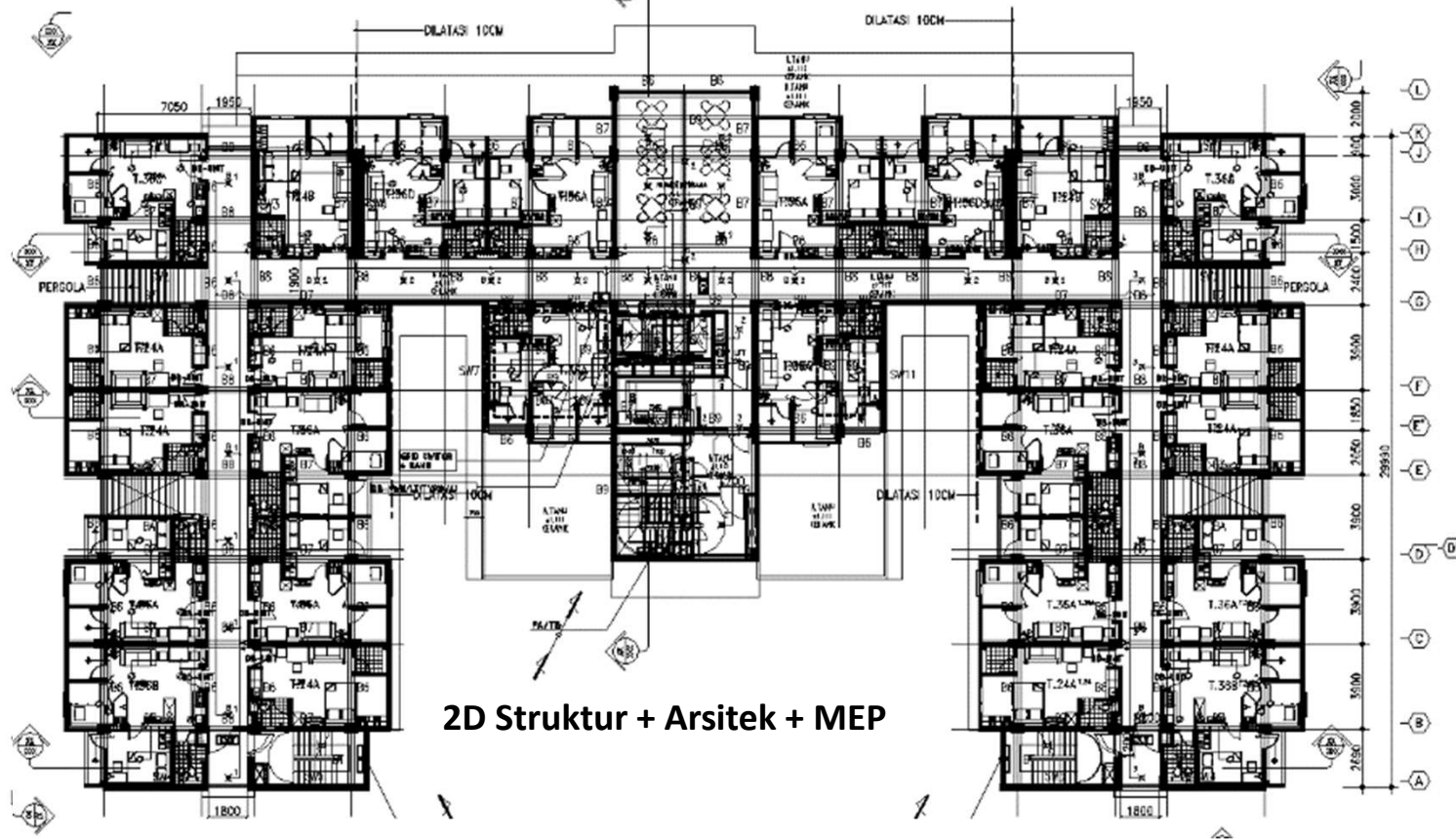
Konstruksi Offsite Precast: Produksi komponen konstruksi pracetak tidak dicor ditempat (Cast Insitu) melainkan di pabrik khusus produksi (Offsite) atau bisa juga Pracetak On Site.

Kontrol mutu terjamin, pelaksanaan cepat, biaya ekonomis



I. Pendahuluan

Proses Penyelenggaraan Konvensional



I. Pendahuluan

DAFTAR GAMBAR		
ARSITEKTUR		
No.	Uraian	Skala
01	DAFTAR GAMBAR	1:100
02	SKRIPSI	1:100
03	DAFTAR GAMBAR	1:100
04	DAFTAR GAMBAR	1:100
05	DAFTAR GAMBAR	1:100
06	DAFTAR GAMBAR	1:100
07	DAFTAR GAMBAR	1:100
08	DAFTAR GAMBAR	1:100
09	DAFTAR GAMBAR	1:100
10	DAFTAR GAMBAR	1:100
11	DAFTAR GAMBAR	1:100
12	DAFTAR GAMBAR	1:100
13	DAFTAR GAMBAR	1:100
14	DAFTAR GAMBAR	1:100
15	DAFTAR GAMBAR	1:100
16	DAFTAR GAMBAR	1:100
17	DAFTAR GAMBAR	1:100
18	DAFTAR GAMBAR	1:100
19	DAFTAR GAMBAR	1:100
20	DAFTAR GAMBAR	1:100
21	DAFTAR GAMBAR	1:100
22	DAFTAR GAMBAR	1:100
23	DAFTAR GAMBAR	1:100
24	DAFTAR GAMBAR	1:100
25	DAFTAR GAMBAR	1:100
26	DAFTAR GAMBAR	1:100
27	DAFTAR GAMBAR	1:100
28	DAFTAR GAMBAR	1:100
29	DAFTAR GAMBAR	1:100
30	DAFTAR GAMBAR	1:100
31	DAFTAR GAMBAR	1:100
32	DAFTAR GAMBAR	1:100
33	DAFTAR GAMBAR	1:100
34	DAFTAR GAMBAR	1:100
35	DAFTAR GAMBAR	1:100
36	DAFTAR GAMBAR	1:100
37	DAFTAR GAMBAR	1:100
38	DAFTAR GAMBAR	1:100
39	DAFTAR GAMBAR	1:100
40	DAFTAR GAMBAR	1:100
41	DAFTAR GAMBAR	1:100
42	DAFTAR GAMBAR	1:100
43	DAFTAR GAMBAR	1:100
44	DAFTAR GAMBAR	1:100
45	DAFTAR GAMBAR	1:100
46	DAFTAR GAMBAR	1:100
47	DAFTAR GAMBAR	1:100
48	DAFTAR GAMBAR	1:100
49	DAFTAR GAMBAR	1:100
50	DAFTAR GAMBAR	1:100

Drawing, Budget, Specificarion

**REKAPITULASI
PERKIRAAN HARGA PEKERJAAN**

KEGIATAN :
 No. ENJEK :
 NAMA PROJEK :
 PEKERJA / KAS :

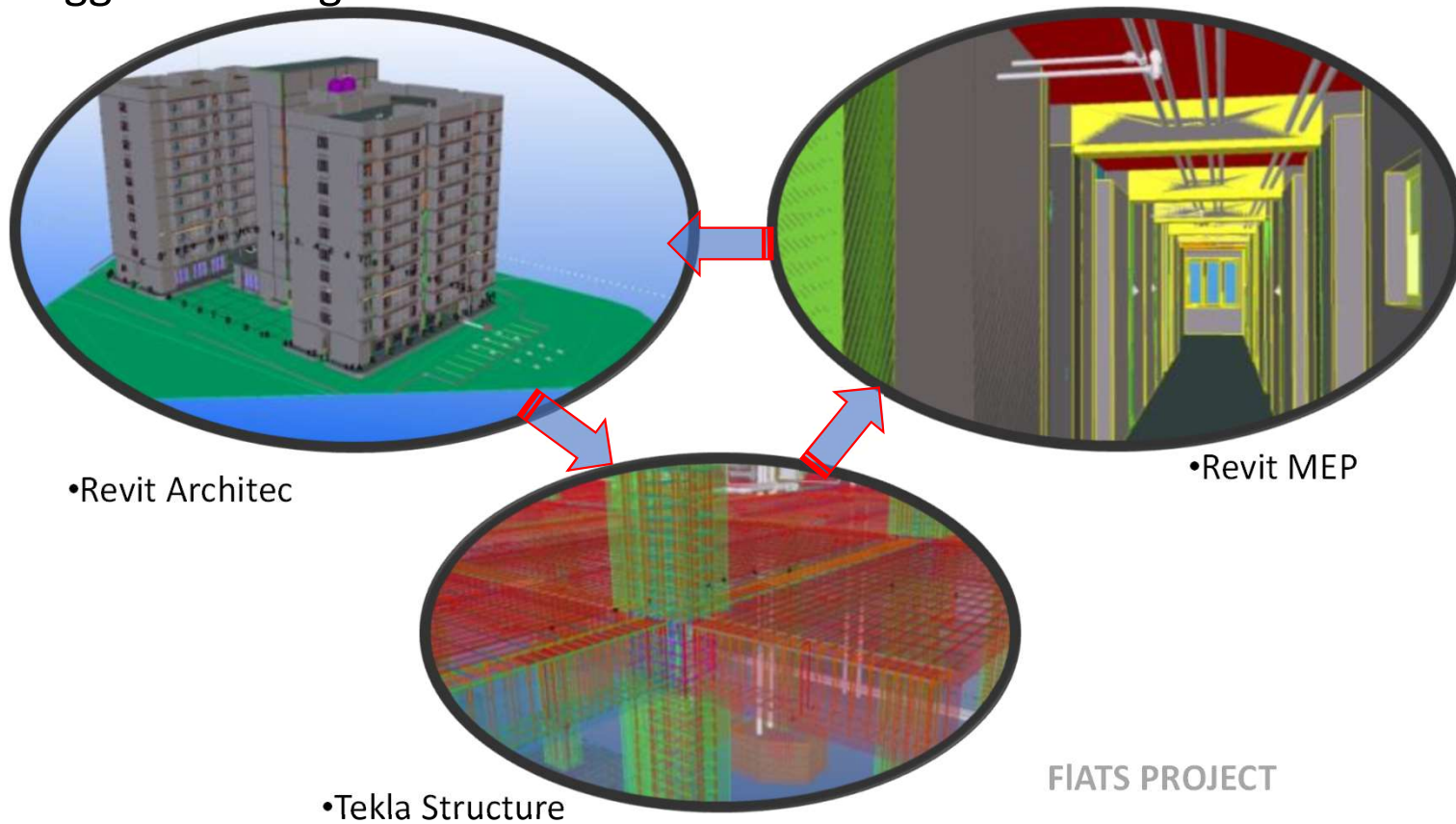
No.	URAIAN	Jumlah	JA PEKERJAAN
Urut			(Rp/Unit)
1	Galian	1	74.300.000,00
2	Ornamen	1	4.004.004,00
3	Pekerjaan Teras	1	72.042.000,00
4	Pekerjaan Perawatan dan Sifat Jalan	1	-
5	Pekerjaan Pasir aspal	1	1.074.727.204,00
6	Pekerjaan Aspal	1	-
7	Struktur	1	218.794.823,00
8	Pengembangan Rencana Anggaran Biaya	1	-
9	Pekerjaan Hutan	1	-
10	Pekerjaan Pemeliharaan	1	-
(A) Jumlah Harga Pekerjaan		1	2.027.871.027,00
(B) Pajak Pertambahan Nilai (PPN) 11%		1	223.065.816,97
(C) SURABAY 10% (RUMAH SAKIT) 10%		1	2.250.936.843,97
(D) BIAYA KAWAN		1	2.250.936.843,97
TOTAL		1	2.250.936.843,97

Catatan :
 1. Harga Dasar Pekerjaan
 2. Harga Dasar Pekerjaan
 3. Harga Dasar Pekerjaan
 4. Harga Dasar Pekerjaan
 5. Harga Dasar Pekerjaan
 6. Harga Dasar Pekerjaan
 7. Harga Dasar Pekerjaan
 8. Harga Dasar Pekerjaan
 9. Harga Dasar Pekerjaan
 10. Harga Dasar Pekerjaan



I. Pendahuluan

Penyelenggaraan dengan BUILDING INFORMATION MODELLING



I. Pendahuluan

Penyelenggaraan dengan BUILDING INFORMATION MODELLING



Pabrik Precast Otomatis-Robotic Sistem Carousel dengan kendali dari BIM



File BIM dimasukkan ke komputer pengendali dalam Sistem ERP



Komputer mengendalikan robot meletakkan 'magnetic shutter' untuk membentuk cetakan



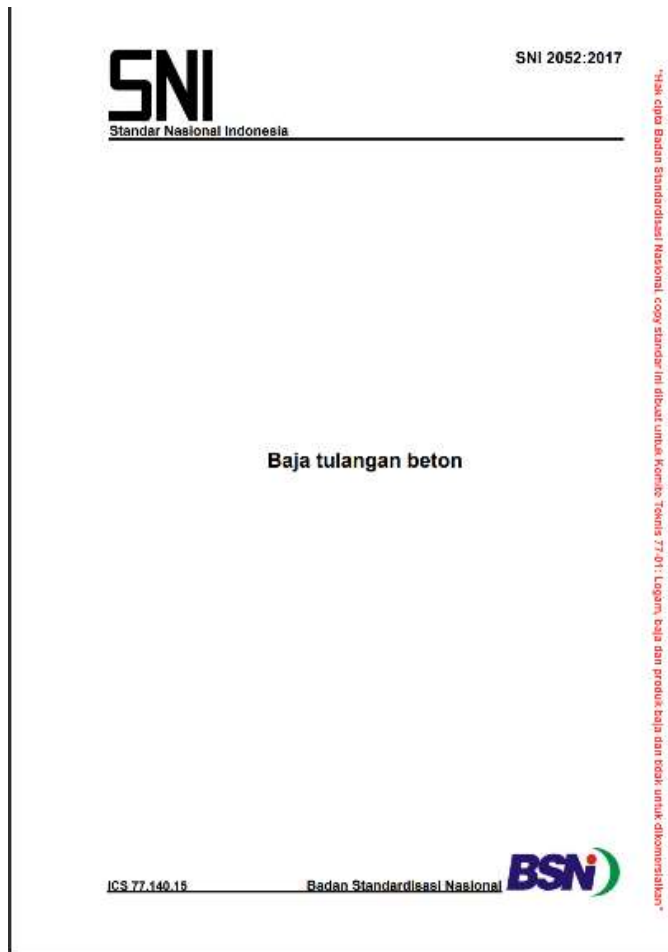
Perakitan tulangan, pengecoran self compacting concrete, oven, produk jadi

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

02-Pekerjaan Pembesian

- Regulasi
- Standar drawing
- Shopdrawing

II. Pekerjaan Pembesian



II. Pekerjaan Pembesian

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 ²	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)
 $A = 0,7854 \times d^2$ (mm²)
 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	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Tinggi sirip (K)		Jarak sirip melintang (P) Maks	Lebar sirip membujur (T) Maks	Berat nominal per meter
				min	maks			
				mm	mm			
1	S 6	6	28	0,3	0,5	4,2	4,7	0,222
2	S 8	8	50	0,4	0,8	5,6	5,3	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	0,9	1,6	11,2	12,8	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 dikur.
2. Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sirip/ulir adalah sebagai berikut:
 - a) Luas penampang nominal (A)
 $A = 0,7854 \times d^2$ (mm²)
 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
 - e) Jumlah Z (dus) sirip membujur maksimum = 0,25 K
 Keliling nominal (K)
 $K = 0,3142 \times d$ (mm)

II. Pekerjaan Pembesian

Toleransi Diameter Tulangan

SNI 2052:2017

Tabel 4 - Ukuran dan toleransi diameter BjTP

No	Diameter (d)	Toleransi (t)	Penyimpangan kebulungan 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 kebulungan maksimum dengan rumus:
 $p = (d_{maks} - d_{min}) \leq (2t \times 70\%)$
2. Toleransi untuk baja tulangan beton polos = $d - d_{aktual}$

II. Pekerjaan Pembesian

Toleransi Diameter Tulangan

SNI 2052:2017

Tabel 5 - Toleransi berat per batang BjTS

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

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

II. Pekerjaan Pemesinan

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 ¹⁾ λ	Beton ringan	0,75
	Beton ringan, bila f'_c ditentukan	Sesuai dengan 19.2.4.3
	Beton normal	1,0
Epoksi Ψ_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 Ψ_s	Batang D22 dan yang lebih besar	1,0
	Batang D19 dan yang lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Posisi pengecoran ¹⁾ Ψ_s	Lebih dari 30 mm beton segar diletakkan di bawah tulangan horizontal	1,3
	lainnya	1,0

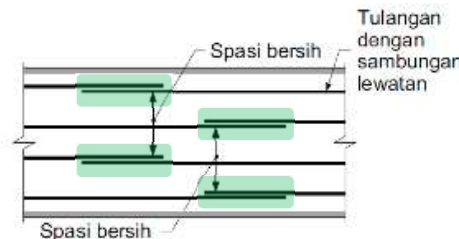
¹⁾ Hasil dari Ψ_e, Ψ_s tidak boleh melebihi 1,7

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 ℓ_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	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \Psi_s}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \Psi_s}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus-kasus lainnya	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \Psi_s}{1,4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \Psi_s}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

25.4.2.1 Panjang penyaluran ℓ_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



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

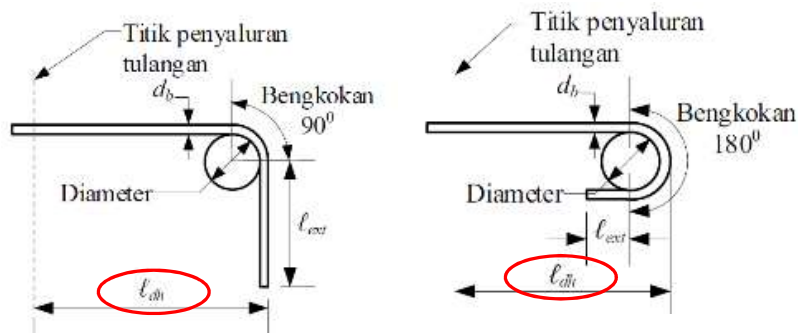
Dimana nilai $(c_b + K_{tr})/d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan

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

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

II. Pekerjaan Pembesian

Panjang Penyaluran Tulangan – Dengan Kait



25.4.3.1 Panjang penyaluran tarik l_{dt} 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 λ 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 λ	Beton ringan	0,75
	Beton normal	1,0
Epoksi Ψ_e	Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi	1,2
	Tulangan tanpa pelapis atau pelapis seng (galvanis)	1,0
Selimut Ψ_c	Untuk batang D36 dan yang lebih kecil dengan tebal selimut samping (normal terhadap bidang kait) $\geq 65 \text{ mm}$ dan untuk kait 90 derajat dengan tebal selimut pada perpanjangan batang di luar kait $\geq 50 \text{ mm}$	0,7
	Lainnya	1,0
	Untuk kait 90 derajat batang D36 dan yang lebih kecil 1. dilingkupi sepanjang l_{dt} sengkang ikat atau sengkang ^[1] yang tegak lurus terhadap l_{dt} pada $s \leq 3d_b$, atau 2. dilingkupi sepanjang perpanjangan tulangan melewati kait termasuk bengkokan dengan sengkang ikat atau sengkang ^[1] yang tegak lurus terhadap l_{dev} pada $s \leq 3d_b$	
Untuk kait 180 derajat D36 dan yang lebih kecil dilingkupi sepanjang l_{dt} dengan sengkang ikat atau sengkang ^[1] yang tegak lurus terhadap l_{dt} pada $s \leq 3d_b$		1,0

II. Pekerjaan Pembesian

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.

II. Pekerjaan Pembesian

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

II. Pekerjaan Pembesian

Persyaratan Material Baja Tulangan

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):

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

Tabel 20.2.2.4a – Tulangan ulir nonprategang

Penggunaan	Aplikasi	f_y atau f_u 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	A104M ¹
Kekangan lateral dari batang longitudinal atau kekangan beton	Sistem seismik khusus	700	A615M, A706M, A955M, A996M, A1035M	A1064M, A1022M	A1064M ² , A1022M ²	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 ¹ , A1022M ²	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 pengekan	420	A615M, A706M, A955M, A996M	A1064M, A1022M	A1064M, A1022M Kawat las polos	Tidak diizinkan
		550	Tidak diizinkan	Tidak diizinkan	A1064M, A1022M Kawat las ulir	Tidak diizinkan
Torsi	Longitudinal dan transversal	420	A615M, A706M, A955M, A996M	A1064M, A1022M	A1064M, A1022M	Tidak diizinkan

Tabel 20.2.2.4b – Tulangan spiral polos nonprategang

Penggunaan	Aplikasi	f_y atau f_u 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 gempa 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

II. Pekerjaan Pembesian

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)

$f_y \text{ max}=545$

$TS/YS \geq 1,25$

ϵ_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 Maks. 405	Min. 350	11 ($d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	-
			12 ($d \geq 12$ mm)	180°	5d ($d \geq 19$ mm)	
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ($d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ($d \geq 13$ mm)	180°	5d ($d \geq 19$ mm)	
BjTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 ($d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			8 ($22 \leq d \leq 25$ mm)	180°	5d ($19 \leq d \leq 25$ mm)	
			7 ($d \geq 29$ mm)	180° 90°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm) 9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	14 ($d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ($22 \leq d \leq 36$ mm)	180°	5d ($19 \leq d \leq 25$ mm)	
			10 ($d > 36$ mm)	180° 90°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm) 9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ($d \geq 29$ mm)	180° 90°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm) 9d ($d > 36$ mm)	
			7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	6 ($d \geq 29$ mm)	180° 90°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm) 9d ($d > 36$ mm)	Min. 1,25
			7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	
			6 ($d \geq 29$ mm)	180° 90°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm) 9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1,15
			6 ($d \geq 29$ mm)	180° 90°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm) 9d ($d > 36$ mm)	
			7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	

II. Pekerjaan Pembesian

Panjang Penyaluran Dengan Kait & Bengkokan

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

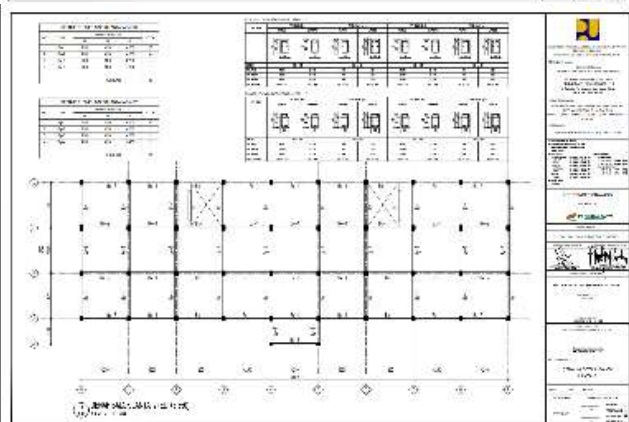
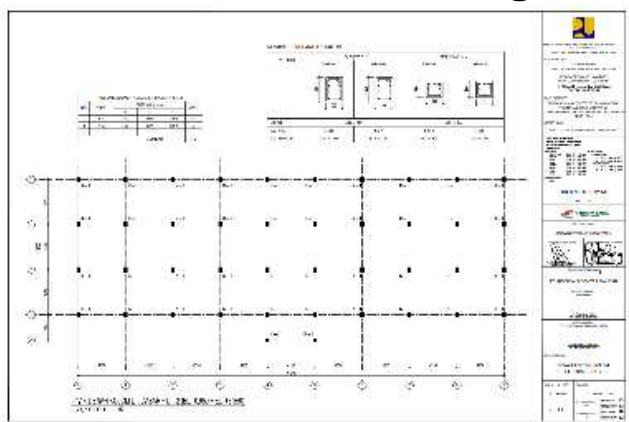
Tipe kait standar	Ukuran batang	Diameter sisi dalam bengkokan minimum	Perpanjangan lurus ^[1] ℓ_{ext} , mm	Tipe kait standar
Kait 90 derajat	D10 hingga D 25	$6d_b$	$12d_b$	
	D29 hingga D 36	$8d_b$		
	D43 hingga D57	$10d_b$		
Kait 180 derajat	D10 hingga D25	$6d_b$	terbesar dari $4d_b$ dan 65 mm	
	D29 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 pengekang

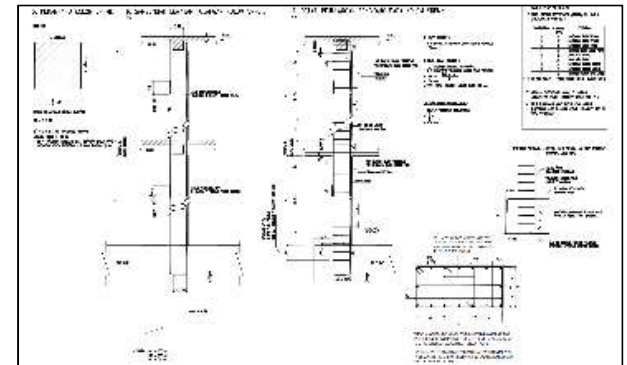
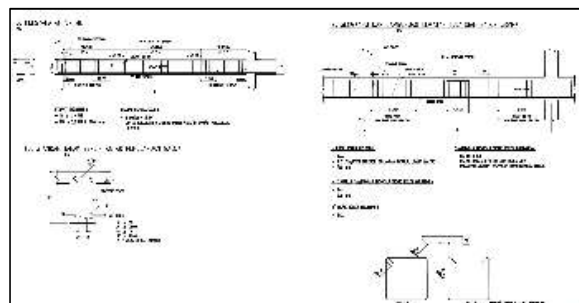
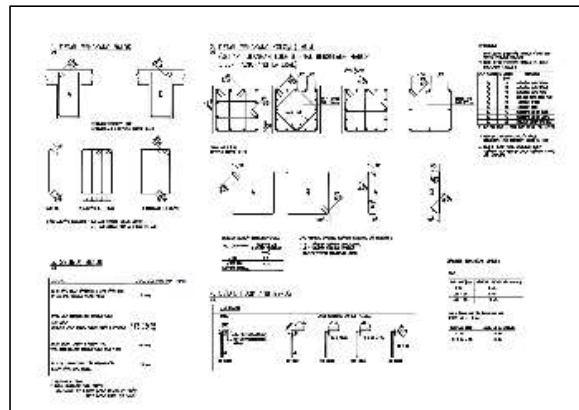
Tipe Kait standar	Ukuran batang	Diameter sisi dalam bengkokan minimum	Perpanjangan lurus ^[1] ℓ_{ext} , mm	Tipe kait standar
Kait 90 derajat	D10 hingga D16	$4d_b$	Terbesar dari $6d_b$ dan 75 mm	
	D19 hingga D25	$6d_b$	$12d_b$	
Kait 135 derajat	D10 hingga D16	$4d_b$	Terbesar dari $6d_b$ dan 75 mm	
	D19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

II. Pekerjaan Pembesian

Standar Detail Drawing



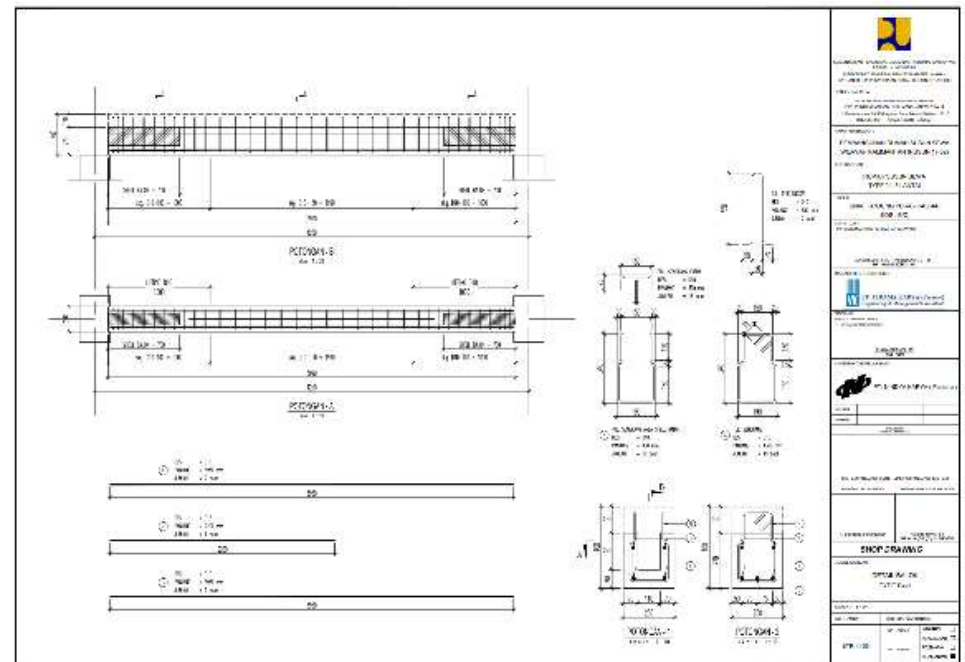
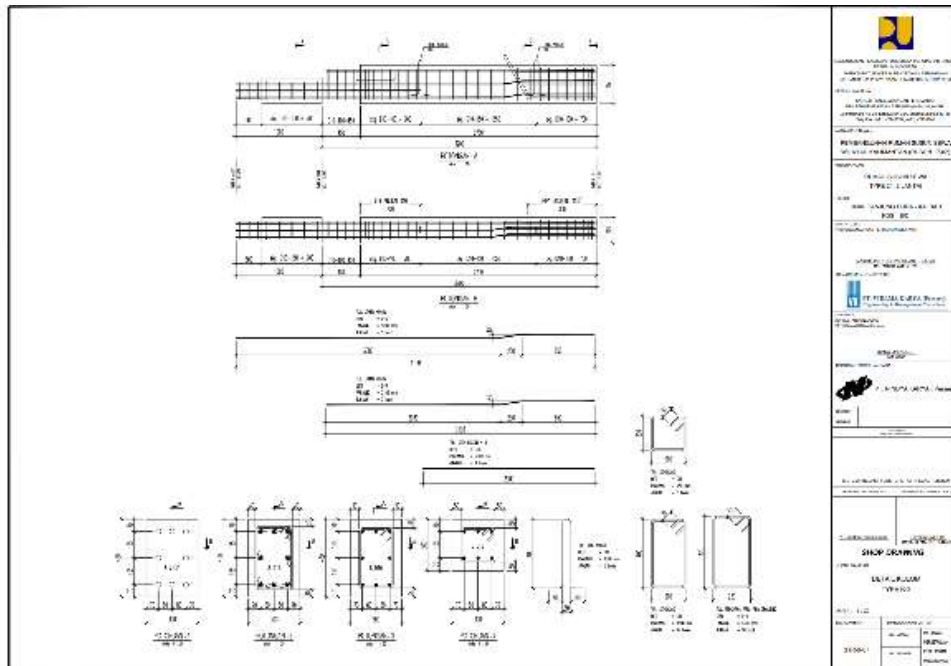
Gambar Skematik Desain +



Standard Detail Drawing → Shopdrawing

II. Pekerjaan Pembesian

Shop Drawing



Digunakan pelaksana di lapangan untuk pekerjaan pembesian

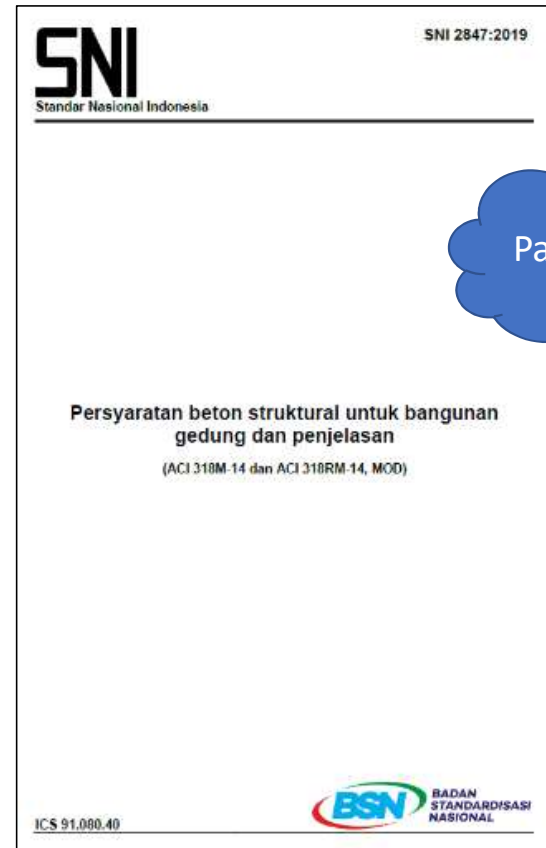
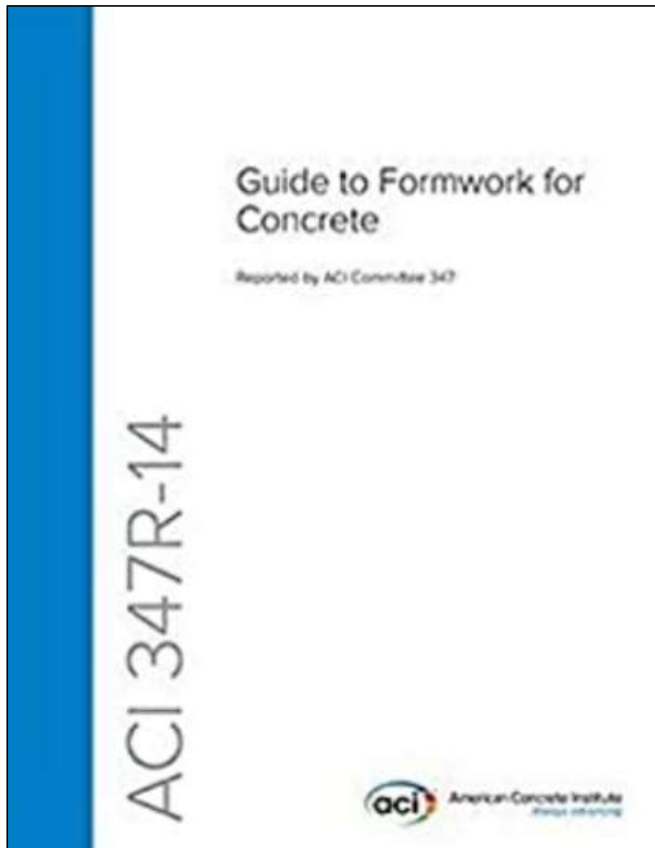


03-Pekerjaan Bekisting (Formwork)

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

III. Pekerjaan Bekisting

BEKISTING (Acuan Normative)



III. Pekerjaan Bekisting

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 megeras (Mc.Cormac;2004)

III. Pekerjaan Bekisting

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 krops.
- **AMAN**, artinya harus stabil pada posisi kokoh yaitu harus mampu menahan beban-beban khususnya vertikal/horizontal, harus mampu menahakan beban horizontal sehingga tidak bergeser dari 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

III. Pekerjaan Bekisting

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 tapa merusak komponen struktur

III. Pekerjaan Bekisting

Syarat Desain Bekisting (Syarat Penerimaan)

Berdasarkan SNI Pasal 26.11 ; SNI 2847:2019, *Pelepasan Bekisting* harus mempertimbangkan :

- 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
- Hasil Analisa struktur harus menunjukkan bahwa struktur aman dengan mempertimbangkan beban rencana

III. Pekerjaan Bekisting

Syarat Desain Bekisting (Syarat Penerimaan)

Berdasarkan SNI Pasal 26.11 ; SNI 2847:2019, *Pelepasan Bekisting* harus mempertimbangkan :

- Perkiraan kekuatan beton cor ditempat berdasarkan pengujian silinder dilapangan
- Pelepasan bekisting harus dilakukan dengan seksama agar tidak mengurangi kemampuan layan dan keamanan 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
- 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

III. Pekerjaan Bekisting

BAHAN BEKISTING

KOLOM



BALOK/KOLOM BAJA



BALOK + KONSOL



TIE BEAM / SLOOF



III. Pekerjaan Bekisting

BAHAN BEKISTING

Cetakan pelat waffle crete dari bahan polymer



Cetakan pelat column slab dari bahan baja



III. Pekerjaan Bekisting

BAHAN BEKISTING



III. Pekerjaan Bekisting

BAHAN PERANCAH



Perancah + Bekisting Kayu



Perancah Metal + Bekisting Kayu



Sistem Perancah Bekisting



Sistem Formwork Bearing Wall

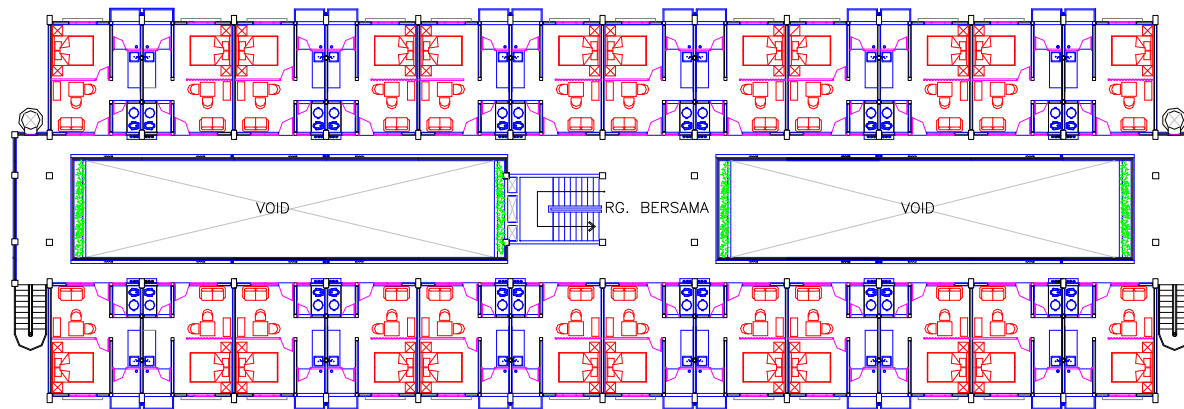
The background of the slide features a collage of architectural images. On the left, there's a view of a modern building with a grid-like facade and a balcony. On the right, another building with a similar grid facade is shown, partially obscured by trees. At the bottom center, a tall, modern skyscraper is visible against a light sky. The overall aesthetic is clean and professional, focusing on contemporary architecture.

04-Contoh

- Desain Rumah Susun
- Desain Pipe Rack
- Desain Rumah Tinggal
- Perencanaan Pelat pada Bangunan Gedung
- Sistem formwork dan perancah pier jembatan
- Dari perhitungan struktur tahap konstruksi ke SOP Konstruksi

IV. Contoh

DESAIN RUMAH SUSUN



Rusunawa T24
Kemen PU



IV. Contoh

DESAIN RUMAH SUSUN

Data Prototype

Data DED di suatu lokasi tertentu

Data Sistem Pracetak

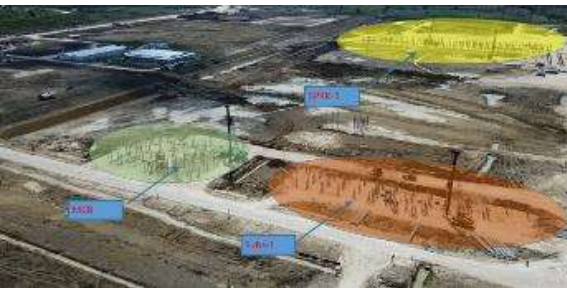
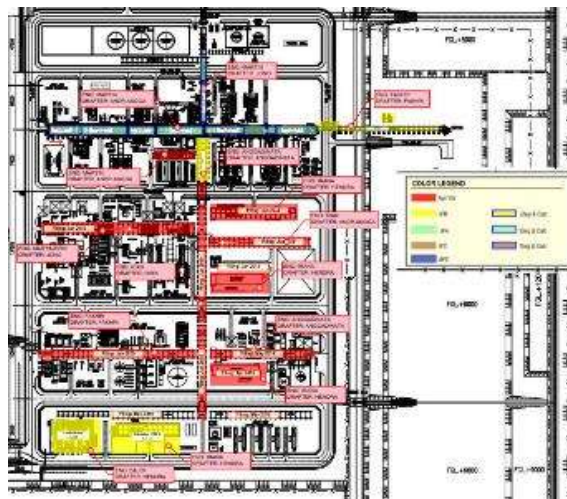
Data Shop Drawing

Data BIM

IV. Contoh

DESAIN PIPERACK

- Pertamina EP Cepu Jambaran Tiung Biru (2019-2020) Full off Site Construction



Kolom Tinggi, Balok, Hollow core, Sambungan Paskatarik tanpa lekatan, sambungan momen, sambungan pin

IV. Contoh

DESAIN PIPERACK

[Data IFIR](#)

[Data IFA](#)

[Data Shop Drawing](#)

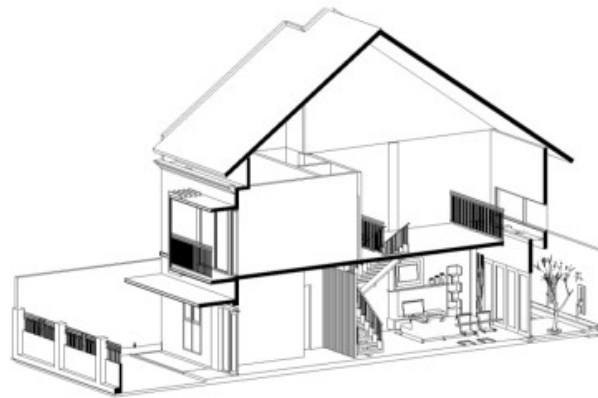
IV. Contoh

DESAIN PIPERACK

- Film JTB

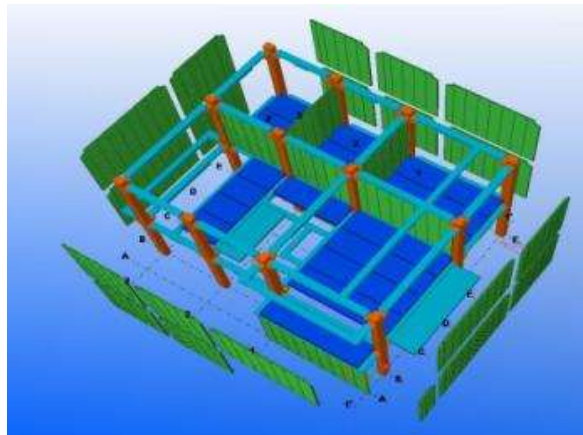
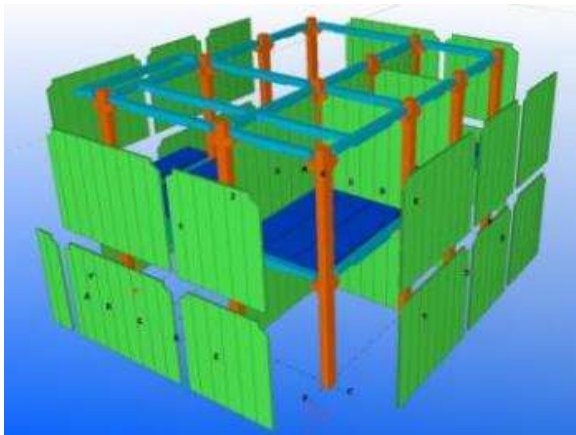
IV. Contoh

DESAIN RUMAH TINGGAL

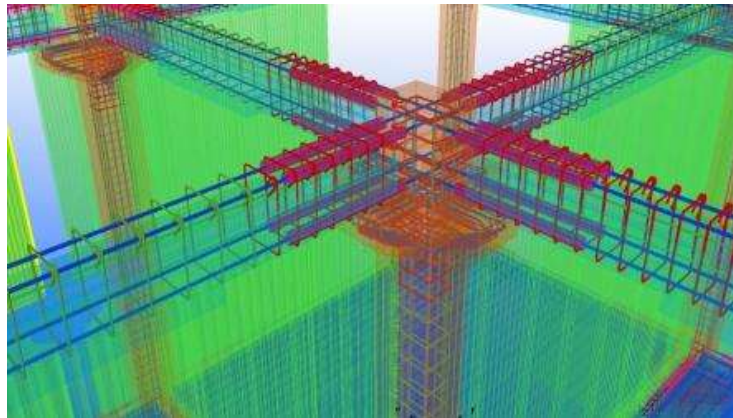
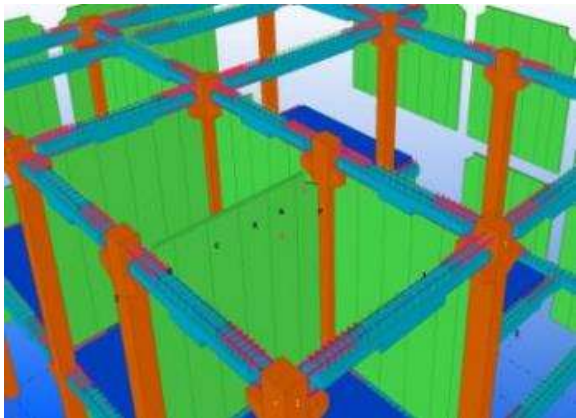


IV. Contoh

DESAIN RUMAH TINGGAL



Shopdrawing



IV. Contoh

DESAIN RUMAH TINGGAL



IV. Contoh

DESAIN RUMAH TINGGAL



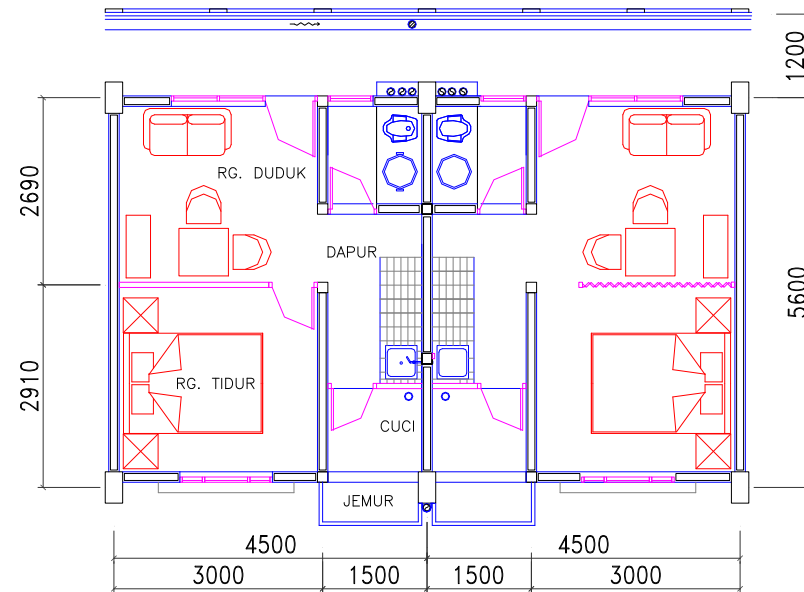
IV. Contoh

DESAIN RUMAH TINGGAL



IV. Contoh

PERENCANAAN SISTEM BEKISTING / FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT



Dimensi Pelat 4.5 x 5.4 m

IV. Contoh

PERENCANAAN SISTEM BEKISTING / FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

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 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 (ϕ)

Gaya atau elemen struktur	ϕ	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, ϕ harus sesuai dengan 21.2.3

IV. Contoh

PERENCANAAN SISTEM BEKISTING / FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

DESAIN PELAT

$$\begin{aligned} l_x \text{ sisi pendek} &= 4.5 \text{ m} \\ l_y \text{ sisi panjang} &= 5.4 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} l_{nx} &= l_x - b_1/2 - b_3/2 & 4.2 \text{ m} \\ l_{ny} &= l_y - b_2/2 - b_4/2 & 5.1 \text{ m} \end{aligned}$$

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

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

(Tabel 8.3.1.2) SNI 2847:2019

Diket :

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

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Jadi : } h &= 0.120 \text{ m} \\ &= \frac{120 \text{ mm}}{130 \text{ mm}} = 0.130 \text{ m} \end{aligned}$$

IV. Contoh

PERENCANAAN SISTEM BEKISTING / FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

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

Diket : WDL = 3.12 KN/m² = 312 kg/m² t_s 130 mm = 0.13 m
 BEBAN WALL+FLOOR WSDL = 1.2 KN/m² = 120 kg/m² BJ Beton 2400 kg/m³ 24 KN/m³
 WLL = 2.5 KN/m² = 250 kg/m²

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 :

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

		ly/lx		Cat	s max tulangan pelat = 2xts (Pasal 15.3.2)	ϕM_n 0.8 (As/s.fy.0.8d)		ϕM_n						
		1.2	1.214	1.4					0.260 m					
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

IV. Contoh

PERENCANAAN SISTEM BEKISTING / FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

PELAT			
Luas Lantai	24.300	m ²	
tebal	0.130	m	
volume total	3.159	m ³	
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 ²	
s	200	mm	Pendek
s	200	mm	Panjang
Berat (satu tul.)	0.613	kg/m	
dia	10		
As	78.54	mm ²	
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 ³	
Vc/A	0.1300	m ³ /m ²	
Ws/Vc	96	kg/m ³	

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 $w_u \text{ luas } l_x$	$\frac{l_y}{l_x}$										
			1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0		
I		$\frac{l_y}{l_x} = 1.0$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	41	54	67	79	87	97	110	117	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	41	35	31	28	26	25	24	23	
			$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$									
II		$\frac{l_y}{l_x} = 1.2$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	25	34	42	49	53	58	62	65	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	25	22	18	15	15	15	14	14	
			$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	51	63	72	78	81	82	83	83	
III		$\frac{l_y}{l_x} = 1.4$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	30	41	52	61	67	72	80	83	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	30	27	23	22	20	19	19	19	
			$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	68	84	97	106	113	117	122	124	
IV		$\frac{l_y}{l_x} = 1.6$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	24	36	49	63	74	85	103	113	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	33	33	32	29	27	24	21	20	
			$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112	
V		$\frac{l_y}{l_x} = 1.8$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	33	40	47	52	55	58	62	65	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	24	20	18	17	17	17	16	16	
			$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	69	76	80	82	83	83	83	83	
VI		$\frac{l_y}{l_x} = 2.0$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	31	45	58	71	81	91	106	115	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	39	37	34	30	27	25	24	23	
			$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114	
VII		$\frac{l_y}{l_x} = 2.5$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	39	47	57	64	70	75	81	84	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	31	25	23	21	20	19	19	19	
			$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	91	98	107	113	118	120	124	124	
VIII		$\frac{l_y}{l_x} = 3.0$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	25	36	47	57	64	70	79	83	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	28	27	23	20	18	17	16	16	
			$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	54	72	88	100	108	114	121	124	
IX		$\frac{l_y}{l_x} = 3.0$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	60	69	74	76	76	76	73	71	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	28	37	45	50	54	58	62	65	
			$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	25	21	19	18	17	17	16	16	
X		$\frac{l_y}{l_x} = 3.0$	$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	60	70	76	80	82	83	83	83	
			$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 x$	54	55	55	54	53	53	51	49	
			$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	54	55	55	54	53	53	51	49	

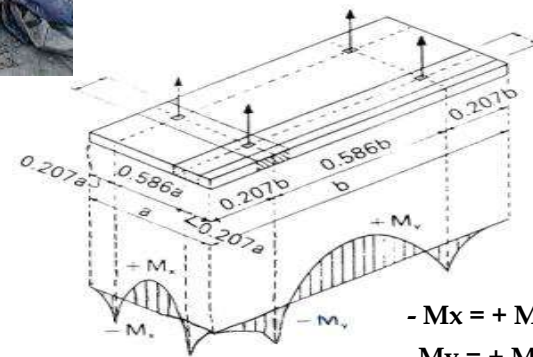
= terletak bebas

IV. Contoh

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



$$\begin{aligned} -M_x &= +M_x = 0,0107 wba^2 \\ -M_y &= +M_y = 0,0107 wab^2 \end{aligned}$$

IV. Contoh

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/m²



IV. Contoh

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 kg/m^2



IV. Contoh

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 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 ϕ 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_i , termasuk beban mati yang sudah bekerja, harus sekurang-kurangnya yang terbesar dari a), b), dan c):

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

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

$$c) T_i = 1,3D \quad (27.4.2.2c)$$

Tabel 27.3.2.1 – Faktor reduksi kekuatan maksimum yang diizinkan

Kekuatan	Klasifikasi	Tulangan transversal	Maksimum izin ϕ
Lentur, aksial, atau keduanya	Terkontrol tarik	Semua kasus	1,0
	Terkontrol tekan	Spiral ^[1]	0,9
Lainnya		0,8	
Geser, torsi, atau keduanya			0,8
Tumpu			0,8

^[1]Tulangan spiral harus memenuhi 10.7.6.3, 20.2.2 dan 25.7.3.

IV. Contoh

PERENCANAAN SISTEM BEKISTING / FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 2847:2019

Perhitungan Pelat

Proyek	:	
Lokasi	:	
Mutu Beton (fc')	=	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	psi 27.4.2.2 SNI 2847:2019
Q _{ULT} (1.3D)	=	562 kg/m	psi 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

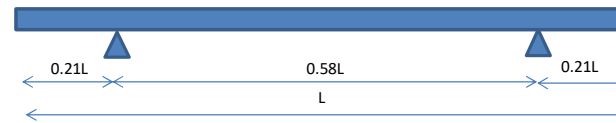
b	=	1000 mm	
d	=	105 mm	selimut beton 25 mm
fc'	=	30 MPa	
fy	=	420 MPa	
Jarak Tulangan (S)	=	250 mm	
n	=	4	
diameter	=	10 mm	
As	=	314.00 mm ²	
a	=	5.17 mm	
M _n , φ=0.9	=	12,155,736 N mm	Tabel 21.2.1 SNI 2847:2019

> **M_{ult} beban luar Ok!**

Tulangan Pembagi

ρ min	=	0.0018	tabel 24.4.3.2 SNI 2847:2019
	=	189.00 mm ²	
dipakai	=	D10	
As	=	78.50	
jumlah / m'	=	3	
jarak tulangan	=	333	
dipakai jarak	=	325	
jarak maksimal	=		psi 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 ³	
tegangan yg terjadi, f	=	M / W	
	=	0.24	
tegangan izin, fr	=	0.62√fc'	psi 24.5.2.1 SNI 2847:2019
fc' = 0.4fc' (1 hari)	=	12 Mpa	
fr	=	2.15 Mpa	

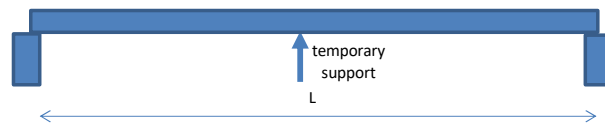
> **tegangan yg terjadi Ok!**

IV. Contoh

PERENCANAAN SISTEM BEKISTING / FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 2847:2019

C CEK PADA SAAT ERECTION



Perhitungan Momen / m'

Bentang (L)	=	4.5 m	
Q_{LL}	=	100 kg/m	(beban pekerja + alat kerja)
Q_{SLAB}	=	312 kg/m	
Q_{total}	=	412 kg/m	
$M_{ULT} = 0.125Q(L/2)^2$	=	260.72 kgm	
	=	2,607,188 Nmm	

Kapasitas Momen / m' tebal slab 13 cm

b	=	1000 mm	
h	=	130 mm	
momen tahanan, W	=	$1/6 b h^2$	
	=	2816666.67 mm ³	
tegangan yg terjadi, f	=	M / W	
	=	0.93	
tegangan izin, f_r	=	$0.62f_{ci}$	psi 24.5.2.1 SNI 2847:2019
$f_{ci} = 0.6f_c'$ (3 hari)	=	18 Mpa	
f_r	=	2.63 Mpa	> tegangan yg terjadi Ok!

D PENULANGAN TUMPUAN (TULANGAN ATAS)

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	psi 27.4.2.2 SNI 2847:2019
$Q_{ULT} (1.3D)$	=	562 kg/m	psi 27.4.2.2 SNI 2847:2019
$M_{ult tumpuan}$	=	1,605 kgm	($1/11ql^2$)
	=	16,049,045 Nmm	

Kapasitas Momen / m' dengan D10 - 175

b	=	1000 mm	
d	=	105 mm	selimut beton 25 mm
f_c'	=	30 MPa	
f_y	=	420 MPa	
Jarak Tulangan (S)	=	175 mm	
n	=	6	
diameter	=	10 mm	
A_s	=	471.00 mm ²	
a	=	7.76 mm	
$M_n, \phi=0.9$	=	18,003,412 N mm	Tabel 21.2.1 SNI 2847:2019

> *M ult tumpuan Ok!*

Tulangan Pembagi

ρ_{min}	=	0.0018	tabel 24.4.3.2 SNI 2847:2019
	=	189 mm ²	
dipakai	=	D10	
A_s	=	78.50	
jumlah / m'	=	3	
jarak tulangan	=	333	
dipakai jarak	=	325	
jarak maksimal	=		psi 7.7.2.4 SNI 2847:2019
5 x tebal slab	=	650 mm	
450	=	450 mm	
Dipakai tulangan pembagi	=	D10 - 325	

IV. Contoh

PERENCANAAN SISTEM BEKISTING / FORMWORK PADA KOMPONEN PELAT

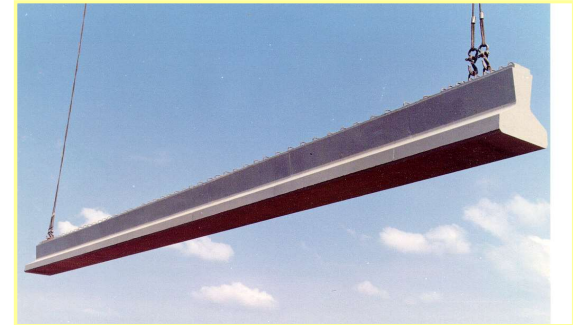
VOLUME		
beton	=	0.585
Tulangan bawah	=	
utama	=	11.09 kg
pembagi	=	8.63 kg
Tulangan atas	=	
utama	=	16.64 kg
pembagi	=	8.63 kg
Total Tulangan	=	44.98 kg
Ws / Vc	=	77 kg/m ³

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.

IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

- I Girder Bentang Panjang



IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

- I Girder Bentang Panjang

Eriksson
Technologies, Inc.

Stability of Precast/Prestressed Concrete Bridge Girders



Roy L. Eriksson, P.E. - Eriksson Technologies, Inc.
PCEF Committee - August 20, 2015, Raleigh, NC

Copyright © 2015 Eriksson Technologies, Inc.

1

Lateral Stability

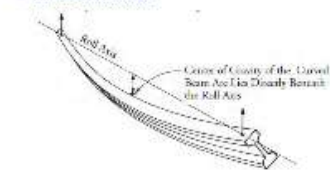
- Two basic cases:
 - Hanging beams
 - Supported beams
- This presentation deals with hanging beams
- *Lateral Stability of Long Prestressed Concrete Beams* (Mast 1989)
 - Lateral bending stability of beams
 - *Not* lateral-torsional buckling, as with steel beams

Lateral Stability

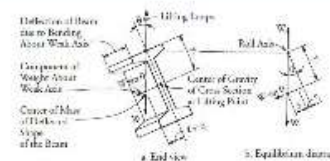
- Torsional stiffness of prestressed concrete beams >> steel beams
- Therefore, assume P/S beams are torsionally rigid
- Lateral *bending* stability of beams
- For P/S beams, we are mainly concerned with:
 - Statical equilibrium of the system
 - Ability of the beam to resist lateral bending
 - Cracking
 - Flexural strength

Roll Axis

- Between Lift Points
- CG Under Roll Axis



Roll Equilibrium



Factors of Safety

$$FS = \frac{M_r}{M_o}$$

- FS against cracking: 1.0
- FS against failure: 1.5

Strand Lifters



Raise Roll Axis

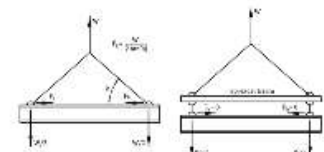
- Rollers to I axis above the top of the girder
- Requires special hardware



22

Rigging

- Single-crane pick
- Two-crane pick



IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

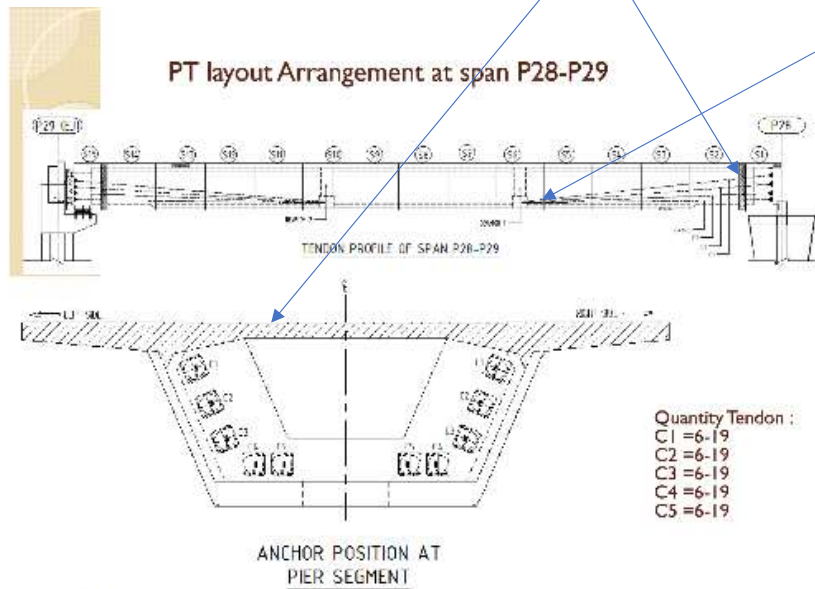
- I Girder Bentang Panjang

24	γ	24 kN/m ³	f_c'	66.4 MPa
25	A	907300 mm ²	$E_c = 4730 \text{ sqrt}(f_c')$	38542.97 MPa
26	$q = \gamma A$	21.7752 kN/m	for slip = 0.66 E/tan	13.8252 MPa
27	L	50 m		
28	Wsw	1088.76 kV		
29	t_f	2300 mm	B50	2300 0.369505
30	b	250 mm	0.108696	0.123
31	t_w	250 mm		0.533333
32	$\lambda = L/t_w$	1840	Kelangsungan yang UAR BIASA BESAR	
33	I	5.75E+11 mm ⁴		
34	Y_x	1187 mm		
35	Wt	4.84E+08 mm ³		
37	Msw maks	6804.75 kV m	ANGKA KEAMANAN TERHADAP TORSI MENDEKATI 1 AKIBAT BERAT SENDIRI	
38	Mcr slip = for kip Wt	6694.796 kV m	GIRDER MUDAH MENGALAMI GELUNG	

IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

- Komponen konstruksi : Precast Box Girder, Sistem Prategang eksternal dengan deviator, wet joint, Sistem Pengangkat komponen.

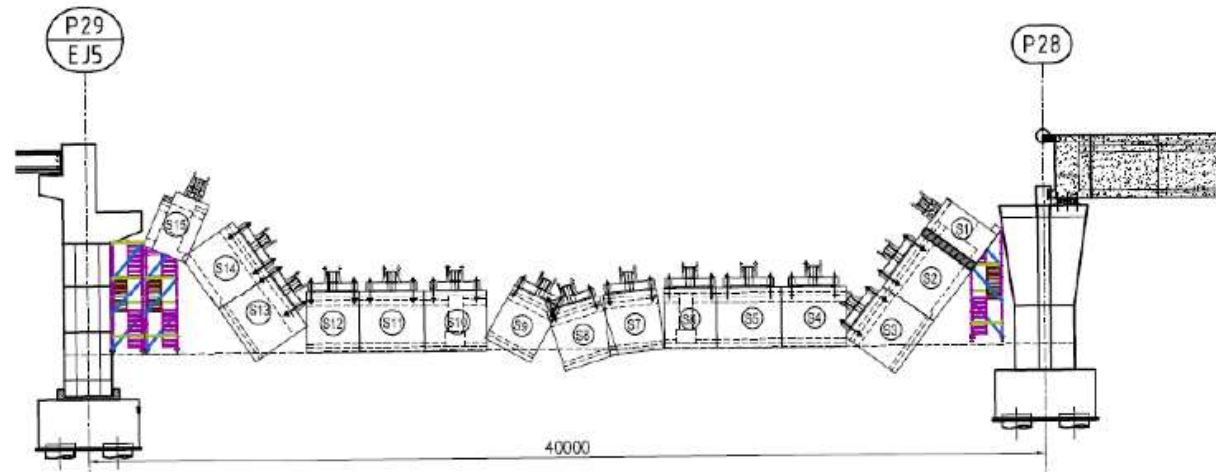


IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

- Laporan saksi mengatakan girder telah sepenuhnya distressing, telah diletakkan di pier, kemudian terjadi suara keras, dan segera konstruksi runtuh.

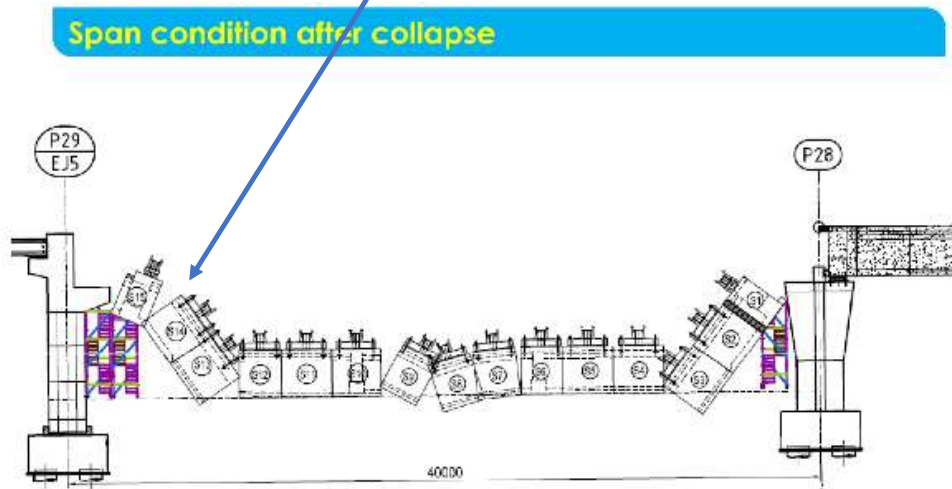
Span condition after collapse



IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

- Overstress : Bisa karena tegangan lebih tinggi dari yang terbaca atau akibat material yang belum mencapai kekuatan -> menjadi titik lemah dibanding komponen lain yang sudah cukup umur. Di lapangan wet join di sisi yang berbatasan dengan I girder terlihat pecah. Jika wet join pecah, maka kabel akan mengalami kehilangan tegangan secara mendadak, dan akan terjadi keruntuhan mendadak

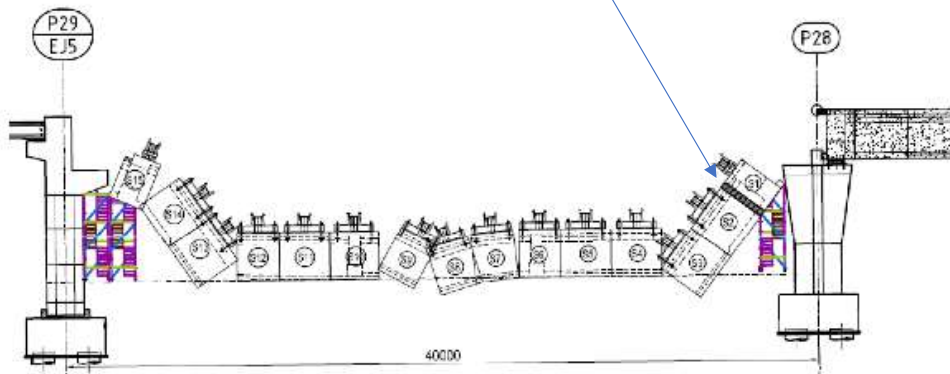


IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

- Pada sisi pier box girder menerus, wet joint masih utuh. Segment tertarik keruntuhan progresif

Span condition after collapse



IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

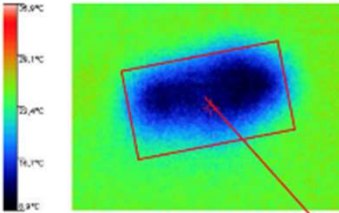
- Wet Join LRT Kelapa Gading



THERMOGRAPHIC REPORT
Company: PROYEK FLYOVER SIMPANG JAM BATAM 1
Problem #: POROSITAS BETON

IDENTIFICATION
Location Name: PIER P1 SISI NAGOYA
Equipment: PIER P1 AREA MARKER ON SITE NO.1

PROBLEM DESCRIPTION
KONDISI BETON YANG BAIK WARNA MERAH/HAJE HARI. FOTO SCANNER ULTRASONIC INFRARED THERMOGRAPHY AREA WARNA HITAM ADALAH LOKASI ADANYA POROSITAS BETON, DENGAN KEDALAMAN DARI PERSEKSI KASUS BERKISAR 12 cm - 40 cm

THERMOGRAM		TEMPERATURE MEASUREMENTS	
		Image Date	10/02/2017 11:02:11
		Target Temperature	25.0 °C
		Emissivity	0.70
		Reflected Temp	OFF

WEATHER			
Air Temp	35°C		
Sky	CLEAR		
Wind Speed	2 m/s		
From	-		

Distance	Rated Load	Mass Load	% Load
0.5 - 2 m	-	-	-

MAINTENANCE ACTION

Description	Repaired by
UNTUK DATA REPAIR INJECTION AREA POROSITAS BETON PIER T50	

REPAIR PRIORITY


Subj. Rating	-
Temp. Rating	-°C

REINSPECTION

Reinspected by	-
Date	-

Comments

-



IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

- Underpass Perimeter Selatan Bandara Soekarno Hatta Km 8+6/7

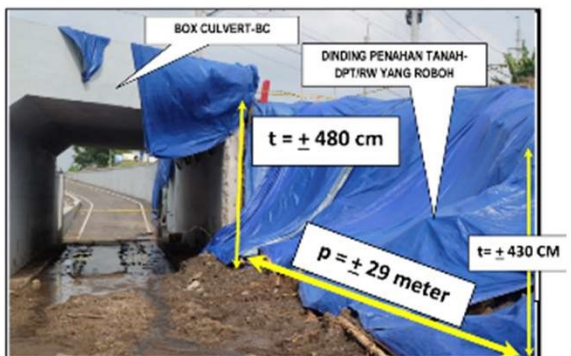
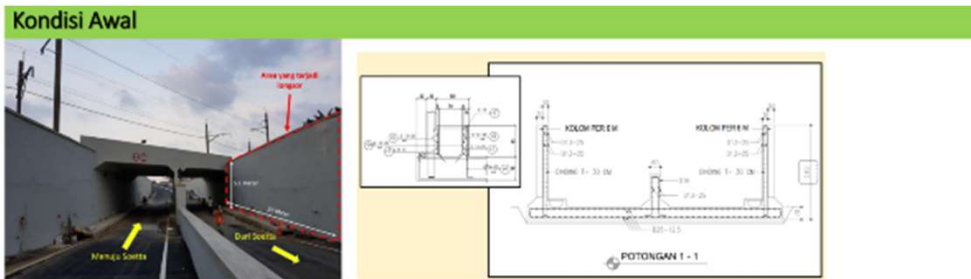
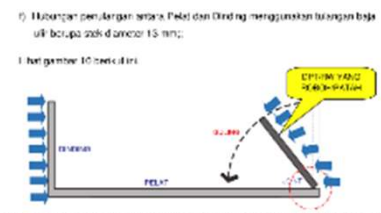


Foto 1. Kondisi Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall-RW) Pasca Kejadian Keruntuhan, dilihat dari arah Barat ke Timur.



Foto 2. Kondisi cekungan permukaan tanah (top soil) pada belakang dinding/ panel beton RW

Gambar 9. Penampang konstruksi DPT/RW.



Gambar 10. Penampang konstruksi DPT/RW saat terjadinya roboh/keruntuhan akibat guling.



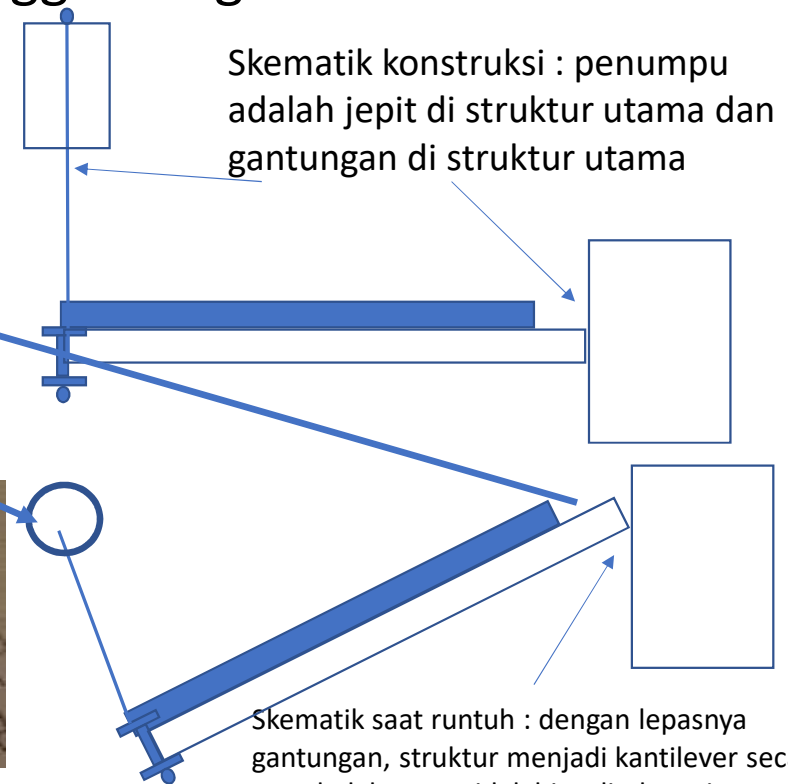
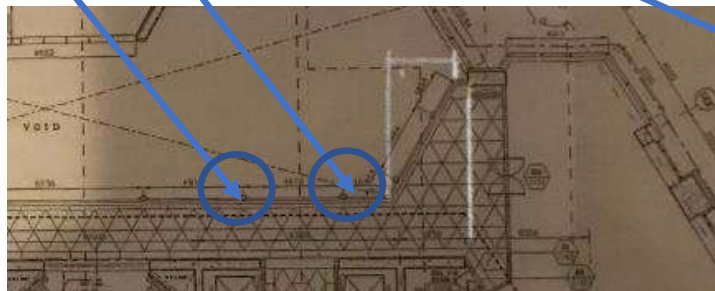
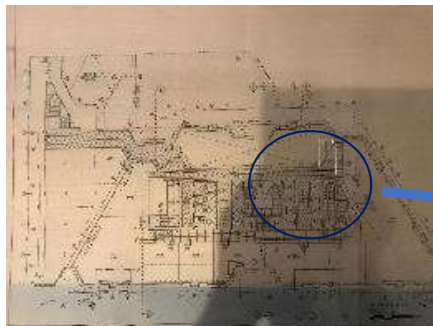
Gambar 11. "Cold Joint" pada pertemuan panel Pelat dan panel DPT/RW.

Perencanaan dinding penahan tanah yang serupa dengan box, serta ada cold joint pada pelaksanaan

IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

- Penggunaan Material Prategang : Kabel penggantung Jembatan Koridor Penghubung Bursa Efek Indonesia



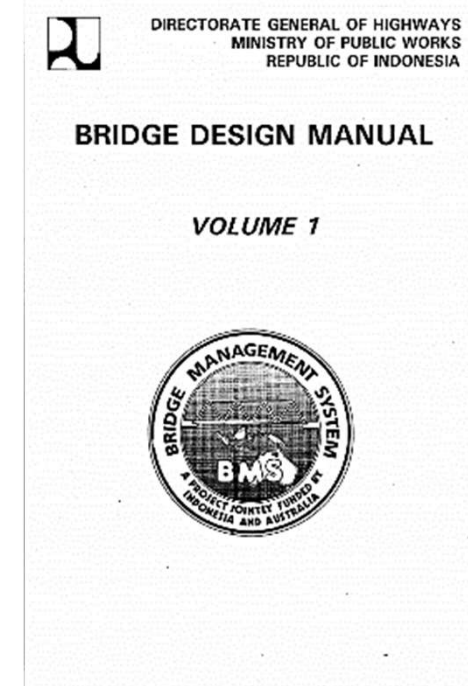
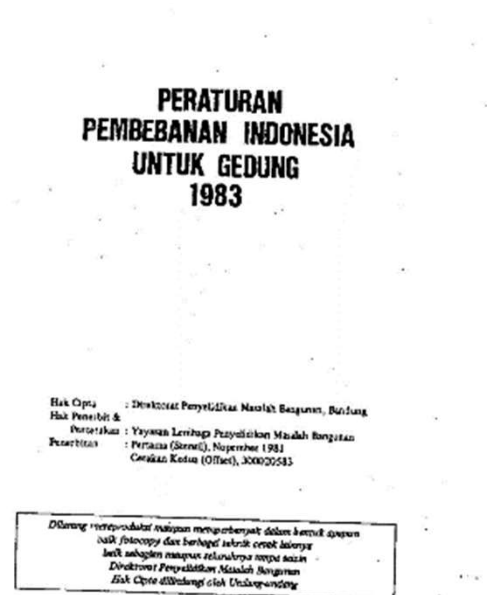
IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

- Penggunaan Material Prategang : Kabel penggantung Jembatan Koridor Penghubung Bursa Efek Indonesia

STUDI PUSTAKA

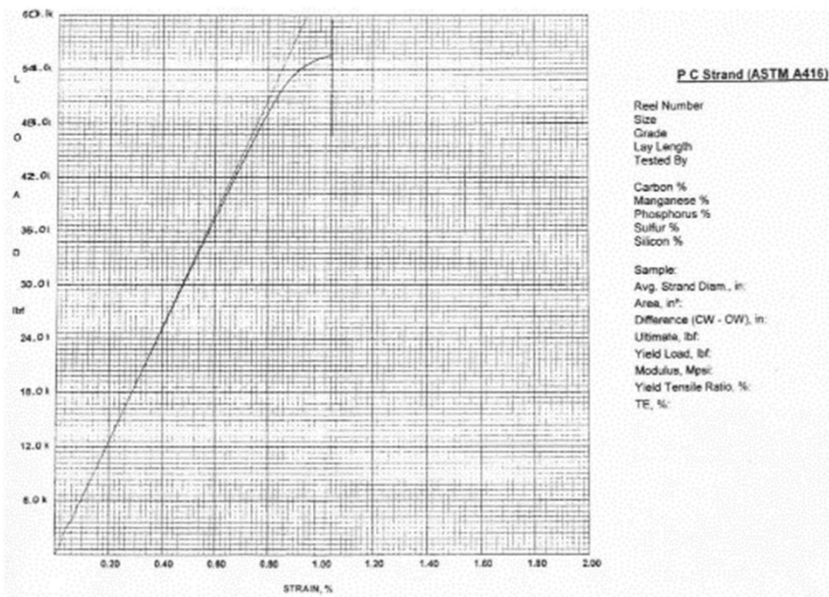
- Peraturan Perencanaan di tahun 1996 - 1997



Konsep Perencanaan Umumnya Elastik dengan Angka Keamanan Total $SF = 1.5$ terhadap tegangan leleh

STUDI PUSTAKA

- Peraturan Perencanaan di tahun 1996 - 1997



APPENDIX E

Sample Mill Certificate Form

MANUAL FOR CERTIFICATION OF PLANTS PRODUCING PRESTRESSED CONCRETE (PC) STRAND

First Edition



Kekuatan strand diuji dan diterbitkan dalam mill certificate

Material Prategang : Strand dan Sistem Pengangkuran : Sangat kuat hampir 4 x lebih kuat dari tulangan biasa, digunakan umumnya untuk menahan beban “Tarik” yang besar.

STUDI PUSTAKA

- Perilaku sistem prategang dengan strand pada tegangan rendah

Pada AAHSTO 2012, sudah 'petunjuk' tentang hal ini : Bahwa pada tegangan rendah ada potensi 'slip', namun dalam mill certificate pun yang dipublish adalah yang sudah terkoreksi

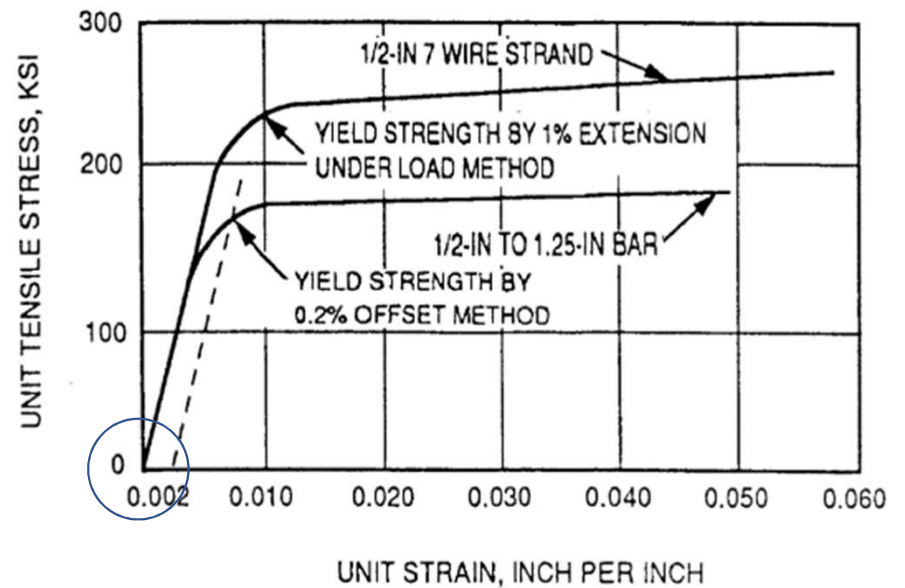
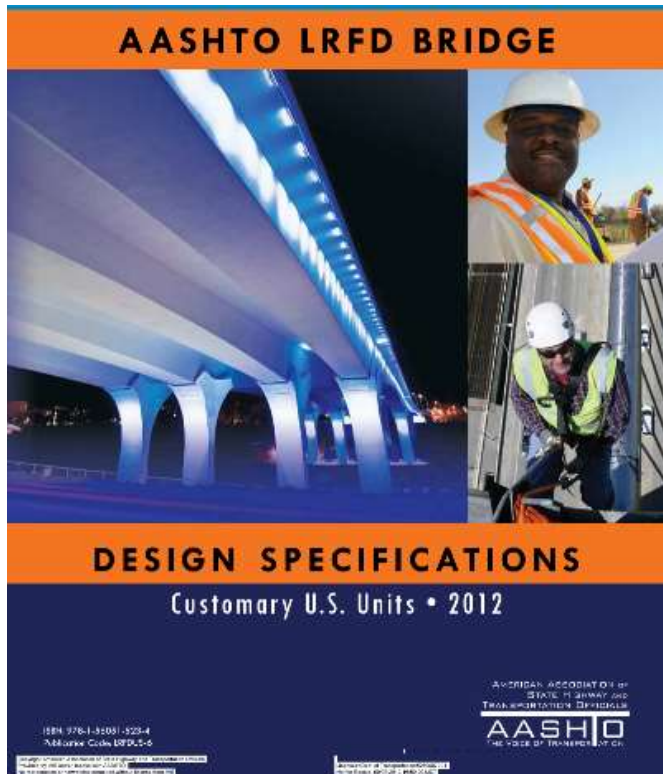


Figure C5.4.4.2-1—Typical Stress-Strain Curve for Prestressing Steels

STUDI PUSTAKA

- Ada perkembangan perlakuan sistem pengangkur dari grouting ke pemakaian grease untuk antisipasi slip

Resolving Field Problems in Unbonded Post-Tensioning Installations

BY GAIL S. KELLY

Although unbonded post-tensioning has been used for over 30 years in the U.S., there have been considerable changes in the industry over the years. As a result, proper specifications have often been overlooked or ignored, and improper handling, requirements for curing, etc., have caused problems. In October 2001, the American Concrete Institute (ACI) published the "Specification for Unbonded Post-Tensioning Systems" (ACI 318.5R-01).¹ Many new sections were added to this document, but it represents a good step toward resolving the standards of quality for both the contractors of unbonded post-tensioning systems and their installers. ACI 318.5R is a reference specification and, as such, can serve as a useful working specification for unbonded post-tensioning. While these specifications will not necessarily prevent field problems, however, unbonded post-tensioning specifications will not necessarily prevent field problems, however. Unbonded post-tensioning systems, or seal features required by other codes may require that the installer review the design for seal features. While seal design can usually be accomplished, they need to be carefully thought out. At the design stage, the post-tensioning contractor should be involved in seal design.

The durability of the post-tensioning system can be compromised if proper seal features are not followed during construction and curing. Damaged seal features may not be able to prevent corrosion of the steel tendons. Seal features should be installed in the field, separate from other construction, and be tested, inspected, maintained or repaired before

it is repaired or replaced. This article summarizes common seal design.

The most obvious cause of the unbonded field problems that occur in projects with unbonded post-tensioning. Most of the project variables, such as, grout location, grout type, tendon placement, and tendon stress, are generally under the contractor's control and generally prevent most problems from becoming major concerns.

TENDON STRESSING

The most common problem during construction is lack of awareness between the contractor and fabricator of the tendon's ultimate capacity is a function of its modulus E and the amount of strain being stressed correctly. It is also essential that all of the tendon tendons be stressed to the same level of the specified stressing.

An additional factor in stressing typically involves the use of a stressing machine. The machine should be checked before use. Once the machine has reached the desired stressing level, the tendon should be stressed to the desired level by applying force at each end of the tendon. The tendon should be stressed to the desired level by applying force at each end of the tendon. The tendon should be stressed to the desired level by applying force at each end of the tendon. The tendon should be stressed to the desired level by applying force at each end of the tendon.

RIBBON APPROXIMATION OF THE FORCE IN A STRESSED 1/2-IN. 270 KSI TENDON

The force in a post-tensioning strand immediately after it is stressed can be estimated from the modulus of elasticity, E , and the elongation, Δ .

$$F = EA\epsilon$$

Where:

- A = the elongation in inches.
- E = the modulus of elasticity of the strand in ksi.
- ϵ = the strain, which is the elongation divided by the original length, in inches.
- A = the area of the strand, usually given in square inches for the strand diameter in inches.
- E = the modulus of elasticity of the strand, typically assumed to be 29,000 ksi.

Now that the modulus of elasticity of a strand is not just a fixed value but can vary, a strand should be stressed to a specific force, not a specific elongation. This means that a specific force should be used to stress the strand, not a specific elongation. This means that a specific force should be used to stress the strand, not a specific elongation.

ACI 318.5R lists the stressing force in 20 terms of the ultimate stressing force of the strand. For 270 ksi strands, the typical stressing force is 175,000 lb (78.7 kN). For 270 ksi strands, the typical stressing force is 175,000 lb (78.7 kN). For 270 ksi strands, the typical stressing force is 175,000 lb (78.7 kN).

1. ACI 318.5R-01, "Specification for Unbonded Post-Tensioning Systems," American Concrete Institute, 540 North Dearborn Street, Chicago, IL 60610.

2. ACI 318.5R-01, "Specification for Unbonded Post-Tensioning Systems," American Concrete Institute, 540 North Dearborn Street, Chicago, IL 60610.

3. ACI 318.5R-01, "Specification for Unbonded Post-Tensioning Systems," American Concrete Institute, 540 North Dearborn Street, Chicago, IL 60610.

4. ACI 318.5R-01, "Specification for Unbonded Post-Tensioning Systems," American Concrete Institute, 540 North Dearborn Street, Chicago, IL 60610.

Copyright © 2002 by ACI

The diameter modulus $E = 29,000$ ksi (200,000 MPa) is often used as the "final effective force" for 270 ksi strands.

$$F = EA\epsilon = 29,000 \text{ ksi} \times 1.1 \text{ in.} \times 0.001 = 31,900 \text{ lb}$$

$$F = EA\epsilon = 200,000 \text{ MPa} \times 1.1 \text{ in.} \times 0.001 = 23,900 \text{ kg}$$

Some post-tensioning suppliers use 0.078 x E , where the 0.078 x E gives the percentage involved, and the value can be considered correct. The value of strand for a quick check is 78% of the ultimate force of 175,000 lb.

Long-term losses (elastic shortening, shrinkage, creep, and relaxation) for post-tensioning strands are approximately 5 to 10%. Twenty-seven ksi is thus often used as the "final effective force" for 270 ksi strands. Some post-tensioning suppliers assume a final effective stress of 175,000 lb.

The actual elongation does not meet the calculated elongation shown on the manufacturer's drawing. The force in the strand can be estimated by comparing the elongation to the drawing. If the calculated elongation was 3 in., and the actual elongation was only 2.5 in., the force in the strand would probably drop to 25,000 x 0.83 = 20,750 lb (9,410 kg) after stressing. After long-term losses, the force in the strand will be approximately 20,000 lb (9,070 kg). If these calculations are being done on a design, the elongation used in the "actual designed" should be the average of all the tendons in the design. The design should be checked to ensure that the design is correct.

ACI 318.5R-01, "Specification for Unbonded Post-Tensioning Systems," American Concrete Institute, 540 North Dearborn Street, Chicago, IL 60610.

ACI 318.5R-01, "Specification for Unbonded Post-Tensioning Systems," American Concrete Institute, 540 North Dearborn Street, Chicago, IL 60610.

ACI 318.5R-01, "Specification for Unbonded Post-Tensioning Systems," American Concrete Institute, 540 North Dearborn Street, Chicago, IL 60610.

ACI 318.5R-01, "Specification for Unbonded Post-Tensioning Systems," American Concrete Institute, 540 North Dearborn Street, Chicago, IL 60610.

Copyright © 2002 by ACI

Penelitian ACI sejak 2001, membuat di lapangan sekarang angkur tidak di grout tapi diberi grease

- Menjamin angkur tetap dalam kondisi ideal sehingga menghindari slip
- Konsekuensinya harus ada perawatan berkala untuk mencegah kondisi barrel dan wedges

HIPOTESIS

- Lepasnya kabel penggantung disebabkan kondisi beban rendah yang dikombinasi dengan kondisi beban yang terjadi pada saat kejadian



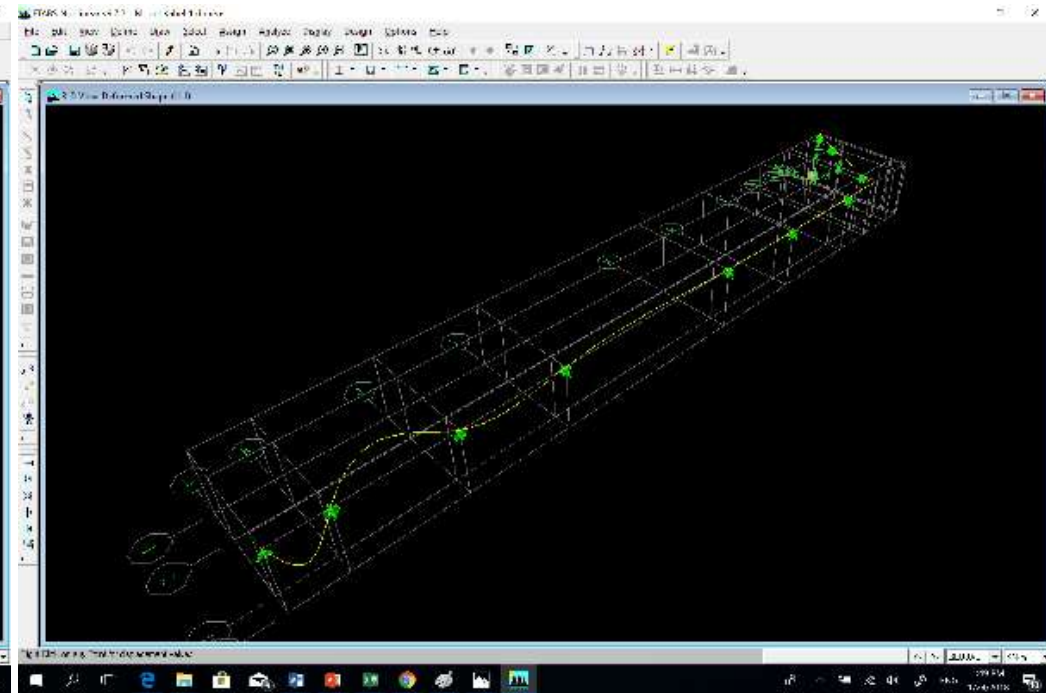
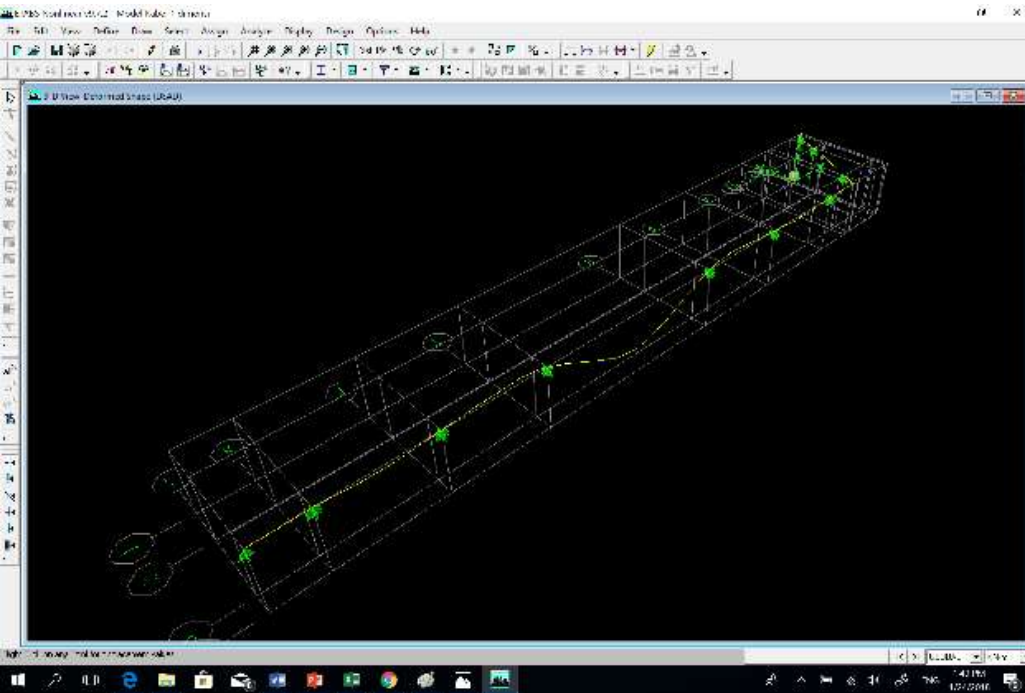
Baji digrouting di barrel



Strand yang lolos di baji

HIPOTESIS

- Model Awal : Struktur kabel diwakili oleh tumpuan-tumpuan yang mengalami beban setengah walk way



HIPOTESIS

- Model Awal : Struktur kabel diwakili oleh tumpuan-tumpuan yang mengalami beban setengah walk way

	Per tendon	Per strand	UTS	Rasio Stress	
F	16.74 kN	5.58	184	3.03%	DL
F	12.4 kN	4.133333	184	2.25%	
F	30.7 kN	10.23333	184	5.56%	
F	16.74 kN	5.58	184	3.03%	DL + LL1
F	12.4 kN	4.133333	184	2.25%	
F	30.71 kN	10.23667	184	5.56%	
F	16.78 kN	5.593333	184	3.04%	DL + LL2
F	12.54 kN	4.18	184	2.27%	
F	30.64 kN	10.21333	184	5.55%	
F	16.65 kN	5.55	184	3.02%	DL + LL3
F	13.49 kN	4.496667	184	2.44%	
F	38.22 kN	12.74	184	6.92%	
F	18.5 kN	6.166667	184	3.35%	DL + LL4
F	6.84 kN	2.28	184	1.24%	
F	50.44 kN	16.81333	184	9.14%	

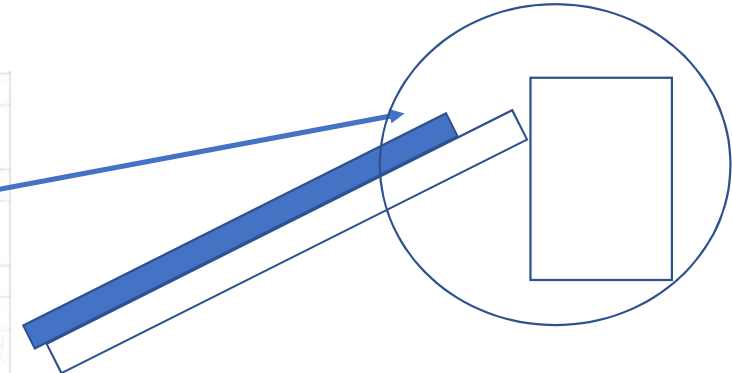
F	15.18 kN	5.06	184	2.75%	DL + LL5
F	21.14 kN	7.046667	184	3.83%	
F	38.25 kN	12.75	184	6.93%	
F	26.23 kN	8.743333	184	4.75%	DL + LL6
F	21.54 kN	7.18	184	3.90%	
F	30.82 kN	10.27333	184	5.58%	
F	21.28 kN	7.093333	184	3.86%	DL + LL7
F	12.51 kN	4.17	184	2.27%	
F	30.8 kN	10.26667	184	5.58%	
F	30.9 kN	10.3	184	5.60%	DL + LL
F	23.52 kN	7.84	184	4.26%	
F	56.61 kN	18.87	184	10.26%	

Stress ratio sangat rendah, pada kasus 15 Januari 2015, ada yang hanya 1.24%. Strand bisa lepas pada saat rombongan mendekati BCA, dan pada saat di posisi ujung, konstruksi menjadi kantilever yang tidak sanggup menahan beban

HIPOTESIS

- Model Awal : Struktur kabel diwakili oleh tumpuan-tumpuan yang mengalami beban setengah walk way

92	B	2300 mm			
93	L	2800 mm			
94	P wf400	1.687795 kN	M	4.725827 kN m	
95	q wf200	0.242736 kN/m'		0.951525 kN m	
96	P L80	5.155275 kN		14.43477 kN m	
97	q slab	5.52 kN/m'		21.6384 kN m	
98			M total	41.75052 kN m	
99			σ	237 MPa	>> tegangan ijin 160 Mpa Sudah hampir sama tegangan leleh 240 Mpa
100					



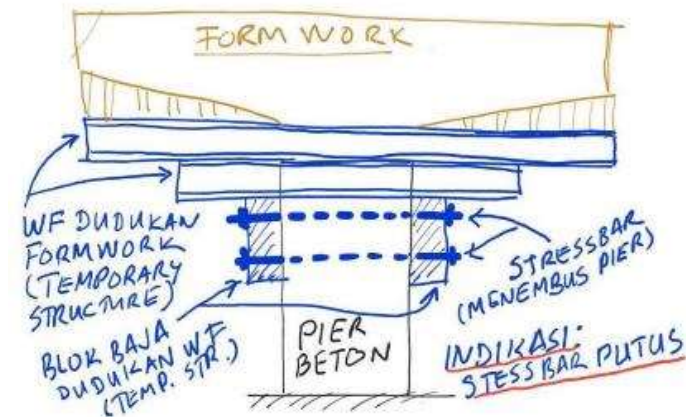
Struktur mengalami perubahan mendadak

Sistem Formwork dan Perancah Pier Jembatan

- Penggunaan Material Prategang : Batang penumpu pengecoran Pier Bcakayu



Ini yg di samping pierhead roboh



Spy jelas, di tunjukkan juga kalo gaya vertical di tahan tumpuan bracket di atas pier

09:11

Dan di ingatkan

Stress bar adalah batang tarik, TIDAK di disain untuk menahan gaya geser atau momen. 😊

09:12

Sistem Formwork dan Perancah Pier Jembatan

- Penggunaan Material Prategang : Batang penumpu pengecoran Pier Becakayu



Pier bracket utk aktifasi tumpuan launching gantry saat erection pier segment. ✓

Pier bracket menumpu di atas pier (alternatifnya menumpu di shear key di muka pier) utk menahan beban dari tumpuan gantry (gaya vertical / shear).

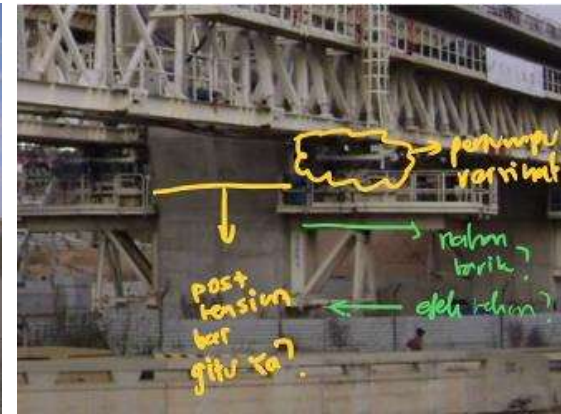
Momen guling dijadikan gaya couple, gaya tarik di bagian atas ditahan stress bar yg diprestrèss dgn jacking force = SF x gaya tarik, gaya tekan di bagian bawah ditahan langsung oleh pier (bearing stress).

Konsep pier bracket ini sama dgn yg seharusnya digunakan utk tumpuan sistem formwork pierhead.

08:42

Sistem Formwork dan Perancah Pier Jembatan

- Penggunaan Material Prategang : Batang penumpu pengecoran Pier Bcakayu



IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI



Metoda ground shoring dalam memasang box girder terlihat sederhana namun sebenarnya membutuhkan perhitungan rekayasa konstruksi yang tidak sederhana dan perlu pengamanan ekstra pada saat pelaksanaan

Penyebaran Beban

Sebelum Permanent Stressing

Sebelum Permanent Stressing

Data Shoring

Type 1

RL 48

SPAN 10.57-10.58

Type 2

RS 60

SPAN 10.58-10.57

Type 3

RL 60

Data Shoring

REKOR	PUNDAK	Tipe 1				Tipe 2				Tipe 3			
		SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
103	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57
104	10.58	10.58	10.58	10.58	10.58	10.58	10.58	10.58	10.58	10.58	10.58	10.58	10.58
105	10.59	10.59	10.59	10.59	10.59	10.59	10.59	10.59	10.59	10.59	10.59	10.59	10.59

Kesimpulan

- Semua elemen baja memenuhi dalam menahan beban yang bekerja
- Semua mac. konfigurasi dapat memiliki beban yang bekerja
- Faktor keamanan akan dengan guling untuk seluruh tipe sistem shoring adalah 2.33

IV. Contoh

PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI

B.2. Metode kerja untuk Gantry Load Test.



SOP Operasional LG pada Segmental Box Girder, Asosiasi Perusahaan Pracetak dan Prategang Indonesia.



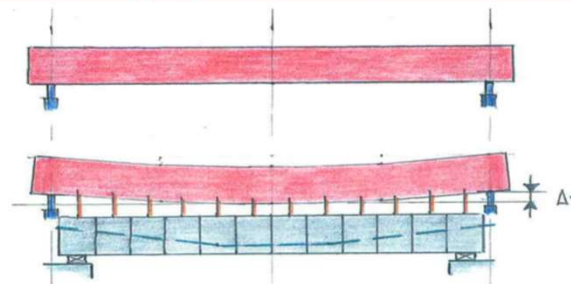
Metoda erection dengan Launcher Gantry lebih simple, bersih/rapi dan mudah dikontrol keamanannya



SOP Operasional LG pada Segmental Box Girder, Asosiasi Perusahaan Pracetak dan Prategang Indonesia.



B3. Metode Kerja : Span load transfer

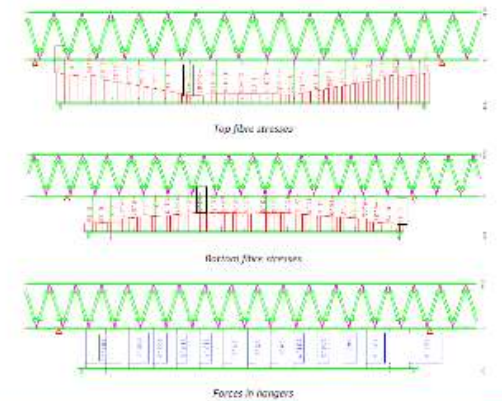


Dikarenakan perbedaan kekakuan dari Main Truss steel) dan jembatan (in prestressed concrete). Kondisi ini memerlukan pengecekan selama proses dikarenakan akan terjadi overload di stress bar < akan gagal dan joint segment akan terbuka.

SOP Operasional LG pada Segmental Box Girder, Asosiasi Perusahaan Pracetak dan Prategang Indonesia.

B3. Metode Kerja : Permanen PT – Span Load Transfer

Load case: C1 to C4 stressed to 75%, top and bottom temporary stressers activated, segments fully hung from gantry attached by segment connection beams.




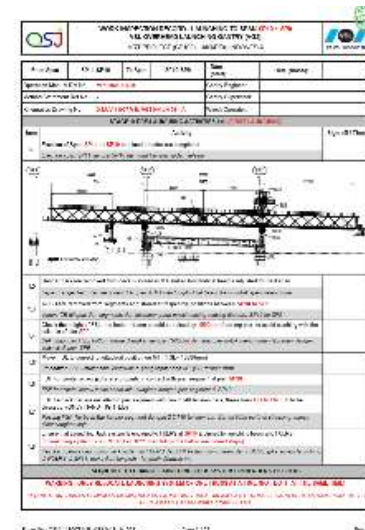
SOP Operasional LG pada Segmental Box Girder, Asosiasi Perusahaan Pracetak dan Prategang Indonesia.



IV. Contoh

DARI PERHITUNGAN STRUKTUR PADA REKAYASA TAHAP KONSTRUKSI KE SOP KONSTRUKSI

BENTUK DAN PUSYATAN PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN PERKERANGAN BANGUNAN RUMAH TANPA BALOK JEMBATAN PRATI LAH BERUPINAMPANG I (PCL-BERDIR)			
NO	INDONESIA	ISIRAHIL	PERSEKUTUAN
A.	USAHU/PERENCANAAN Pada saat ini, proses Layanan dan perencanaan struktur jadi dengan insitu dan tidak menggunakan	Perencana / Konsultan Dasar Perencanaan / Insinyur Struktur dan webcam	1.1. Menyusun dan melaksanakan Perencanaan. 1.2. Memeriksa Perencanaan / Persepsi Perencanaan yang Berasal: <ul style="list-style-type: none"> • SNI 4725:2010 (Perencanaan dan Pelaksanaan) • SNI 4726:2010 (Perencanaan dan Pelaksanaan) • SNI 4727:2010 (Perencanaan dan Pelaksanaan) • SNI 4728:2010 (Perencanaan dan Pelaksanaan) • SNI 4729:2010 (Perencanaan dan Pelaksanaan) 2.2. Memeriksa dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan struktur yang dilakukan oleh kontraktor yang ditunjuk. 3.2. Mengawasi dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan struktur yang dilakukan oleh kontraktor yang ditunjuk. 4.2. Mengawasi dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan struktur yang dilakukan oleh kontraktor yang ditunjuk. 5.2. Mengawasi dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan struktur yang dilakukan oleh kontraktor yang ditunjuk. 6.2. Mengawasi dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan struktur yang dilakukan oleh kontraktor yang ditunjuk. 7.2. Mengawasi dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan struktur yang dilakukan oleh kontraktor yang ditunjuk.
			



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



05-Penutup

V. PENUTUP

- Program Link & Match antara Pemerintah, Institusi Perguruan Tinggi, Asosiasi Profesi dan Industri sangat diperlukan dalam pembinaan sumber daya manusia konstruksi agar dapat mendukung percepatan pembangunan infrastruktur yang menghasilkan produk yang terjamin kualitas, aman dalam pelaksanaan dan memenuhi konsep pembangunan berkelanjutan
- Kementerian Pekerjaan Umum telah menggagas visi industri konstruksi Indonesia berbasis industri manufaktur sejak tahun 2013 untuk mencapai Tujuan : mewujudkan struktur usaha yang kukuh, andal, berdaya saing tinggi, dan **hasil Jasa Konstruksi yang berkualitas**
- Regulasi Undang-undang No. 2 tentang Jasa Konstruksi dan turunannya diharapkan dapat menciptakan situasi yang kondusif untuk dapat berkembangnya industry konstruksi yang sehat dan kompetitif.
- Industri pracetak dan prategang adalah industri konstruksi berbasis manufaktur yang dari sejak masa awal pembangunan Indonesia sudah menunjukkan perannya dalam menghasilkan kualitas pekerjaan infrastruktur yang baik, cepat, ekonomis dan berkelanjutan. Teknologi ini kondisi konstruksi pada masa pandemic dan adaptasi kebiasaan baru (AKB), sehingga perlu disosialisasikan dengan cepat pada seluruh stakeholder, sehingga jika pandemic sudah berlalu dapat diterapkan secara massif untuk mengejar target tetap tercapainya RPJMN 2020-2024
- IAPPI dan Garuda Infrastructure siap untuk memfasilitasi seluruh stakeholder yang ingin menguasai kompetensi dari body of knowledge yang sudah terbentuk selama ini