

# Perencanaan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi Part 2

BIMBINGAN TEKNIS PEKERJAAN BETON PRACETAK  
KONSTRUKSI ELEVATED dan BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI

DR.Ir. Hari Nugraha Nurjaman, MT

KETUA UMUM IAPPI

24 September 2019



Balai Jasa Konstruksi Wilayah III  
Direktorat Jenderal Bina Konstruksi  
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat



[www.iappi-Indonesia.org](http://www.iappi-Indonesia.org) fb iappi twiter @iappi\_Indonesia Instagram iappinesia

# Daftar Isi

- Pendahuluan
- IAPPI dan AP3I
- Definisi Konstruksi Pracetak dan Prategang : Stress Control
- Perhitungan Struktur pada Tahap Konstruksi
  - Kasus Bangunan Gedung : Perencanaan Pelat, Kasus Bursa Efek Indonesia
  - Kasus Infrastruktur : I Girder bentang panjang, Box Girder, Penopang Pier Head, SHMS
  - Dari perhitungan struktur tahap konstruksi ke SOP Konstruksi
  - Perencanaan Sistem Pracetak Tahan Gempa Kinerja Tinggi
- Program Sertifikasi Tenaga Konstruksi, Pembinaan Profesi Berkelanjutan dan Konsep Link & Match dalam UU No.2/2017 tentang Jasa Konstruksi
- Penutup

DEFINISI KONSTRUKSI PRACETAK &  
PRATEGANG : STRESS CONTROL

## II. Definisi Konstruksi Pracetak dan Prategang

**SNI**

Standar Nasional Indonesia

SNI 6880:2016

Spesifikasi beton struktural

ICS 91.080.40

Badan Standardisasi Nasional



Standar Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk SPPT 91-01-S4 standar nasional Indonesia, dan akan segera diterbitkan.

### 1.2.23 diijinkan

diterima atau dapat diterima oleh perencana/penanggung jawab struktur, biasanya berkaitan dengan permintaan dari kontraktor, atau bila disyaratkan dalam dokumen kontrak

### 1.2.24 pasca-tarik

suatu metode beton bertulang prategang di mana tendon ditarik setelah beton mencapai kuat lapangan minimum atau umur minimum yang disyaratkan

### 1.2.25 beton pracetak

beton yang dicor di tempat lain dari posisi akhirnya

### 1.2.26 beton prategang

beton struktural di mana tegangan internal diintroduksi untuk mereduksi tegangan tarik potensial pada beton akibat beban (lihat pasca-tarik dan pratarik)

### 1.2.27 selongsong prategang

material pembungkus baja prategang untuk mencegah lekatan baja prategang dengan beton sekitarnya, guna memberikan proteksi terhadap korosi dan mengandung lapisan pencegah korosi

### 1.2.28 baja prategang

elemen baja kekuatan tinggi, seperti *strand*, batang tulangan, atau kawat, yang digunakan untuk memberikan gaya prategang pada beton

### 1.2.29 pratarik

metode prategang di mana baja prategang ditarik sebelum beton dicor

Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk SPPT 91-01-S4 Bahan, Sain, Str

# II. Definisi Konstruksi Pracetak dan Prategang

SNI 2847:2013

## 16 Beton pracetak

### 16.1 Lingkup

16.1.1 Semua persyaratan dari Tata Cara, tidak secara spesifik dikecualikan dan tidak bertentangan dengan Pasal 16, berlaku untuk struktur-struktur yang melibatkan komponen-komponen struktur beton pracetak.

### 16.2 Umum

16.2.1 Desain komponen struktur pracetak dan sambungannya harus melibatkan semua kondisi pembebanan dan kekangan dari pabrikasi awal sampai penggunaan akhir pada struktur, termasuk pembongkaran bekisting, penyimpanan, transportasi, dan ereksi.

16.2.2 Bila komponen struktur pracetak disertakan ke dalam sistem struktur, gaya dan deformasi yang terjadi pada dan di sebelah sambungan harus disertakan dalam desain.

16.2.3 Toleransi untuk kedua komponen struktur pracetak dan komponen struktur penyambung harus ditetapkan. Desain komponen struktur pracetak dan sambungannya harus melibatkan pengaruh toleransi ini.

Benang Merah Konstruksi Pracetak dan Prategang adalah “Stress Control”

Cukup sering konstruksi Pracetak juga adalah konstruksi Prategang

## 18 Beton prategang

### 18.1 Lingk

18.1.1 Ketentuan dari Pasal 18 berlaku untuk komponen struktur yang diprategang dengan kawat, *strand*, atau batang tulangan yang memenuhi ketentuan untuk baja prategang dalam 3.5.6.

18.1.2 Semua ketentuan dari Standar ini yang tidak secara spesifik dikecualikan, dan tidak bertentangan dengan ketentuan dari Pasal 18, berlaku untuk beton prategang.

18.1.3 Ketentuan-ketentuan berikut dari Standar ini tidak berlaku pada beton prategang, kecuali sebagaimana secara spesifik disebutkan: 6.4.4, 7.6.5, 8.12.2, 8.12.3, 8.12.4, 8.13, 10.5, 10.6, 10.9.1, dan 10.9.2; Pasal 13; dan 14.3, 14.5, dan 14.6, kecuali bahwa subpasal tertentu dari 10.6 berlaku seperti disebutkan dalam 18.4.4.

### 18.2 Umum

18.2.1 Komponen struktur prategang harus memenuhi persyaratan kekuatan dari Standar ini.

18.2.2 Desain komponen struktur prategang harus didasarkan pada kekuatan dan pada perilaku saat kondisi layan saat semua tahapan yang akan kritis selama umur struktur dari waktu prategang pertama kali diterapkan.

18.2.3 Konsentrasi tegangan akibat prategang harus ditinjau dalam desain.

18.2.4 Ketentuan harus dibuat untuk pengaruh pada konstruksi yang berhubungan dari deformasi elastis dan plastis, lendutan, perubahan panjang, dan rotasi akibat prategang. Pengaruh suhu dan susut juga harus disertakan.

18.2.5 Kemungkinan tekuk pada komponen struktur antara titik-titik dimana terdapat kontak acak antara baja prategang dan selongsong (*duct*) yang kebesaran, dan tekuk pada badan (*webs*) dan sayap (*flanges*) harus ditinjau.

18.2.6 Dalam menghitung sifat penampang sebelum lekatan baja prategang, pengaruh kehilangan luas akibat selongsong (*ducts*) terbuka harus ditinjau.

## II. KONSEP STRESS CONTROL

### 1) Tahap Transfer.

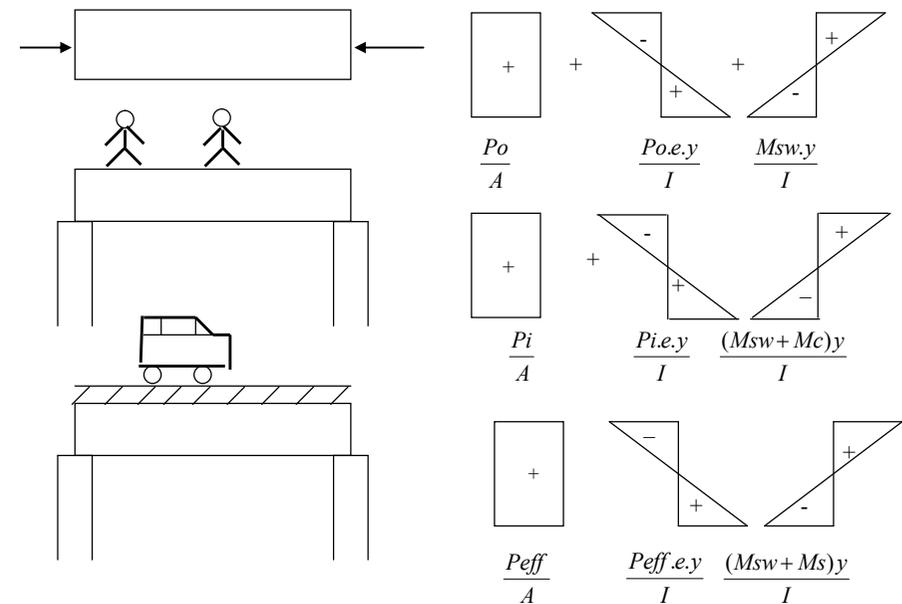
Pada tahap ini gaya prategang bekerja penuh, beban yang bekerja adalah berat sendiri, dan kekuatan beton belum termobilisasi penuh.

### 2) Tahap Pemasangan

Pada tahap ini gaya prategang telah mengalami kehilangan yang bersifat seketika, beban yang bekerja adalah berat sendiri dan beban konstruksi dan kekuatan beton telah termobilisasi penuh.

### 3) Tahap layan

Pada tahap ini gaya prategang telah mengalami seluruh komponen kehilangannya, beban yang bekerja adalah berat sendiri dan beban hidup, serta kekuatan beton telah termobilisasi penuh.



Stress Control Minimal : 3 Tahap

# II. KONSEP STRESS CONTROL

## Komponen Tiang Pancang Pratarik



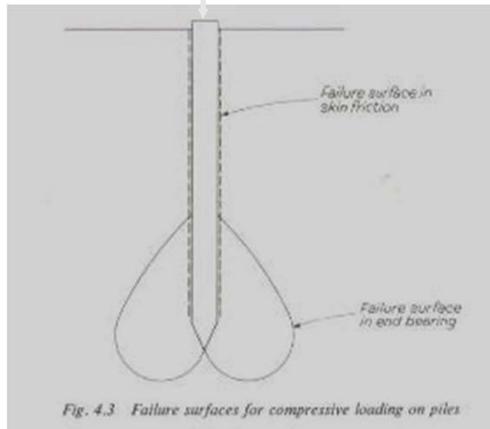
1. Penulangan



2. Stressing



3. Demoulding



6. Masa Layan



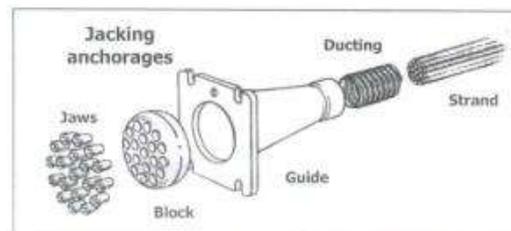
5. Pемancangan



4. Stocking

# SEJARAH SISTEM PRATEGANG

- Prestress Development
  - System Adoption VSL (Japan), Freyssinet (France)
  - Equipment : Paul (Germany), CCL (UK), OVM (China)

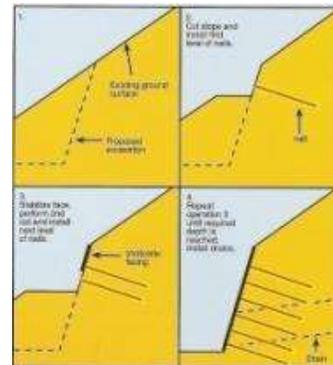


# SEJARAH SISTEM PRATEGANG

- Prestress Development
  - Several application



Pretension



Ground Anchor



Post tension unbonded



Posttension



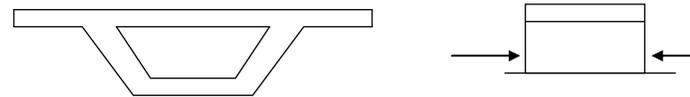
External Prestress



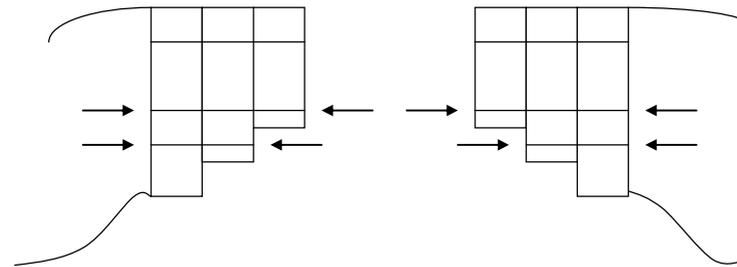
Heavy Lifting

# II. KONSEP STRESS CONTROL

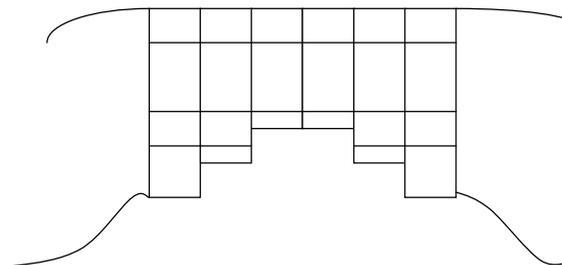
Komponen Box Girder Segmental Kantilever Yang Multi-Stage Stress Control



( I ) Stressing tiap elemen (kondisi balok dua perletakan)



( II ) kontrol tegangan tiap ada pemasangan segmen baru (kondisi kantilever)



( III ) Masa layan (kondisi jepit-jepit)

## II. KONSEP STRESS CONTROL

### Komponen Box Girder dan Cable Stayed Bridge



1. Penulangan



2. Pengecoran



3. Stocking



6. Masa Layan



5. Erection - Stressing



4. Transportasi

## II. KONSEP STRESS CONTROL

---

### SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG :

- Faktor kepastian mutu yang lebih baik “Quality Control Built in Construction Method”
  - Sistem Pracetak Beton Bertulang
    - Jika ada penulangan/mutu beton yang tidak memenuhi persyaratan, maka komponen akan retak/melendut secara kasat mata pada tahap demolding, stocking, erection
    - Komponen yang ‘cacat’ dapat dievaluasi :
      - Dapat direpair
      - Reject
    - Komponen yang terpasang sudah

## II. KONSEP STRESS CONTROL

---

- Faktor kepastian mutu yang lebih baik “Quality Control Built in Construction Method”
  - Sistem Pracetak Prategang
    - Jika ada penulangan/mutu beton yang tidak memenuhi persyaratan, maka komponen akan hancur tahap transfer/stressing
    - Pada komponen tiang pancang, komponen akan melengkung ekstrim jika terjadi kesalahan dalam pembuatan.
    - Pada komponen gelagar, peraturan mensyaratkan adanya chamber (lendut balik), yang digunakan untuk mencek apakah gaya prategang bekerja efektif
    - Sistem prategang sangat sensitif terhadap “error”, sehingga kondisinya “zero tolerance”, Produk langsung reject karena kerusakannya umumnya tidak bisa diperbaiki jika ada cacat produksi.
    - AAHSTO 2012 mengizinkan faktor reduksi  $\phi = 1$  untuk komponen terkontrol tarik konstruksi prategang

## II. KONSEP STRESS CONTROL

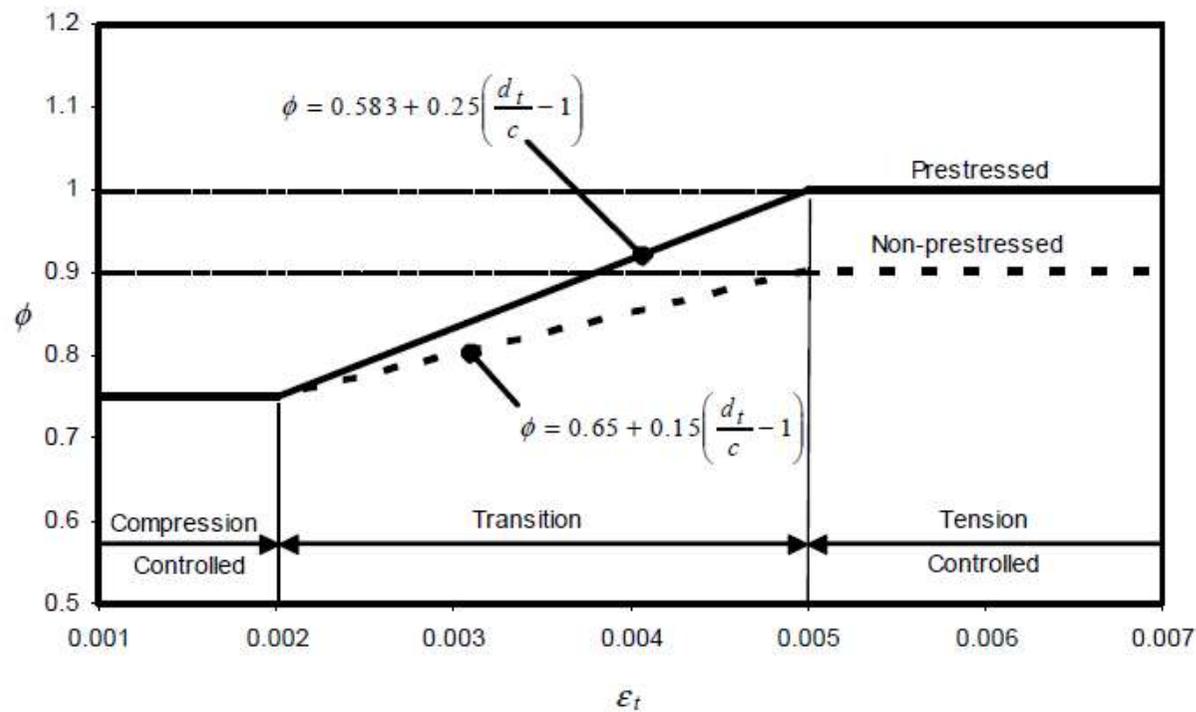


Figure C5.5.4.2.1-1—Variation of  $\phi$  with Net Tensile Strain  $\epsilon_t$  and  $d_t/c$  for Grade 60 Reinforcement and for Prestressing Steel

# PERHITUNGAN STRUKTUR PADA TAHAP KONSTRUKSI

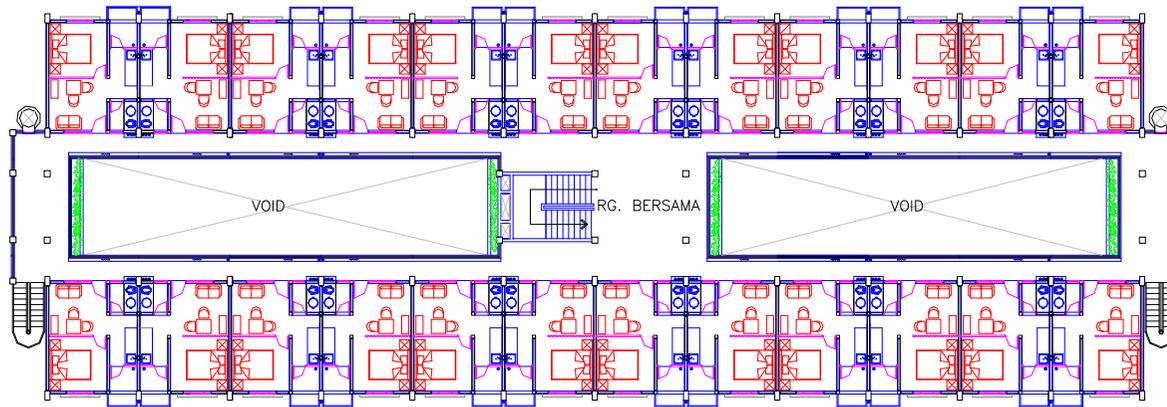
## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

---

### 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 berdasarkan SNI 03-2847-2002 dan pada pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012

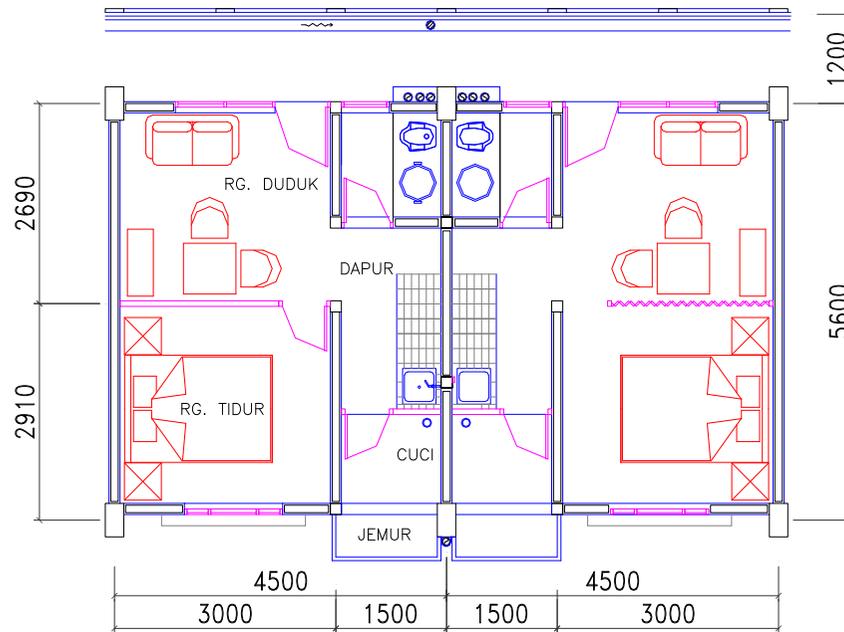
SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG



Rusunawa T24  
Kemen PU



#### IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi



**Dimensi Pelat 4.5 x 5.4 m**

Slide 18

#### IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

---

Perencanaan pelat konvensional berdasarkan SNI 03-2847-2002

1. Tidak membutuhkan metoda kontrol tegangan
2. Metoda yang umum digunakan adalah :
  - a) Tentukan tebal pelat berdasarkan persyaratan lendutan dalam rumusan 17 pada pasal 11.5.3.2
  - b) Momen-momen dicari dari metoda amplop  
Faktor beban : Pasal 11.2.1 (5)  $1.2 D + 1.6 L$  dan (4)  $1.4 D$ .
  - c) Tulangan ditentukan berdasarkan rumusn kekuatan batas lentur pelat.  
Faktor reduksi kekuatan : Pasal 11.3.2.1 yaitu  $\phi = 0.8$ .

## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

DESAIN PELAT				
lx sisi pendek	-		4,5 m	
ly sisi panjang	-		5,4 m	
Balok sisi atas 1		h1	-	450 mm
		b1	-	300 mm
				0,45 m
Balok sisi kiri 2		h2	-	450 mm
		b2	-	300 mm
				0,3 m
Balok sisi bawah 3		h3	-	450 mm
		b3	-	300 mm
				0,3 m
Balok sisi kanan 4		h4	-	450 mm
		b4	-	300 mm
				0,45 m
				0,3 m
lnx	-	lx - b1/2 - b3/2		4,2 m
lny	-	ly - b2/2 - b4/2		5,1 m
$\beta$	-	lny/lnx		1,214
Preliminary Estimate Pelat :		h	-	$\ln (0.8+(f_y/1500))/36+9\beta$
				( Pasal 17 (11.5.3.2)) SNI 03-2847-2002
Diket :				ln = lny (dipakai bentang yang memanjang)
f <sub>y</sub>	-			400 Mpa
Mutu Beton	K	-		350 Mpa
Jadi :		h	-	0,116 m
		ts	-	130 mm
				0,130 m



# IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

PELAT			
Luas Lantai	24,300	m <sup>2</sup>	
tebal	0,130	m	
volume total	3,159	m <sup>3</sup>	
Jumlah Pelat / ukuran	1	4500	x 5400 mm
ρ	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	
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	
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 emplop' kali $w_u$ atau $l_x$	$\frac{l_x}{l_y}$								
			1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} < 1$	41	54	67	79	87	97	109	117
			41	55	71	88	106	124	142	159
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} > 1$	25	34	42	49	53	58	62	65
			25	22	18	15	15	14	14	14
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} < 1$	51	63	72	78	81	82	83	83
			51	54	55	54	54	53	51	49
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} > 1$	30	41	52	61	67	72	80	83
			30	27	23	22	20	19	19	19
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} < 1$	68	84	97	106	113	117	122	124
			68	74	77	77	76	73	71	71
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} > 1$	24	36	49	63	74	85	103	113
			33	33	32	29	27	24	23	20
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} < 1$	33	40	47	52	55	58	62	65
			24	20	18	17	17	16	16	16
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} > 1$	69	76	80	82	83	83	83	83
			69	74	77	77	76	73	71	71
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} < 1$	31	45	58	71	81	91	106	115
			30	37	54	70	75	75	74	73
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} > 1$	91	102	108	111	113	114	114	114
			91	98	107	113	118	120	124	124
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} < 1$	39	47	57	64	70	73	81	84
			31	25	23	21	20	19	19	19
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} > 1$	91	98	107	113	118	120	124	124
			91	98	107	113	118	120	124	124
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} < 1$	25	36	47	57	64	70	79	83
			28	27	23	20	18	17	16	16
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} > 1$	54	72	88	106	108	114	121	124
			60	69	74	75	76	76	73	71
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} < 1$	28	37	45	50	54	58	62	65
			25	21	19	18	17	17	16	16
	$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2$ $m_{lx} = \frac{5}{16} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{16}{5} m_{lx}$	$\frac{l_x}{l_y} > 1$	60	70	76	80	82	83	83	83
			54	55	55	54	53	53	51	49

\* inlekek bebas

Slide 22

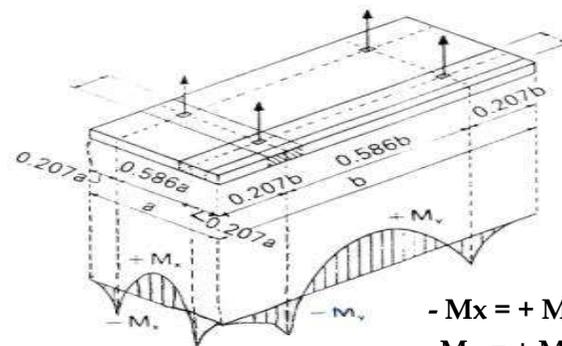
## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012

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

## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi



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

Slide 24

## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012

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>

## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

---



## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012

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  $200 \text{ kg/m}^2$

#### IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

---



Slide 28

#### IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012

3. Faktor kepastian mutu yang lebih baik diberikan pada
  - a) faktor beban Pasal 4.10.1.2.1 (a)  $1.15 D + 1.5 L$  dan (c)  $1.3 D$
  - b) faktor reduksi kekuatan  $\phi$  untuk penampang terkontrol tarik pada Pasal 6.8.1.3.1  $\phi = 0.9$ .

## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

### Perhitungan Pelat Precast

Proyek :

Lokasi :

Mutu Beton (K)	=	350 kg/cm <sup>2</sup>
Bentang (L)	=	4,5 m
Tebal Plat (h)	=	130 mm

#### A PENULANGAN LAPANGAN (TULANGAN BAWAH)

Tulangan Utama

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	psi 4.10.1.2.1a SNI 7833:2012
Q <sub>ULT</sub> (1.3D)	=	562 kg/m	psi 4.10.1.2.1b SNI 7833:2012
M <sub>ULT isapangan</sub>	=	1.103 kgm	( 1/16ql <sup>2</sup> )
	=	11.033.719 Nmm	

Kapasitas Momen / m' dengan D10 - 250

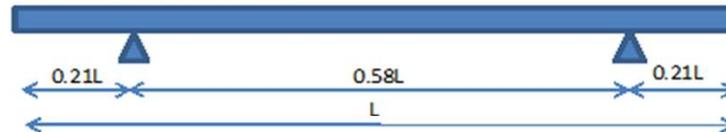
b	=	1000 mm	
d	=	105 mm	(selimut beton 25mm)
fc'	=	29,05 Mpa	
fy	=	400 Mpa	
Jarak Tulangan (S)	=	250 mm	
n	=	4	
diameter	=	10 mm	
As	=	314,00 mm <sup>2</sup>	
a	=	5,09 mm	
M <sub>n</sub> , ϕ=0.9	=	11.581.707 Nmm	psi 6.8.1.3.1 SNI 7833:2012

> *M ult beban luar OK!*

## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

<b>Tulangan Pembagi</b>		
$p_{min}$	=	0,0018      psl. 9.12.2.1.b SNI 03 2847 2002
	=	234,00 mm <sup>2</sup>
dipakai D10	=	78,50
jumlah / m'	=	3
jarak tulangan	=	333
dipakai jarak	=	325
jarak maksimal	=	psl. 9.12.2.2 SNI 03 2847 2002
5 x tebal pelat	=	650 mm
450 mm	=	450 mm
Dipakai tulangan pembagi D 10 - 325		

### C 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

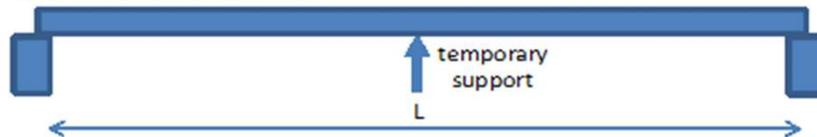
#### Kapasitas Momen / m' tebal slab 13cm

$b$	=	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 ijin, $f_r$	=	$0.62\lambda\sqrt{f_c}$ psl.6.3.5.1.2 (12) SNI 7833:2012
$f_c' = 0.4f_c'$ (1 hari)	=	11,62 Mpa
$f_r$	=	2,11 Mpa      > tegangan yg terjadi Ok!

Slide 31

## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

### B 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 13cm

b	=	1000 mm	
h	=	130 mm	
momen tahanan, W	=	$1/6 b h^2$	
	=	2816666,67 mm <sup>3</sup>	
tegangan yg terjadi, f	=	M / W	
	=	0,93	
tegangan ijin, fr	=	$0.62\lambda\sqrt{f_c}$	psl.6.3.5.1.2 (12) SNI 7833:2012
$f_c = 0.6f_c'$ (3 hari)	=	17,43 Mpa	
fr	=	2,59 Mpa	> tegangan yg terjadi Ok!

## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

<b>C PENULANGAN TUMPUAN ( TULANGAN ATAS)</b>			
<b><u>Perhitungan Momen / m'</u></b>			
$Q_{LL}$	=	250 kg/m	
$Q_{DL}$	=	120 kg/m	
$Q_{PLAT}$	=	312 kg/m	
$Q_{ULT}$ (1.15D + 1.5L)	=	872 kg/m	psl 4.10.1.2.1a SNI 7833:2012
$Q_{ULT}$ (1.3D)	=	562 kg/m	psl 4.10.1.2.1b SNI 7833:2012
$M_{ult}$ tumpuan	=	1.605 kgm	( $1/11q l^2$ )
	=	16.049.045 Nmm	
<b>Kapasitas Momen / m' dengan D10 - 175</b>			
b	=	1000 mm	
d	=	105 mm	(selimut beton 25mm)
$f_c'$	=	29,05 Mpa	
$f_y$	=	400 Mpa	
Jarak Tulangan (S)	=	175 mm	
n	=	6	
diameter	=	10 mm	
$A_s$	=	471,00 mm <sup>2</sup>	
a	=	7,63 mm	
$M_n, \phi=0.9$	=	17.156.942 N mm	psl 6.8.1.3.1 SNI 7833:2012
		<b>&gt; <math>M_{ult}</math> tumpuan Ok!</b>	
<b><u>Tulangan Pembagi</u></b>			
$\rho_{min}$	=	0,0018	psl. 9.12.2.1.b SNI 03 2847 2002
	=	234,00 mm <sup>2</sup>	
dipakai D10	=	78,50	
jumlah / m'	=	3	
jarak tulangan	=	333	
dipakai jarak	=	325	
jarak maksimal	=		psl. 9.12.2.2 SNI 03 2847 2002
5 x tebal pelat	=	650 mm	
450 mm	=	450 mm	
Dipakai tulangan pembagi D10 - 325			

## IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

### D CEK LENDUTAN PELAT

$$\begin{aligned} \text{Batas lendutan ijin} &= L / 480 \\ &= 9,38 \text{ mm} \\ \text{Lendutan yg terjadi} &= \frac{5 Q L^4}{384 E I} \\ &= 7,85 \text{ mm} < 9,38 \quad \dots ok \end{aligned}$$

Lendutan jangka panjang terhadap pembebanan tetap faktor pengali lendutan (SNI 03 2847 2002, pasal 11.5):

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50 \rho'} \quad (15)$$

dengan  $\rho'$  adalah nilai pada tengah bentang untuk balok sederhana dan balok menerus, dan nilai pada tumpuan untuk balok kantilever. Faktor konstanta ketergantungan waktu  $\xi$  untuk beban tetap harus diambil sebesar:

5 tahun atau lebih	2,0
12 bulan	1,4
6 bulan	1,2
3 bulan	1,0

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{2}{1 + 50 \cdot 0,0036} \\ \lambda &= 1,69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan yg terjadi} &= \frac{5 Q L^4}{384 E I} \times \lambda \\ &= 8,43 \text{ mm} < 9,38 \quad \dots ok \end{aligned}$$

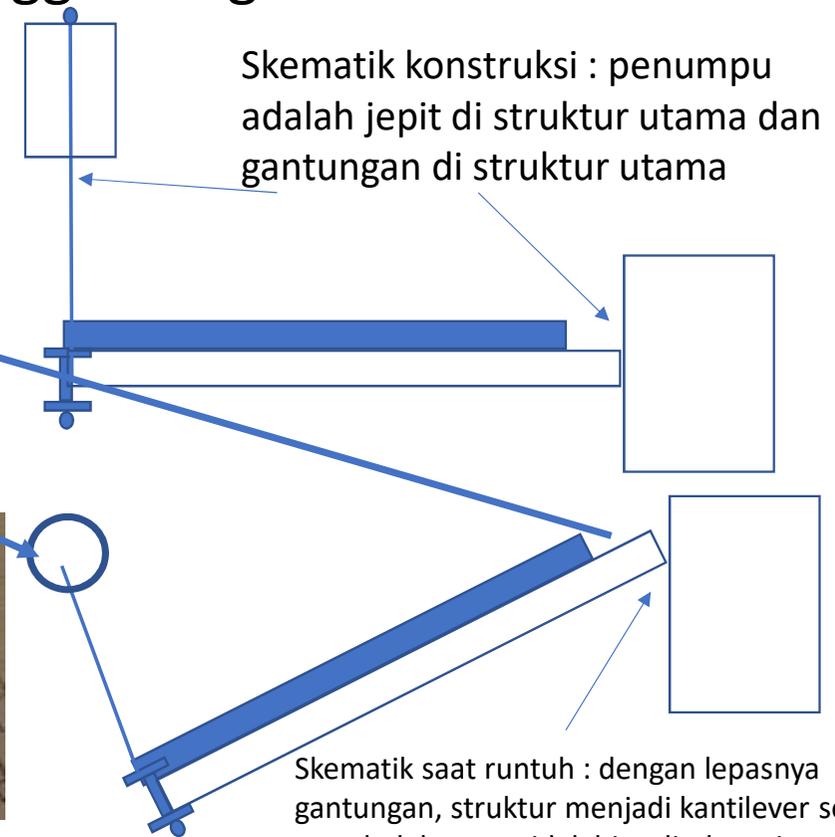
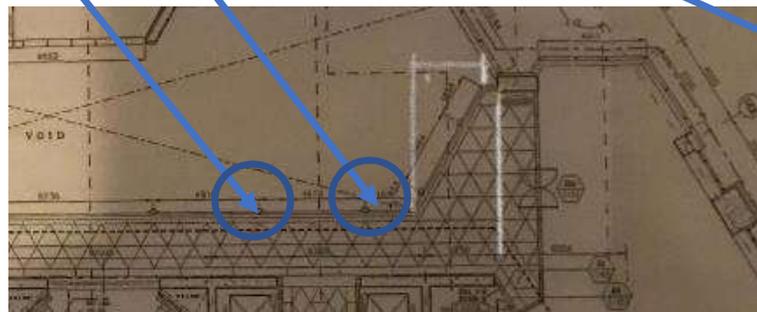
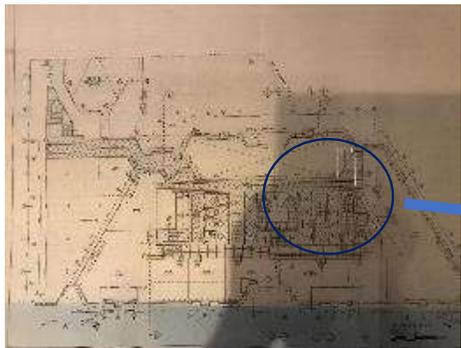
### E VOLUME

$$\begin{aligned} \text{beton} &= 0,585 \\ \text{Tulangan bawah} &= \\ \text{utama} &= 11,09 \text{ kg} \\ \text{pembagi} &= 8,63 \text{ kg} \\ \text{Tulangan atas} &= \\ \text{utama} &= 16,64 \text{ kg} \\ \text{pembagi} &= 8,63 \text{ kg} \\ \text{Total Tulangan} &= 44,98 \text{ kg} \\ \text{Ws / Vc} &= 77 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

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.

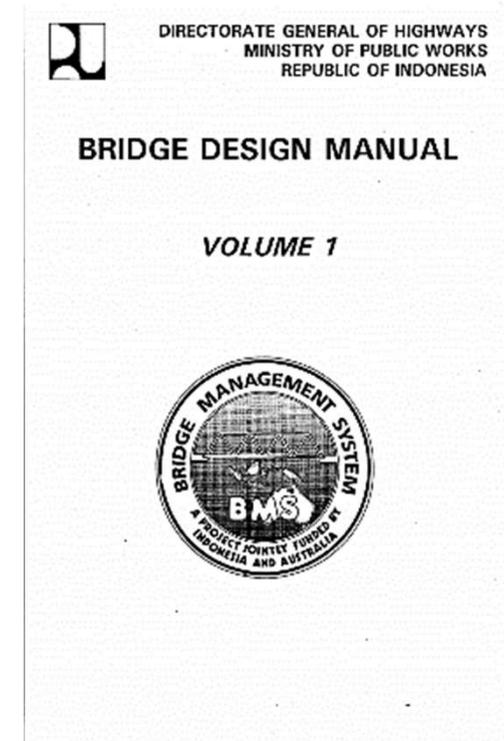
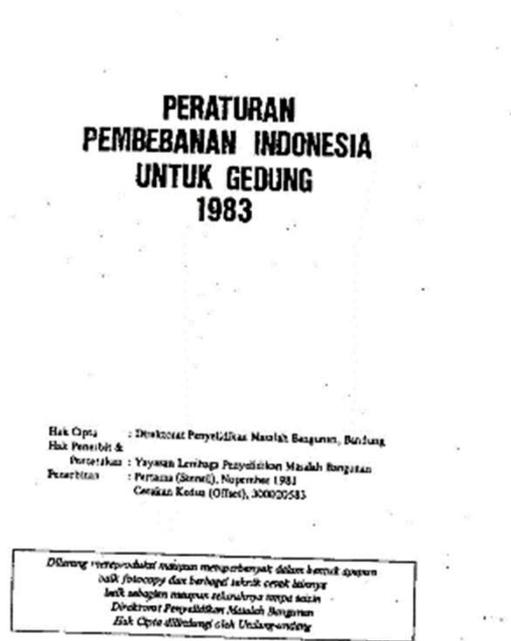
# IV. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

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



# STUDI PUSTAKA

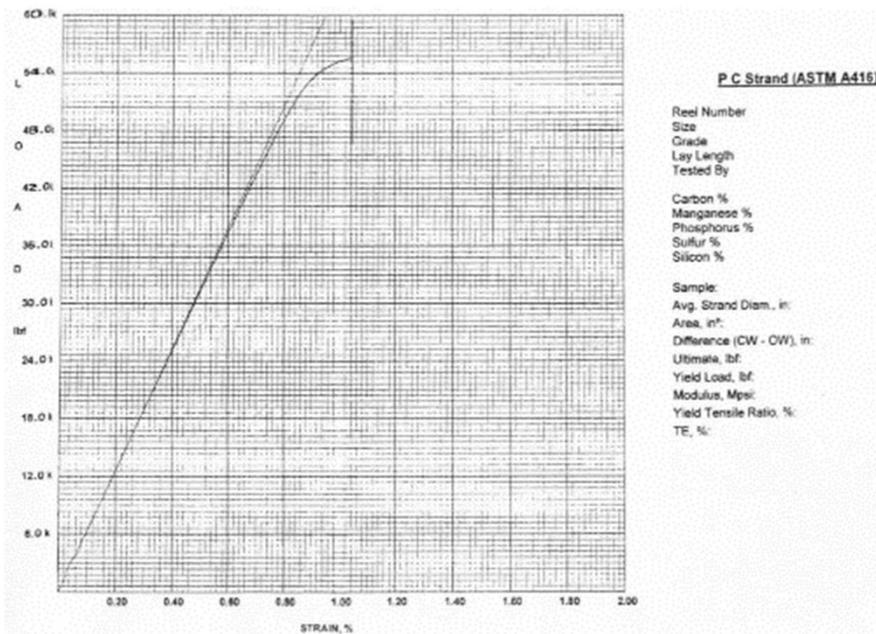
- Peraturan Perencanaan di tahun 1996 - 1997



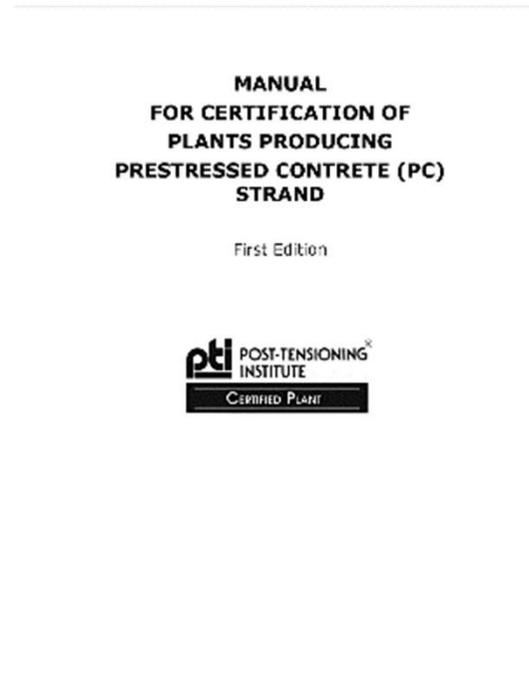
Konsep Perencanaan Umumnya Elastik dengan Angka Keamanan Total  $SF = 1.5$  terhadap tegangan ;leleh

# STUDI PUSTAKA

- Peraturan Perencanaan di tahun 1996 - 1997



APPENDIX E  
Sample Mill Certificate Form



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

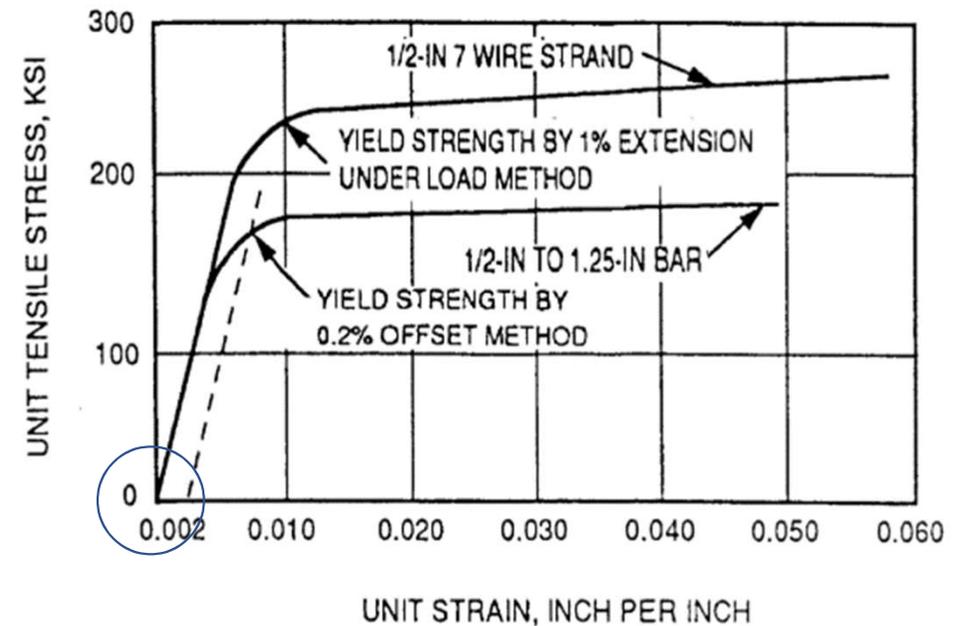
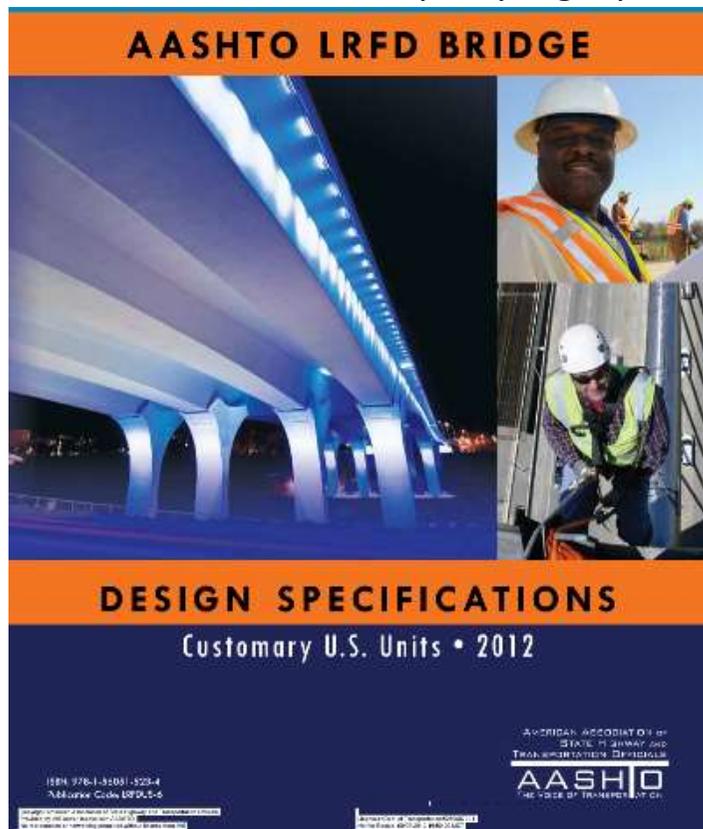


Figure C5.4.4.2-1—Typical Stress-Strain Curve for Prestressing Steels

# STUDI PUSTAKA

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

## Resolving Field Problems in Unbonded Post-Tensioning Installations

BY GAIL S. KELLY

**A**lthough unbonded post-tensioning has been used in the U.S. since the 1950s, there have been considerable changes in the industry over the years. As a result, some specifications have often provided inadequate and sometimes conflicting requirements. In October 2001, the American Concrete Institute (ACI) published its "Specification for Unbonded Single Strand Tendons (ACI 308.7R)." Much work remains to be done in this document, but it represents a good step toward resolving the standards of quality for both the components of unbonded post-tensioning tendons and their installation. ACI 308.7R is a reference specification and, as such, can be used to supplement existing specifications for unbonded post-tensioning. Notations specific to one job and some details particular field problems, however, often require additional unbonded tendons or seal facilities required by other trades may require that the master spec be changed to cover such cases. While such changes can usually be accommodated, they need to be carefully thought out. Be sure scope, all post-tensioning activities should be addressed in the master spec.

The stability of the post-tensioning system can be compromised if proper sealant is not followed during tendon installation and stressing. Damaged or poorly mixed or applied sealant can lead to a loss of protection and the specifications on the other hand, require that sealant cover the tendon, provide adequate protection against

to be repaired or replaced, and create secondary stresses and damage.

The most common cause of the corrosion field problems that occur is products with unbonded post-tensioning. While the most common cause, quality materials, properly trained inspectors, and tests, as well as the design engineer, all generally prevent most problems from becoming major incidents.

### TENDON STRESSING

The most common problem during construction is lack of movement between the tendons and adjacent structure. The tendon's important capacity is a function of its elasticity. It is the essential for stressing to be done correctly. It is also essential that all of the tendons be stressed under the same loading of the structure.

As unbonded tendon anchors typically consist of a cast and cast-in-place concrete or steel that acts as a bearing wedge. Once the concrete has cured, it will not be strong enough for stressing, unless we need to the cast and "hard wedge" by applying stress through a special casting device. The tendon and the concrete with liquid grout into the voids called "voids" which are covered with a bonded post-tensioning system. The procedure against the tendon casting and pull the tendon to the required force. When the jack reaches the point, the grout is pulled into the voids and the tendon and the tendon are ready to stress.

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

The force in a post-tensioning strand immediately after it is anchored can be estimated from the relationship of tendon elongation:

$$\Delta L = \frac{PL}{AE}$$

Where:

- $\Delta L$  is the elongation of tendon.
- $P$  is the average force in the strand (kips), measured after it is anchored.
- $L$  is the strand length in inches.
- $A$  is the area of the strand (square inches) in 0.038 in. 270 ksi diameter strand; and
- $E$  is the modulus of elasticity of the strand (typically assumed to be 29,000 ksi).

Note that the modulus of elasticity of a strand is not the same as that of a single wire. A strand consists of six wires, each wrapped in a single layer of galvanized steel. This results in a small gap between the wires. When the strand is pulled, the wires do not move together. The actual modulus of elasticity of the strand will be between 28,000 and 29,000 ksi.

ACI 308.7R lists the stressing force to be 100% of the quantity 1.1 times strength of the strand. For 1/2-in. 270 ksi strand, the typical stressing force is 1.1 x 270 kips (297) x 1.1 = 376.77 kips. If elongation calculations, it is often assumed that the average force in the strand immediately after it is anchored is 25% higher than the ultimate strength of the strand. In other words, it is assumed that 476 kips are lost due to friction and wedge seating effects. An exact calculation, this is a reasonably accurate approximation.

The elongation calculation ( $\Delta L = PL/AE$ ) is then:

$$\Delta L \text{ in inches} = \frac{(289 \text{ kips}) \times (L \text{ in.})}{0.131 \text{ in.}^2 \times (29,000 \text{ ksi})}$$

or

$$\Delta L \text{ in inches} = 3.9795 \times L \text{ in.}$$

Some post-tensioning suppliers use 1.079 x L, others use 0.986 x L, given the assumptions involved, either value can be considered correct. The rule of thumb for a quick check is 5% in. of elongation per 100 in. of strand.

Long-term losses (elastic shortening, shrinkage, creep, and relaxation) are approximately 5% to 10% of the force at 28 days after cast. Some post-tensioning suppliers assume a final effective stress of 175,000 psi, this results in a final effective force of 253 kips.

The actual elongation does not match the calculated elongation shown on the installed drawings, the force in the strand can be estimated by comparing the elongations. For example, if the calculated elongation was 3 in., and the actual elongation was only 2.5 in., the force in the strand was probably about 175,000 x 200 = 35 kips immediately after stressing. After long-term losses, the force in the strand will be approximately 22 kips. If these calculations are being done for a design, the elongation should be the "actual elongation" should be the average of all the readings in the beam. To determine the design force for a beam, the actual elongation should be the average of all the tendons in the design slip. The final force used in design.

1. ACI 308.7R, Specification for Unbonded Single Strand Tendons (ACI 308.7R), American Concrete Institute, 540 North Dearborn St., Chicago, IL 60610.  
 2. ACI 308.7R, Specification for Unbonded Single Strand Tendons (ACI 308.7R), American Concrete Institute, 540 North Dearborn St., Chicago, IL 60610.  
 3. ACI 308.7R, Specification for Unbonded Single Strand Tendons (ACI 308.7R), American Concrete Institute, 540 North Dearborn St., Chicago, IL 60610.  
 4. ACI 308.7R, Specification for Unbonded Single Strand Tendons (ACI 308.7R), American Concrete Institute, 540 North Dearborn St., Chicago, IL 60610.

Submitted by Gail S. Kelly, P.E., to the Editor



ACI member Gail S. Kelly is a consulting structural engineer in Waukegan, Ill., where her focus is design, analysis and repair of concrete structures. Kelly is a member and primary author of the ACI 308.7R, Specification for Unbonded Single Strand Tendons (ACI 308.7R), published by the American Concrete Institute, 540 North Dearborn St., Chicago, IL 60610. She can be reached at gskelly@acinet.org or gskelly@acinet.org.

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 mengecek kondisi barrel dan wedges

# HIPOTESIS

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



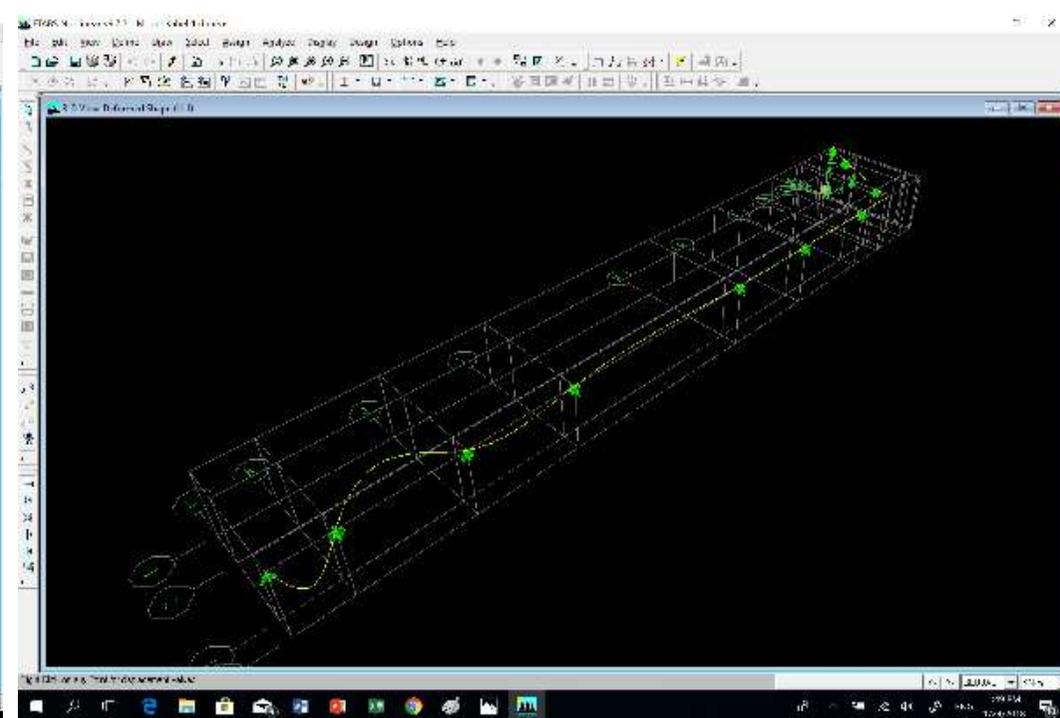
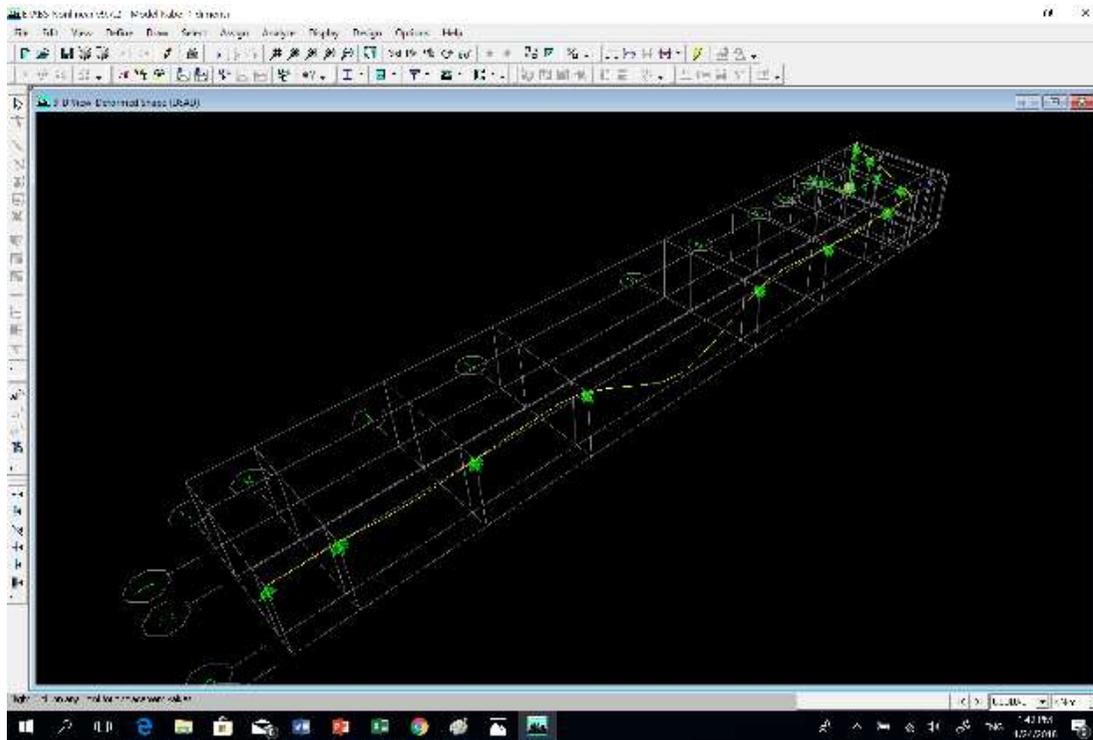
Baji digrouting di barrel



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%	

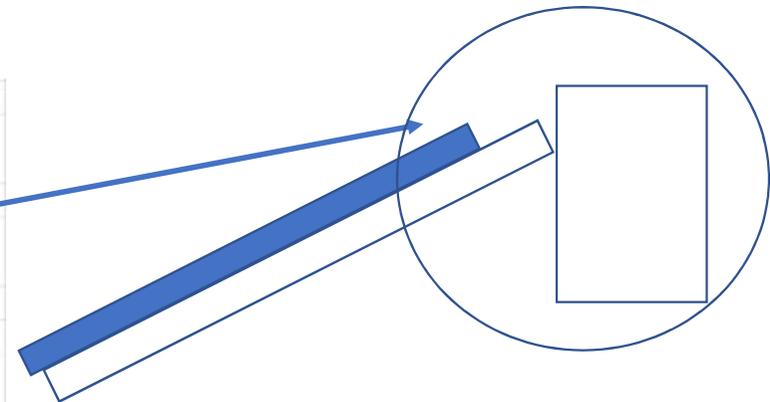
F	15.18 kN	5.06	184	2.75%	DL + LL5
F	21.14 kN	7.046667	184	3.83%	
F	38.25 kN	12.75	184	6.93%	
F	26.23 kN	8.743333	184	4.75%	DL + LL6
F	21.54 kN	7.18	184	3.90%	
F	30.82 kN	10.27333	184	5.58%	
F	21.28 kN	7.093333	184	3.86%	DL + LL7
F	12.51 kN	4.17	184	2.27%	
F	30.8 kN	10.26667	184	5.58%	
F	30.9 kN	10.3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

Stress rasio 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

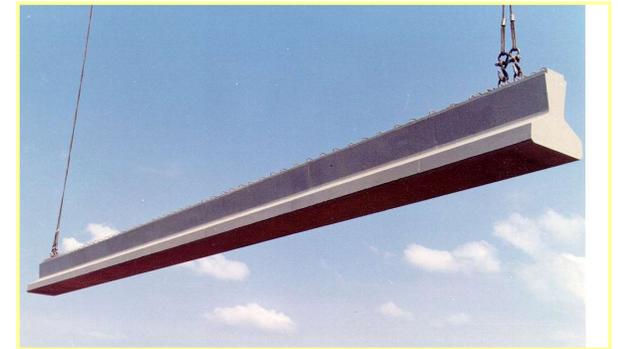
92	B	2300 mm							
93	L	2800 mm							
94	P wf400	1.687795 kN	M	4.725827 kN m					
95	q wf200	0.242736 kN/m'		0.951525 kN m					
96	P L80	5.155275 kN		14.43477 kN m					
97	q slab	5.52 kN/m'		21.6384 kN m					
98			M total	41.75052 kN m					
99			$\sigma$	237 MPa	>> tegangan ijin 160 Mpa				
100			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



Struktur mengalami perubahan mendadak

# V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

- I Girder Bentang Panjang



# V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

## • I Girder Bentang Panjang

*Eriksson*  
TECHNOLOGIES

### Stability of Precast/Prestressed Concrete Bridge Girders



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

Revised 07/19/2015 - 10/20/2016

### Lateral Stability

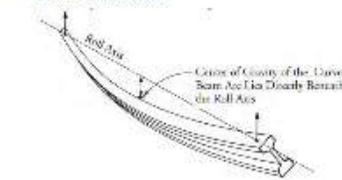
- Two basic cases:
  - Hanging beams
  - Supported beams
- This presentation deals with hanging beams
- *Lateral Stability of Long Prestressed Concrete Beams* (Mast 1989)
  - Lateral bending stability of beams
  - *Not* lateral-torsional buckling, as with steel beams

### Lateral Stability

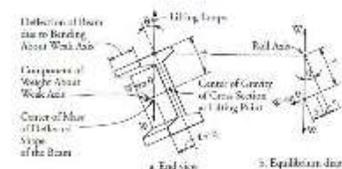
- Torsional stiffness of prestressed concrete beams >> steel beams
- Therefore, assume P/S beams are torsionally rigid
- Lateral *bending* stability of beams
- For P/S beams, we are mainly concerned with:
  - Statical equilibrium of the system
  - Ability of the beam to resist lateral bending
    - Cracking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

### Roll Axis

- Between Lift Points
- CG Under Roll Axis



### Roll Equilibrium



### Factors of Safety

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

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

### Strand Lifters



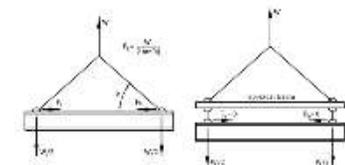
### Raise Roll Axis

- Raise roll axis above the top of the girder
- Requires special hardware



### Rigging

- Single-crane pick
- Two-crane pick



# V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

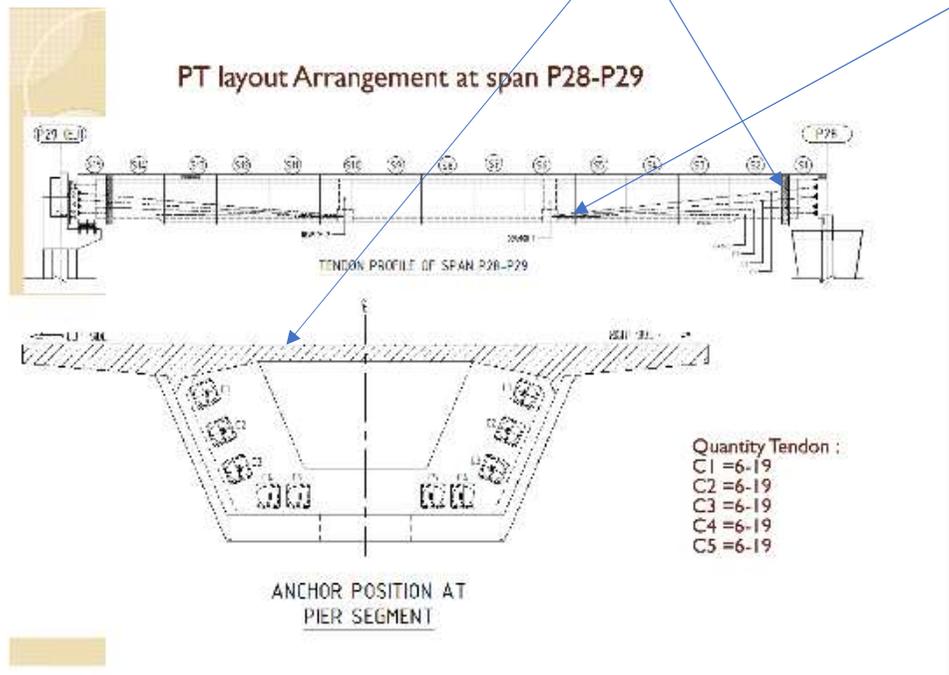
The spreadsheet contains the following data:

Row	Parameter	Value	Notes
24	$\gamma$	24 kN/m <sup>3</sup>	$f_c' = 66.4$ MPa
25	A	907300 mm <sup>2</sup>	$E_c = 4730 \sqrt{f_c'}$ = 38542.97 MPa
26	$q = \gamma A$	21.7752 kN/m <sup>2</sup>	$f_{cr \text{ kip}} = 0.66 E / l_{am}$ = 13.8252 MPa
27	L	50 m	
28	Wsw	1088.76 kN	
29	h	2300 mm	850 2300 0.369565
30	b	250 mm	0.108696 0.125
31	$t_s$	250 mm	0.533333
32	$\lambda_{am} = L \cdot h / [b \cdot t_s]$	1840	Kelangsingan yang LUAR BIASA BESAR
33	I	5.75E+11 mm <sup>4</sup>	
34	$Y_t$	1187 mm	
35	Wt	4.84E+08 mm <sup>3</sup>	
37	Msw maks	6804.75 kN m	ANGKA KEAMANAN TERHADAP TORSI MENDEKATI 1 AKIBAT BERAT SENDIRI
38	$M_{cr \text{ kip}} = f_{cr \text{ kip}} \cdot W_t$	6694.796 kN m	GIRDER MUDAH MENGALAMI GULING



## V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

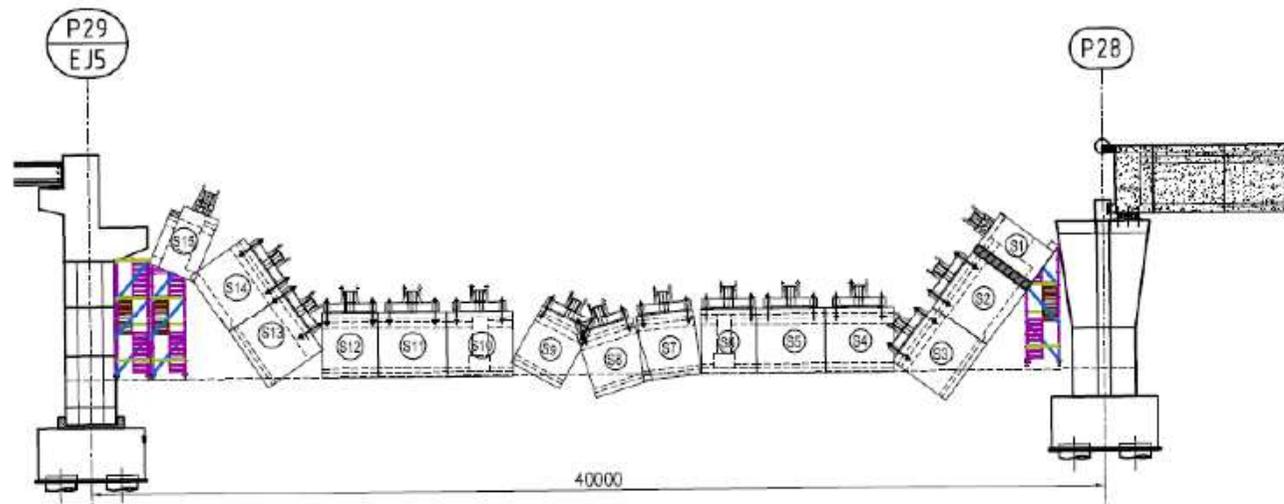
- Komponen konstruksi : Precast Box Girder, Sistem Prategang eksternal dengan deviator, wet joint, Sistem Pengangkat komponen.



## V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

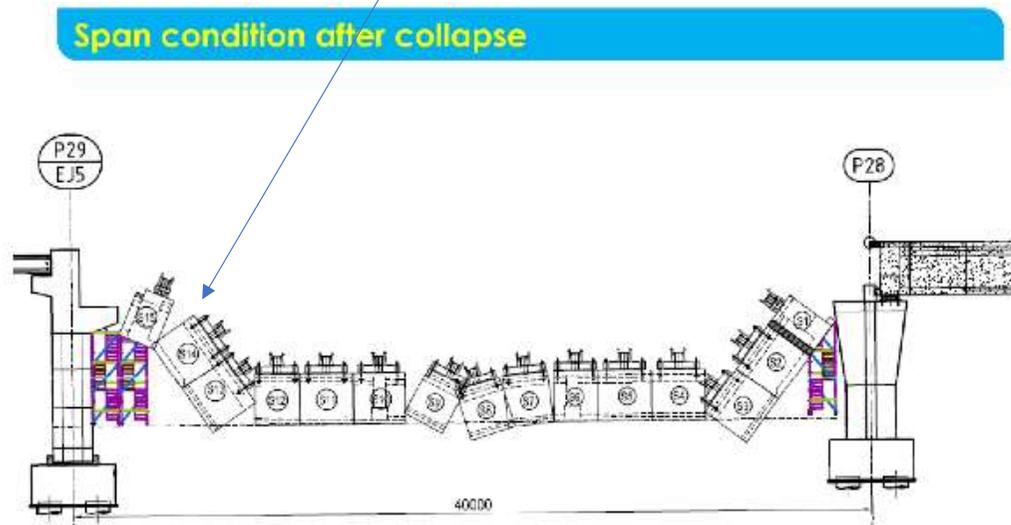
- Laporan saksi mengatakan girder telah sepenuhnya distressing, telah diletakkan di pier, kemudian terjadi suara keras, dan segera konstruksi runtuh.

Span condition after collapse



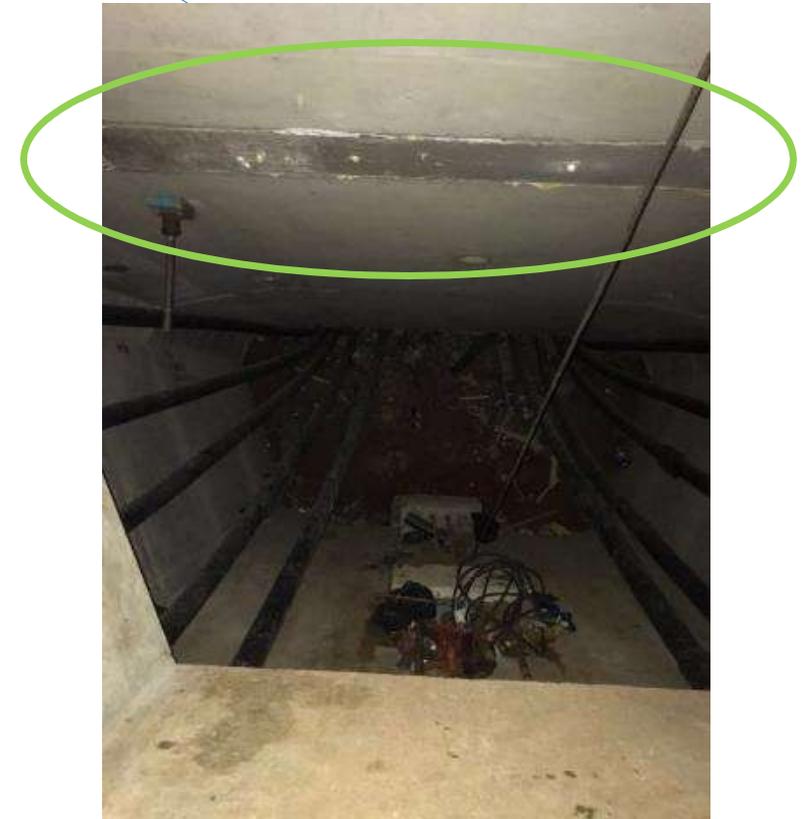
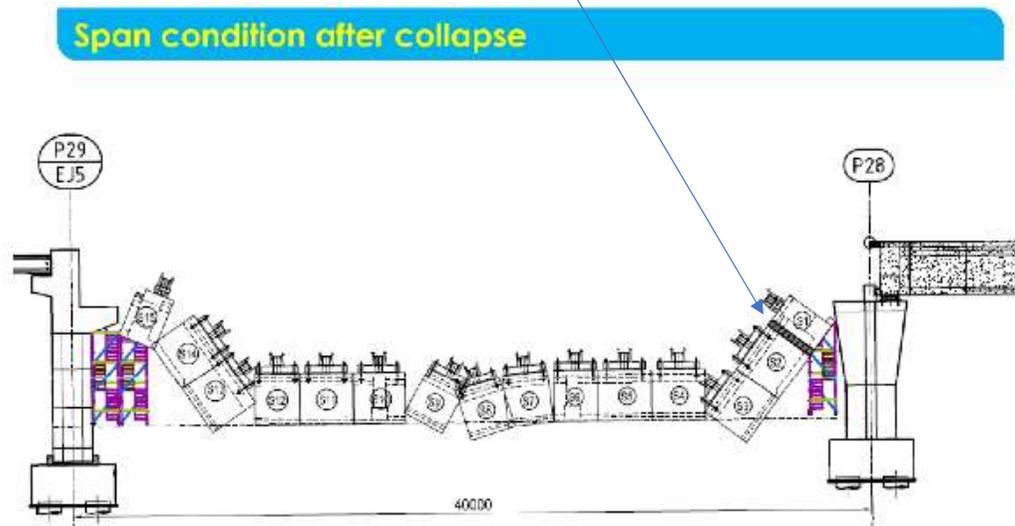
## V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

- 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



## V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

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



# V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

- Wet Join LRT Kelapa Gading



THERMOGRAPHIC REPORT																					
Company	PROYEK FLYOVER SIMPANG JAM BATAM 1																				
Problem	POROSITAS BETON																				
<b>IDENTIFICATION</b>																					
Location Name	PIER P1 SISI NAGOYA																				
Equipment	PIER P1 AREA MARKER ON SITE NO.1																				
<b>PROBLEM DESCRIPTION</b>																					
KONDISI BETON YANG BAKU WARNA MERAH BILA HASIL FOTO SCANNER ULTRASONIC INFRARED THERMOGRAPHY AREA WARNA HITAM ADALAH LOKASI ADANYA POROSITAS BETON, DENGAN KEDALAMAN DARI PERMUKAAN BERKISAR 15 cm - 40 cm																					
<b>THERMOGRAM</b>		<b>TEMPERATURE MEASUREMENTS</b>																			
		<table border="1"> <tr><td>Instr. Date</td><td>10/03/2017 11:00:11</td></tr> <tr><td>Target Temperature</td><td>25.0 °C</td></tr> <tr><td>Emissivity</td><td>0,20</td></tr> <tr><td>Reflected Temp</td><td>OFF</td></tr> </table>		Instr. Date	10/03/2017 11:00:11	Target Temperature	25.0 °C	Emissivity	0,20	Reflected Temp	OFF										
Instr. Date	10/03/2017 11:00:11																				
Target Temperature	25.0 °C																				
Emissivity	0,20																				
Reflected Temp	OFF																				
<table border="1"> <tr><td>Distance</td><td>Rated Load</td><td>Max. Load</td><td>% Load</td></tr> <tr><td>0.5 - 2 m</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> </table>		Distance	Rated Load	Max. Load	% Load	0.5 - 2 m	-	-	-	<table border="1"> <tr><td colspan="2"><b>WEATHER</b></td></tr> <tr><td>Air Temp</td><td>33°C</td></tr> <tr><td>Sky</td><td>CLEAR</td></tr> <tr><td>Wind Speed</td><td>2 m/s</td></tr> <tr><td>Hum. Hum</td><td>-</td></tr> </table>		<b>WEATHER</b>		Air Temp	33°C	Sky	CLEAR	Wind Speed	2 m/s	Hum. Hum	-
Distance	Rated Load	Max. Load	% Load																		
0.5 - 2 m	-	-	-																		
<b>WEATHER</b>																					
Air Temp	33°C																				
Sky	CLEAR																				
Wind Speed	2 m/s																				
Hum. Hum	-																				
<b>MAINTENANCE ACTION</b>																					
Description		Repaired by																			
UNTUK DATA REINSPECTION AREA POROSITAS BETON PIER TSS																					
<b>REPAIR PRIORITY</b>																					
Subst. Rating																					
Temp. Rating		-C																			
<b>REINSPECTION</b>																					
Reinspected by																					
Date																					
<b>Comments</b>																					
-																					

# V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

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

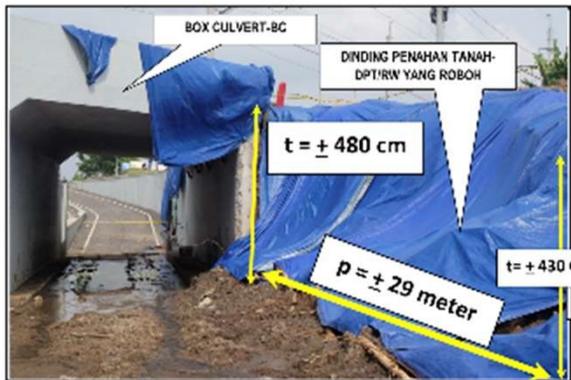
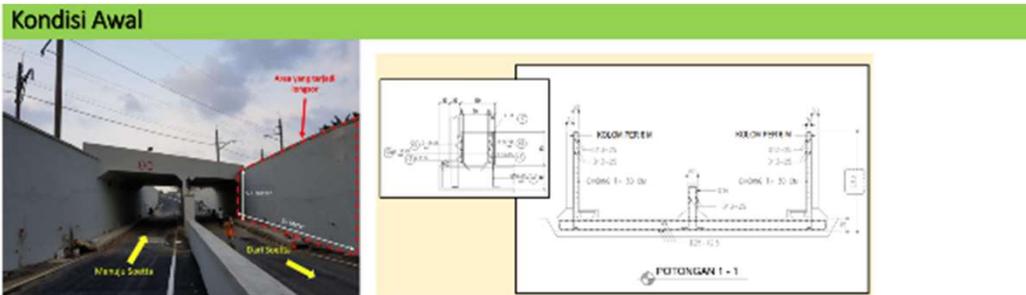
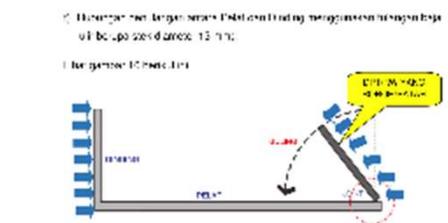


Foto 1. Kondisi Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall-RW) Pasca Kejadian Keruntuhan, dilihat dari arah Barat ke Timur.



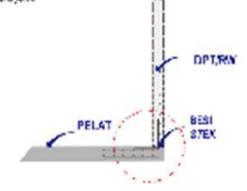
Foto 6. Kondisi cekungan permukaan tanah (top soil) pada belakang dinding panel beton RW

Gambar 9. Penampang konstruksi DPT/RW.



Gambar 10. Penampang konstruksi DPT/RW saat terjadi roboh dan miring akibat guling.

Gambar 11. "Cold Joint" pada pelaksanaan panel panel DPT/RW.



Gambar 13. Detail sambungan peralihan antar panel pada pelaksanaan panel panel DPT/RW.

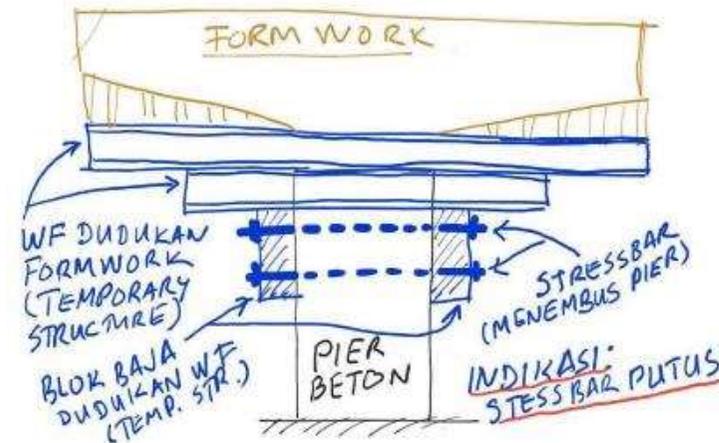
Perencanaan dinding penahan tanah yang serupa dengan box, serta ada cold joint pada pelaksanaan

## V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

- Penggunaan Material Prategang : Batang penumpu pengecoran Pier Becakavu



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

## V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

- Penggunaan Material Prategang : Batang penumpu pengecoran Pier Becakayu



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

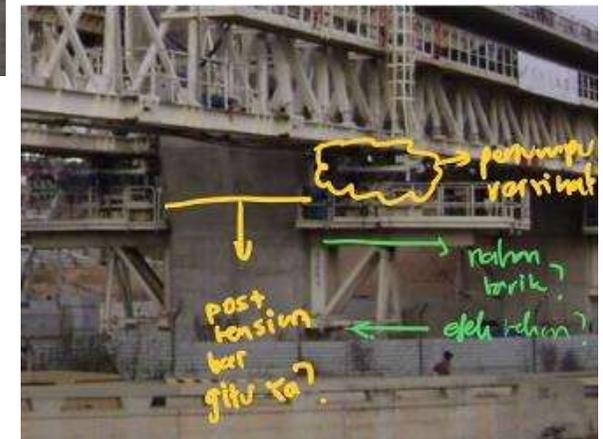
Pier bracket menumpu di atas pier (alternatifnya menumpu di shear key di muka pier) utk menahan beban dari tumpuan gantry (gaya vertical / shear).

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.

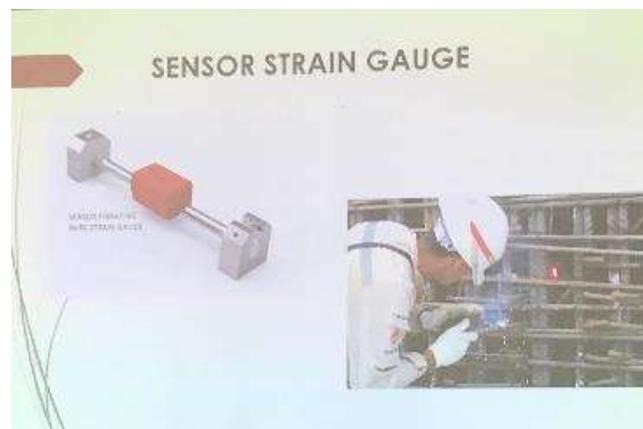
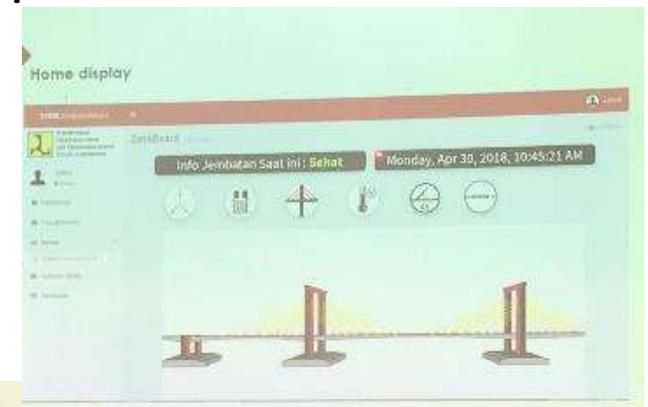
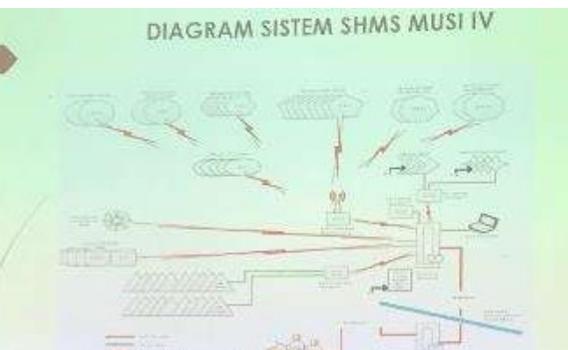
## V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

- Penggunaan Material Prategang : Batang penumpu pengecoran Pier Becakayu



# V. Perhitungan Struktur pada Rekayasa Tahap Konstruksi

- Instrumentasi SHMS pada tahap pelaksanaan dan pemanfaatan



DATA THRESHOLD DARI PERENCANA JEMBATAN

SENSOR DSS

a. Pergerakan lateral di perletakan akibat Beban Tetap

Node	DS (m)	DY (m)	Lokasi
6.10.1	0.029911	-0.000028	PS
6.10.2	0.029906	-0.000028	PS
6.10.3	-0.021760	0.000002	PS
6.10.7	-0.021747	0.000002	PS

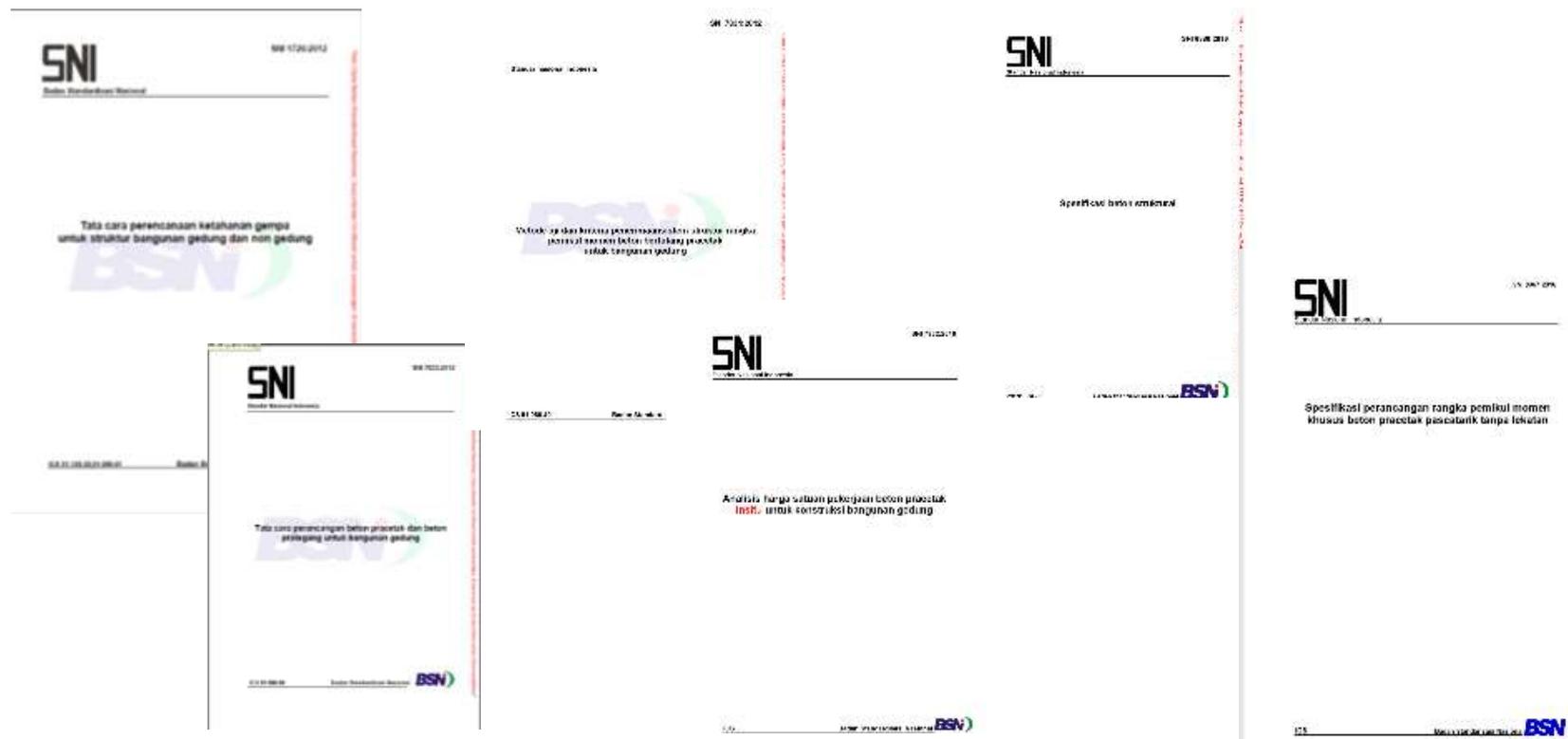
b. Pergerakan Lateral Maksimum dan Minimum di Perletakan

Node	DY (m)	DZ (m)	Restriksi	Lokasi
6.10.1	-0.108996	-0.013839	Maksimum	PS
6.10.2	-0.008139	-0.011267	Minimum	PS

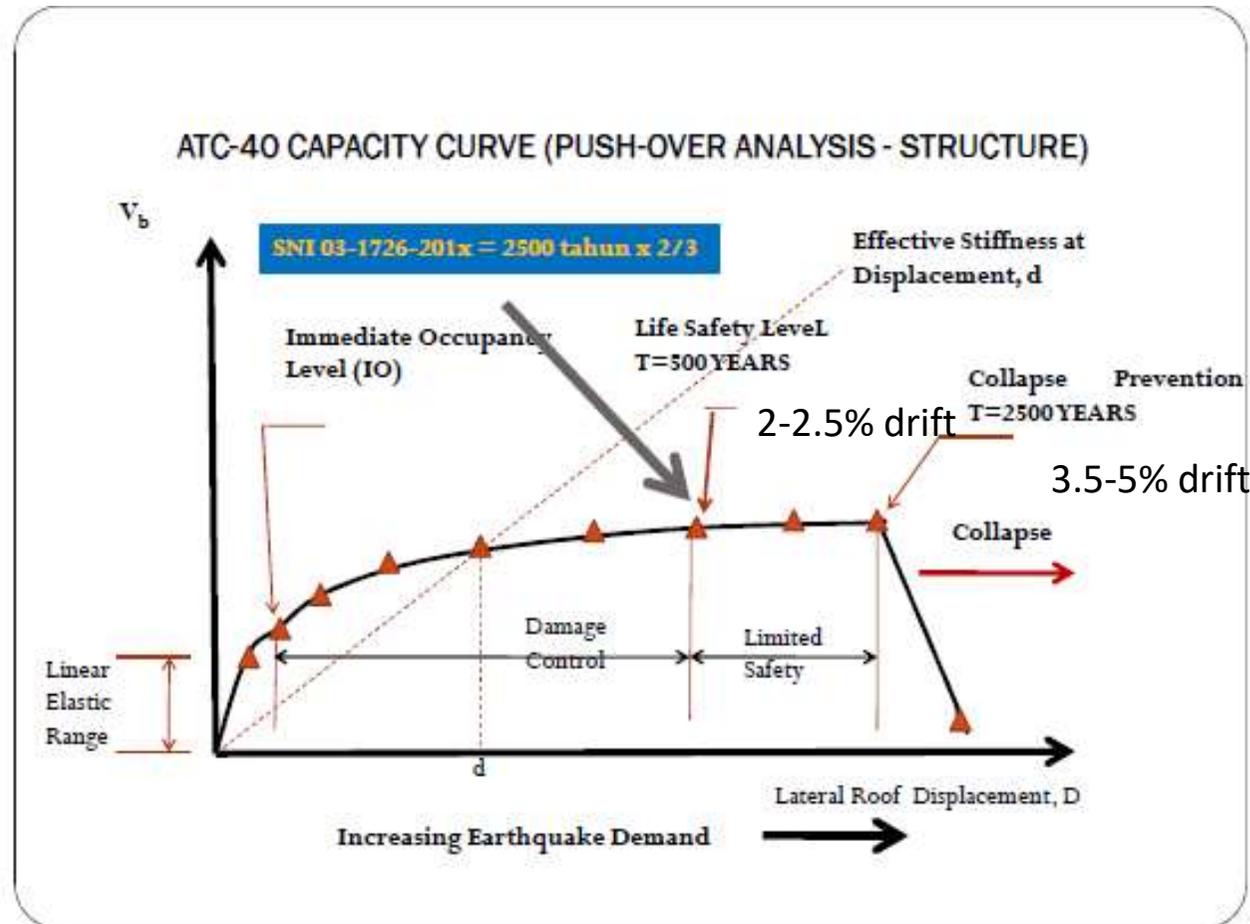


# 3. CONTOH BANGUNAN TINGGI TAHAN GEMPA DENGAN TEKNOLOGI

- Konsep Perencanaan Sistem Pracetak Tahan Gempa Kinerja Tinggi :



## 2. RANCANG BANGUNAN BANGUNAN GEDUNG TAHAN GEMPA



Perencanaan Berbasis Kinerja

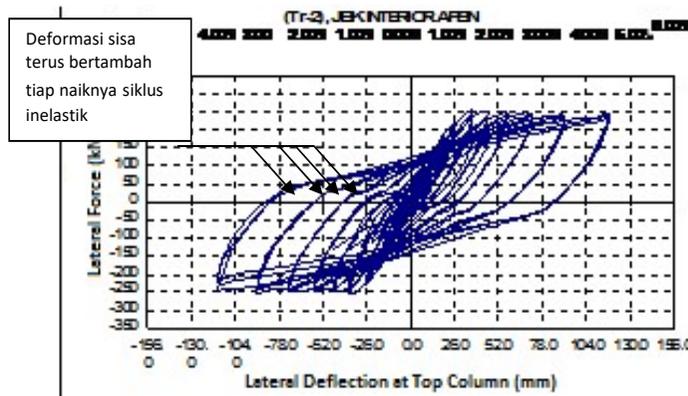
# Performance Level

## “Standard” Structural Performance Levels

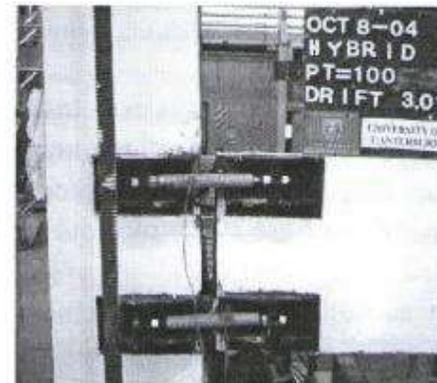
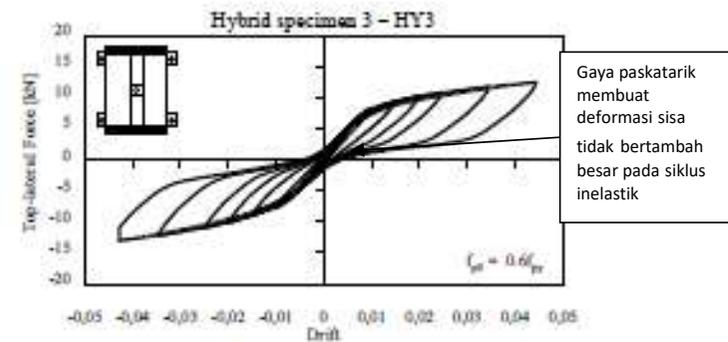


### 3. CONTOH BANGUNAN TINGGI TAHAN GEMPA DENGAN TEKNOLOGI

- Perbandingan perilaku sistem pracetak kinerja tinggi dan desain kapasitas biasa

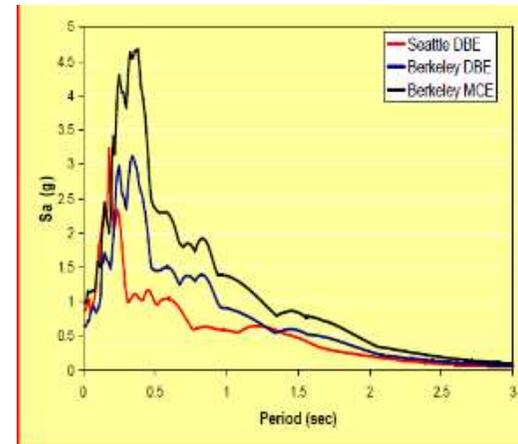


Kerusakan di balok (sulit diperbaiki)



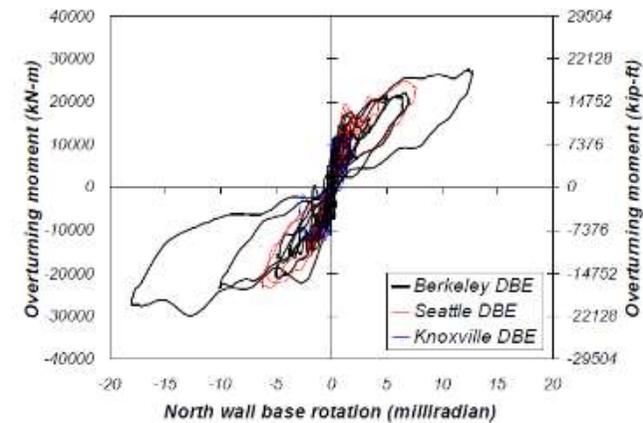
Kerusakan di alat pendisipasi energi, mudah diganti

### 3. CONTOH BANGUNAN TINGGI TAHAN GEMPA DENGAN TEKNOLOGI



(T = 250 tahun)

(T = 475 tahun)



Berkeley earthquake Maximun design earthquake (T = 475 tahun)

Berkeley maximum consider earthquake risk ( $MCE_R$ , T=2500 tahun)

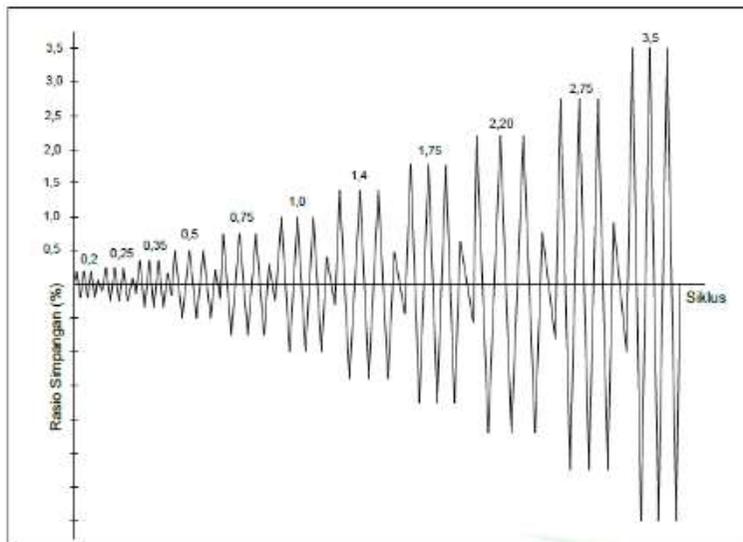
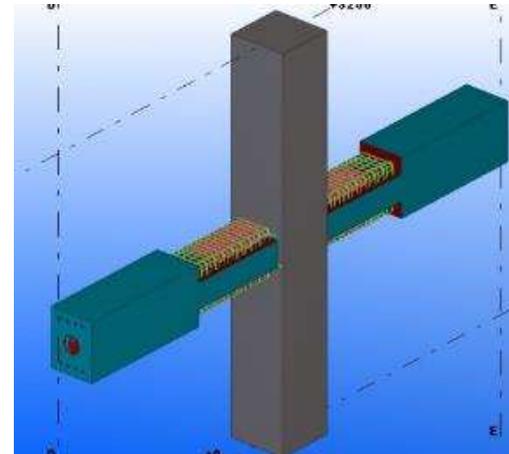
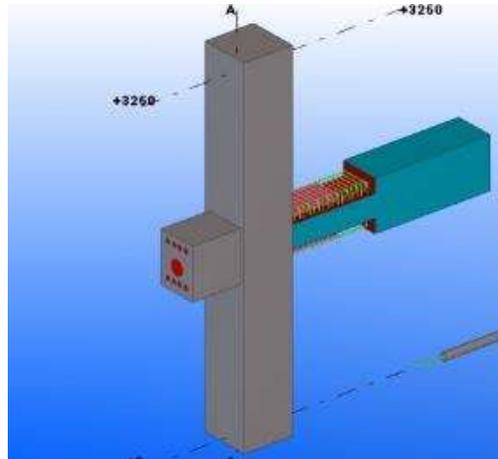
### 3. CONTOH BANGUNAN TINGGI TAHAN GEMPA DENGAN TEKNOLOGI

- Konsep Desain Bangunan Tahan Gempa Modern
  - Konsep Sistem Pracetak Tahan Gempa Kinerja Tinggi diadopsi di NZS 2006
  - Serangkaian gempa di Christchurch (2010-2011) membuktikan kinerja sistem pracetak berkinerja tinggi



### 3. CONTOH BANGUNAN TINGGI TAHAN GEMPA DENGAN TEKNOLOGI

- Pengujian join-balok kolom



Pengujian sesuai dengan SNI 7834-2012 (adopsi ACI 374.1-05), dimana sampai drift 3.5% ada 5 kriteria ketegaran yang harus dipenuhi agar dapat tergolong Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

### 3. CONTOH BANGUNAN TINGGI TAHAN GEMPA DENGAN TEKNOLOGI

- Pengujian join-balok kolom : pembuatan benda uji



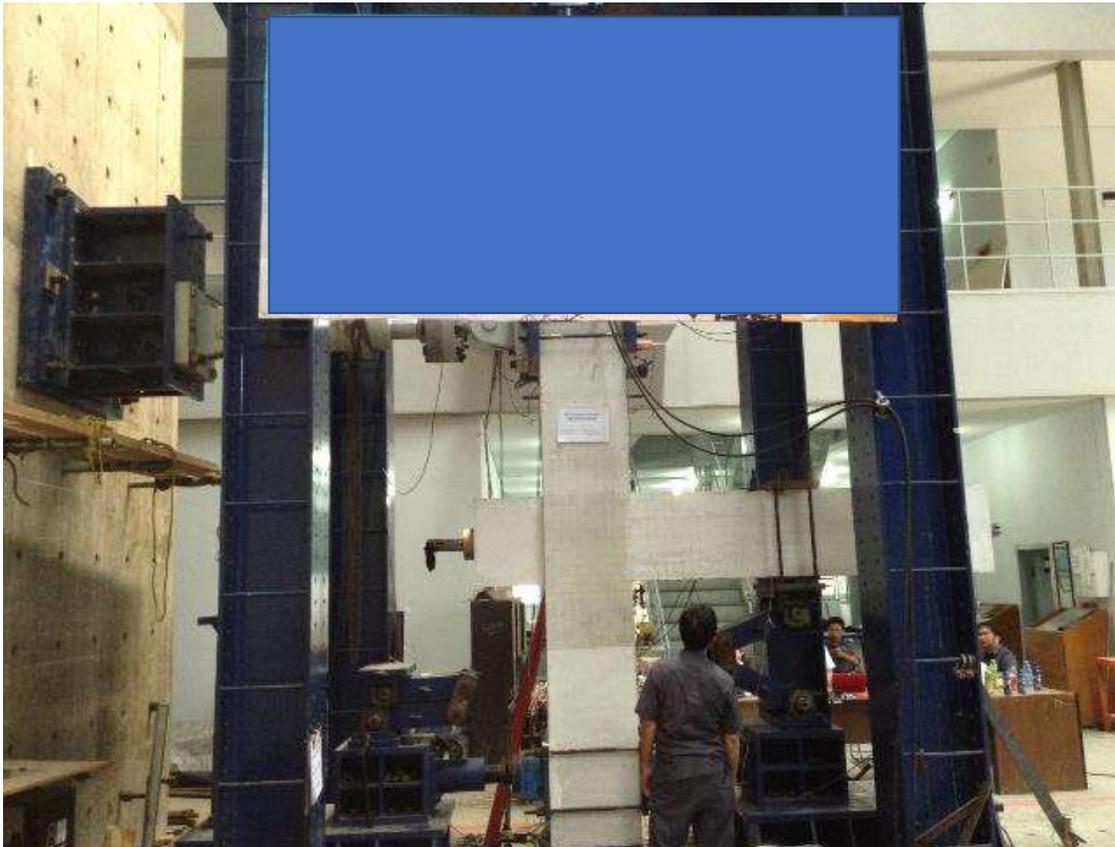
Angkur paska tarik



Cor dissipater

## 5.3 KONFIRMASI UJI BALOK-KOLOM

- Pengujian join-balok kolom eksterior



$P_n = 9.5 \text{ ton}$

$\lambda = 3$

D elastik 0.5%

D batas 2%

### 3. CONTOH BANGUNAN TINGGI TAHAN GEMPA DENGAN TEKNOLOGI

 **KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**  
**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN**  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERMUKIMAN**  
Jln. Panyaungan - Cileunyi Wetan - Kab. Bandung 40393 - PO Box: 812 - Bandung 40008  
Telp. 022 - 7798393 ( 4 saluran ); Fax. 022 - 7798392; Website: <http://puskim.go.id>

---

**SERTIFIKAT PENGUJIAN**  
No. \_\_\_\_\_

Berdasarkan hasil pengujian terhadap model uji struktur pracetak *joint* balok kolom \_\_\_\_\_ SYSTEM dari P.T. \_\_\_\_\_ di Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum, maka dengan ini dinyatakan bahwa:

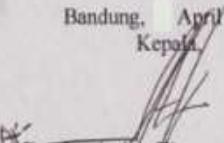
\_\_\_\_\_ SYSTEM

Telah diuji berdasarkan ACI 374.1-05. Berdasarkan hasil evaluasi, sistem tersebut termasuk kategori Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) beton bertulang serta dapat diterapkan pada bangunan gedung bertingkat hingga 10 lantai dan dalam perancangannya harus mengikuti ketentuan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) sesuai dengan standar - standar perencanaan terkait.

Sertifikat ini hanya berlaku jika pelaksanaannya sesuai dengan spesifikasi model uji yang diuji di laboratorium seperti yang tertuang dalam "Laporan Akhir Pengujian Struktur Pracetak *Joint* Balok Kolom

**“Tanggung jawab pemegang paten”**

- Implementasi di lapangan
- Tindak lanjut terhadap penyimpangan

Bandung, April 2011  
Kepala  
  
Dr. Ir. Anisa Firmanti., M.T.  
NIP. 19600615 198703 2 001



# Desain Rumah Susun Prefab 2015



Penerapan pada bangunan rusun sewa dalam waktu pelaksanaan terbatas (157 hari) 4 blok @ 6 lantai 5500 m<sup>2</sup>

# Contoh Penerapan



Rusun PU PR TNI 2015 di Serang, Cijantung, Cipulir, Sunter, Serpong



# 3. Application

Hospital 2017



Carolus Hospital 2017



# 3. Application

Hospital 2017



# 3. Application

Hospital 2017



# 3. Application

Rusun PU PR- Polri 2016



Banyuasin, Sumatera Selatan



Cikeas, Bogor, Jawa Barat

# 3. Application

Rusun PU PR- Polri 2016



Gunung Sitoli, Nias



Natuna, Kepulauan Riau

### 3. Application

Rusun PU PR- Polri 2016



Purwakarta, Jawa Barat



Rohul, Riau

## Contoh Penerapan : Ruko Cikopo 5500 m2 (2016)



## Contoh Penerapan : Ruko Cikopo 5500 m<sup>2</sup> (2016)



# 3. Application

Ruko 2016



Cikopo, Purwakarta, Jawa Barat