

# Regulasi Komplementer Pracetak dan Prategang

PEMBEKALAN SERTA SERTIFIKASI TENAGA AHLI BANGUNAN GEDUNG DAN JEMBATAN  
SUB KUALIFIKASI MUDA & MADYA

DR. Ir. Hari Nugraha Nurjaman, MT

KETUA UMUM IAPPI

6 AGUSTUS 2020



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



# Daftar Isi

- Pendahuluan
- Sejarah Regulasi
- SNI 7834:2012
- SNI 6880:2016
- SNI 8367:2017
- 4 RSNI3 yang sudah dikonsesuskan pada tahun 2019
- 6 RSNI2 yang akan dikonsensuskan pada tahun 2020
- Penutup



# 01 - Pendahuluan

# I. Pendahuluan

- Struktur beton pracetak dan prategang sudah terakomodasi dengan baik dalam SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 beserta penjelasannya
- Sesuai dengan rujukan aslinya ACI 318-14, ada beberapa ACI komplementer yang membahas hal-hal khusus yang tidak terpisahkan terhadap regulasi induknya, sehingga dirasakan perlu untuk juga membuat SNI komplementer untuk melengkapi SNI 2847:2019
- Pada kesempatan ini akan disajikan beberapa SNI komplementer, baik sudah disahkan BSN, yang sudah dikonsensuskan (RSNI3), maupun yang akan dikonsensuskan (RSNI2)

# 02-Sejarah Regulasi

- Perkembangan tercantumnya sistem pracetak dan prategang dalam SNI sampai tahun 2012
- Perkembangan setelah keluarnya SNI 2847:2013 (2013-2019)
- Perkembangan setelah keluarnya SNI 2847:2019 (2019 – sekarang)

# Sejarah Regulasi

---

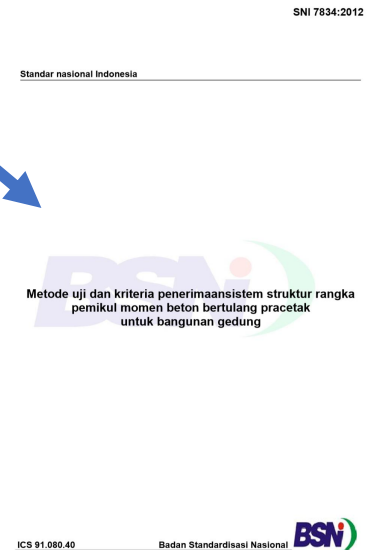
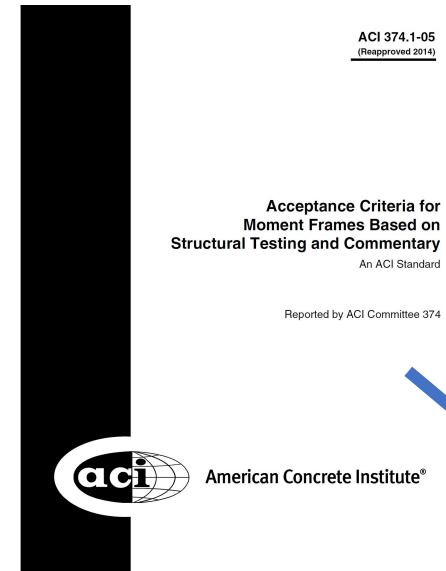
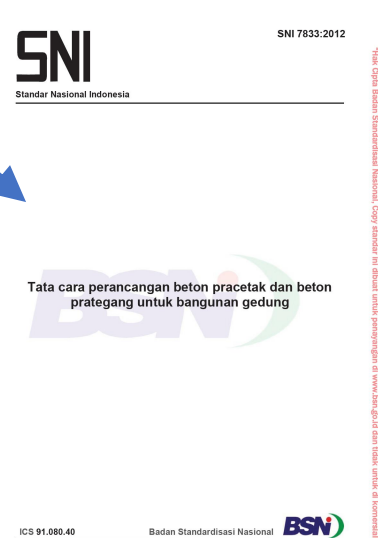
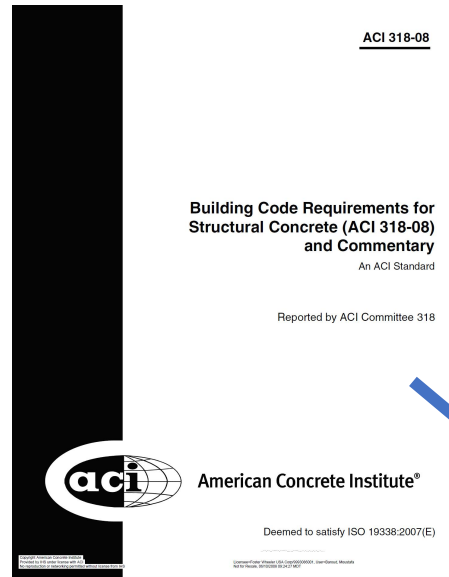
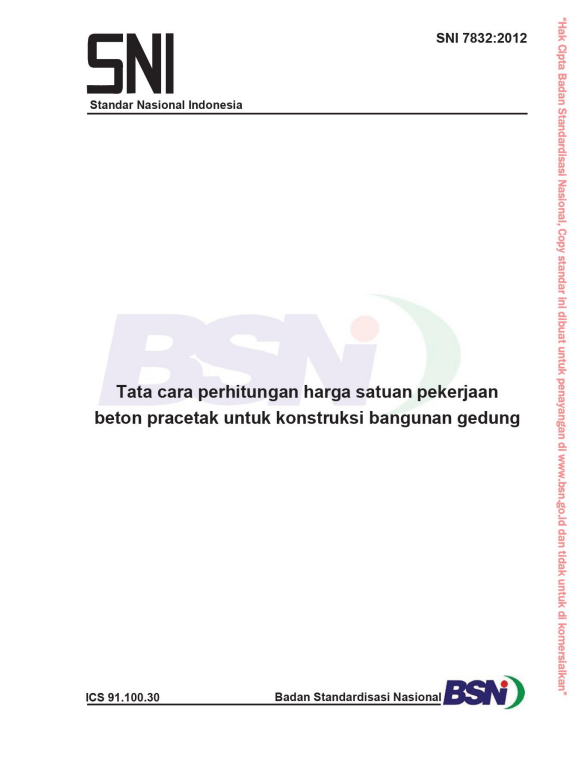
## Perkembangan dalam SNI Beton

1. **Sistem pracetak** mulai tercantum pada **SNI 03-2847-2002**, *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung* yang didasarkan atas **ACI 318-99**
2. **Pada ACI 318-02**, terjadi perubahan signifikan dengan dimasukkannya hasil-hasil penelitian sistem pracetak kinerja tinggi.
3. Pada kurun waktu 2002 -2012 banyak terbit komplementer ACI terkait sistem pracetak, disamping sudah ada 2 kali upgrade ACI 318-05 dan ACI 318-08
4. Pada masa 2002 sampai 2010, SNI 03-2847-2002 belum ada inisiasi untuk direvisi, sehingga pada tahun 2010 Kementerian Pekerjaan Umum dan IAPPI mengambil inisiatif untuk membuat regulasi khusus tentang **sistem beton pracetak dan prategang** untuk memwadahi perkembangan yang sangat pesat di lapangan

# Sejarah Regulasi

## Perkembangan dalam SNI Beton

5. Pada tahun 2012 dikeluarkan 3 SNI khusus pracetak SNI 7832-2012, SNI 7833-2012, dan SNI 7834:2012



# Sejarah Regulasi

## Korespondensi SNI 7833:2012 dengan ACI 318-08:

ACI 318-08	SNI
	Bab 1 Persyaratan Umum
	Bab 2 Acuan Normatif
	Bab 3 Notasi dan Definisi
Chapter 16 (precast)	Bab 4
Chapter 17 (composite)	Bab 5
Chapter 18 (prestressed)	Bab 6
Chapter 21 (earthquake)	Bab 7
Chapter 14 (walls)	Bab 8

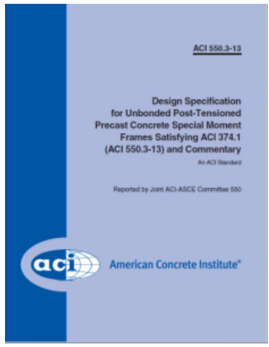
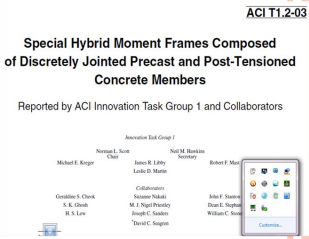
Dibuatkan SNI Khusus SNI 7834:2012

7.8.4 Portal khusus yang dibuat dengan beton pracetak dan tidak memenuhi ketentuan dalam 7.8.2 atau 7.8.3 harus memenuhi persyaratan ACI 374.1 dan ketentuan (a) dan (b) berikut ini:

(a) Detail dan bahan yang digunakan dalam spesimen uji harus mewakili dari yang digunakan dalam struktur; dan

(b) Prosedur desain dalam mengatur spesimen uji harus mendefinisikan mekanisme bagaimana portal menahan pengaruh gravitasi dan gempa, dan harus menetapkan nilai kriteria penerimaan dalam mendukung mekanisme tersebut. Bagian dari mekanisme yang mendeviasi dari persyaratan peraturan harus dicakup dalam spesimen uji dan harus diuji untuk menentukan batas atas nilai kriteria penerimaan.

ACI ITG-1.2<sup>21,44</sup> menjelaskan persyaratan desain untuk satu tipe portal momen beton pracetak khusus untuk penggunaan sesuai 7.8.4.

SNI 7833:2012 dilengkapi dengan penjelasan (Commentary)



# Sejarah Regulasi

---

## PERKEMBANGAN DALAM SNI BETON

6. SNI 2847 direvisi pada tahun SNI 2847:2013 yang merupakan adopsi dari ACI 318-11. SNI tentunya sudah lebih maju dari referensi ACI 318-08 yang jadi referensi SNI 7833:2012, hanya saja SNI 2847:2013 tidak menyertakan commentary ACI 318-11. Pada commentary banyak hal tentang sistem pracetak yang mengkaitkan dengan complementary ACI. Jadi SNI 7833:2012 diputuskan masih tetap dipertahankan.
7. Pada kurun waktu 2013 – 2019 dikeluarkan beberapa komplementari ACI, yang dijadikan yaitu SNI 6880:2016 dan SNI 8367:2017 , dan revisi SNI 7832 menjadi SNI 7832:2017
8. Pada tahun 2019 dikeluarkan SNI 2847:2019, lengkap dengan commentarynya. Jadi peraturan induk beton sudah lengkap, termasuk sistem pracetak dan prategang.
9. Pada tahun 2019 diinisiasi pembuatan complementary code tentang sistem pracetak dan prategang yang diperlukan di lapangan. Jika seluruh complementary ini sudah selesai, maka SNI 7833:2012 dapat diusulkan untuk diabolisi

# Sejarah Regulasi

ACI 550.3-13

**Design Specification for Unbonded Post-Tensioned Precast Concrete Special Moment Frames Satisfying ACI 374.1 (ACI 550.3-13) and Commentary**

An ACI Standard

Reported by Joint ACI-ASCE Committee 550



Spesifikasi perancangan rangka pemikul momen khusus beton pracetak pascatarik tanpa lekatan

SNI 8367:2017

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

SNI 7832:2017

Analisis harga satuan pekerjaan beton pracetak insitu untuk konstruksi bangunan gedung

6.19 Ereksi 1 buah komponen untuk pelat pracetak

Tabel 15 – Ereksi 1 buah komponen untuk pelat pracetak

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Solar	L	6.876
Alat	Sewa crane	unit hari	0,067
	Sewa pipe support	buah hari	1,100
Tenaga Kerja	Operator crane	OH	0,067
	Pembantu operator crane	OH	0,067
	Pekerja	OH	0,067
	Tukang batu	OH	0,067
	Tukang ereksi	OH	0,134

6.20 Indeks kenaikan lantai ereksi komponen untuk pelat pracetak

Tabel 16 – Indeks kenaikan lantai ereksi komponen untuk pelat pracetak


Lantai	Indeks kenaikan lantai ereksi pelat
1	1,000
2	1,000
3	1,000
4	1,000
5	1,000
6	1,000
7	1,000
8	1,018
9	1,037
10	1,055
11	1,075
12	1,094
13	1,114
14	1,134
15	1,155
16	1,176
17	1,197
18	1,219
19	1,241
20	1,264
21	1,287
22	1,310
23	1,334
24	1,358

Penelitian tambahan 2014 - 2017 untuk mendapatkan indeks ereksi bangunan tinggi

301M-10  
(metro)

**Specifications for Structural Concrete**  
An ACI Standard

Reported by ACI Committee 301




American Concrete Institute®

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

SNI 6880:2016

Spesifikasi beton struktural

ICS 91.080.40 Badan Standardisasi Nasional 



## Usulan SNI Pracetak dan Prategang Komplementer SNI 2847:2019

NO	ACI CODE	TITLE
1	ACI 533R-11	Guide for Precast Concrete Wall Panels
2	ACI 523.2R-96	Guide for Precast Cellular Concrete Floor, Roof and Wall Unit
3	ACI 533.1R-02	Design Responsibility for Architectural Precast Concrete Projects
4	ACI 550.1R-09	Guide for Emulating Cast-in- Place Detailing for Seismic Design of Precast Concrete Structures
5	ACI 550.2R-13	Design Guide for Connections in Precats Jointed System
6	ACI ITG-7M-09	Specification for Tolerances for Precast Concrete



## Usulan SNI Pracetak dan Prategang Komplementer SNI 2847:2019

NO	ACI CODE	ISI
1	ACI 533R-11	Design dinding panel, toleransi, material, pabrikasi dan pengangkutan, instalasi, persyaratan kualitas dan pengujian
2	ACI 523.2R-96	Material, perencanaan, manufaktur, pengujian, pengangkutan, anti kebakaran lantai, atap dan dinding
3	ACI 533.1R-02	Tugas dan tanggung jawab masing-masing pihak, format kontrak
4	ACI 550.1R-09	Prosedur design, sistem komponen, sambungan, pabrikasi, transportasi, ereksi, inspeksi, dan emulasi
5	ACI 550.2R-13	Panduan perencanaan, lantai beton pracetak, sistem pemikul beban lateral, sambungan, konsiderasi pengangkatan, pengelasan dan grouting
6	ACI ITG-7M-09	Toleransi produk struktural, toleransi produk arsitektural non-struktural, toleransi ereksi produk arsitektural non-struktural



## Usulan SNI Pracetak dan Prategang Komplementer SNI 2847:2019 yang sudah dikonsensuskan pada tahun 2019 RSNI3

No	Judul	Referensi ACI
1	Panduan Desain untuk komponen penyambung sistem pracetak	ACI 550.2R-13 Design Guide for Connection in Precast Jointed System
2	Panduan emulasi pendetailan beton cor di tempat untuk desain struktur beton pracetak tahan gempa	ACI 550.1R-09 Guide to Emulating Cast-in Place Detailing for Seismic Design of Precast Concrete Structure
3	Panduan beton pracetak seluler untuk komponen lantai, atap, dan dinding	ACI 523.2R-96 Guide for Precast Cellular Concrete Floor, Roof and Wall units
4	Tanggungjawab perencanaan untuk proyek beton pracetak arsitektural	ACI 533.1R-02 Design Responsibility for Architectural Precast Concrete Projects

# Sejarah Regulasi


ACI 523.2R-96

Guide for Precast Cellular Concrete Floor, Roof, and Wall Units


Reported by ACI Committee 523

**RSNI2**  
Rancangan Standar Nasional Indonesia 2

RSNI2 XXXX:20XX

 American Concrete Institute

Panduan beton pracetak seluler untuk komponen lantai, atap dan dinding

ICS 91.080.40      Badan Standardisasi Nasional 


ACI 533.1R-02

Design Responsibility for Architectural Precast-Concrete Projects


Reported by ACI Committee 533

**RSNI2**  
Rancangan Standar Nasional Indonesia 2

RSNI2 XXXX:20XX

 American Concrete Institute

Tanggung jawab perencanaan untuk proyek beton pracetak arsitektural

ICS 91.080.40      Badan Standardisasi Nasional 


ACI 550.1R-09

Guide to Emulating Cast-in-Place Detailing for Seismic Design of Precast Concrete Structures


Reported by Joint

**RSNI2**  
Rancangan Standar Nasional Indonesia 2

RSNI2 XXXX:20XX

 American Concrete Institute

Panduan emulasi pendetailan beton cor di tempat untuk desain struktur beton pracetak tahan gempa

ICS 91.080.40      Badan Standardisasi Nasional 

Sudah dikonsensuskan 9 Desember 2019

# Sejarah Regulasi

ACI ITG-7M-09

**Specification for Tolerances  
for Precast Concrete**  
An ACI Standard

Reported by ACI Innovation Task Group 7



ACI 533R-11

**Guide for Precast  
Concrete Wall Panels**

Reported by ACI Committee 533



ACI 550.2R-13

**Design Guide for Connections in  
Precast Jointed Systems**

Reported by Joint ACI-ASCE Committee 550



**RSNI2** RSNi2 XXXX:20XX  
Rancangan Standar Nasional Indonesia 2

Panduan desain untuk komponen penyambung  
sistem pracetak

Rencana dikonsensuskan 2020

Sudah dikonsensuskan 9 Desember 2019

# Sejarah Regulasi

ACI ITG-5.2-09

Requirements for Design of a Special Unbonded Post-Tensioned Precast Shear Wall Satisfying ACI ITG-5.1 (ACI ITG-5.2-09) and Commentary

An ACI Standard

Reported by ACI Innovation Task Group 5

RSNI XXXX : XXXX



**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

Persyaratan perencanaan dari dinding geser khusus pracetak paskatarik tanpa lekatan dan penjelasannya

ICS XXXX.XX.XX

Badan Standarisasi Nasional



ACI ITG-5.1M-07

Acceptance Criteria for Special Unbonded Post-Tensioned Precast Structural Walls Based on Validation Testing and Commentary

An ACI Standard

Reported by ACI Innovation Task Group 5

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia



Am

Metoda Uji dan Kriteria Penerimaan Sistem Dinding Pemikul Beton Pracetak :

Kriteria Penerimaan untuk Uji Validasi Dinding Struktural Pracetak Khusus dengan Paskatarik tanpa Lekatan

ICS XXX.XX.XX

Badan Standarisasi Nasional



ACI 374.2R-13

Guide for Testing Reinforced Concrete Structural Elements under Slowly Applied Simulated Seismic Loads

Reported by ACI Committee 374

RSNI XX



**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

Metoda Uji dan Kriteria Penerimaan Sistem Dinding Pemikul Beton Pracetak :

Pedoman Pengujian Elemen Struktur Beton Bertulang Terhadap Simulasi Beban Seismik Secara Perlahan-Lahan

ICS XXXX.XX.XX

Badan Standarisasi Nasional



NATIONAL BUILDING CODE

TECHNICAL STANDARD OF BUILDING E.030

EARTHQUAKE-RESISTANT DESIGN

Lima, April 2<sup>nd</sup> 2003

RSNI XXXX-3 : XXXX

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

Metoda Uji dan Kriteria Penerimaan Sistem Dinding Pemikul Beton Pracetak :

Standar Teknis Bangunan Desain Tahan Gempa Bumi

ICS XXX.XX.XX

Badan Standarisasi Nasional



Standar Desain dan Pengujian Sistem Dinding Pemikul Rencana dikonsensuskan tahun 2020

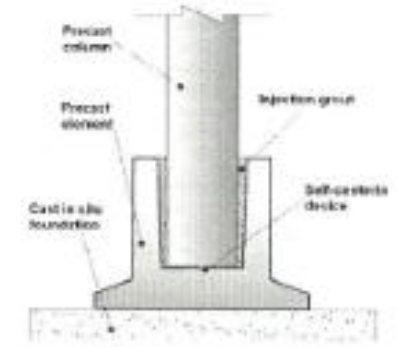
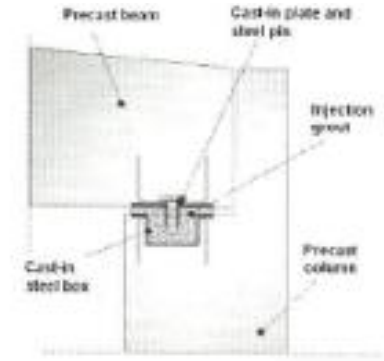
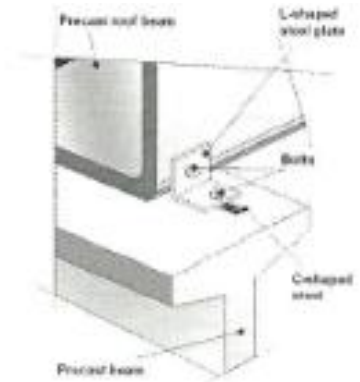
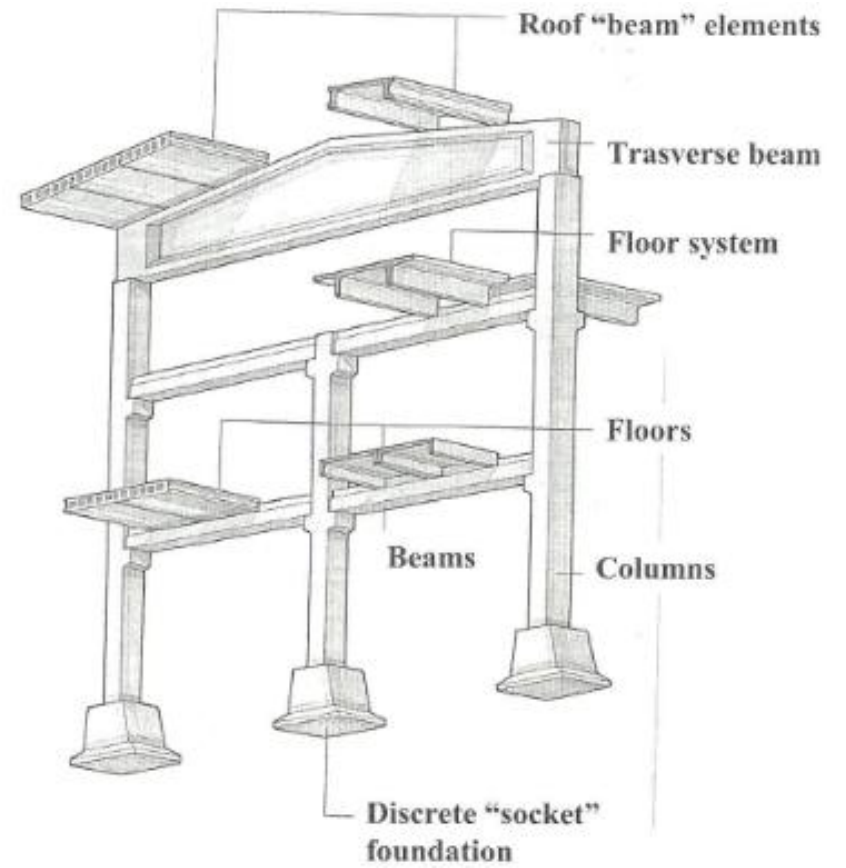


# Sejarah Perkembangan

- Perkembangan umum di dunia
  - Parsial
  - Sistem tahan gempa emulasi (1970 - 1995 start di Selandia Baru)
  - Sistem tahan gempa kinerja tinggi (2002 di US)
  - Prefabricated Prefinished Volumetric Construction (PPVC) (2004 di US)
- Perkembangan di Indonesia
  - Parsial
  - Sistem tahan gempa emulasi (1974)
  - IAPPI & AP3I (1999,2013)
  - Sistem tahan gempa kinerja tinggi (2014)
  - PPVC (2020)

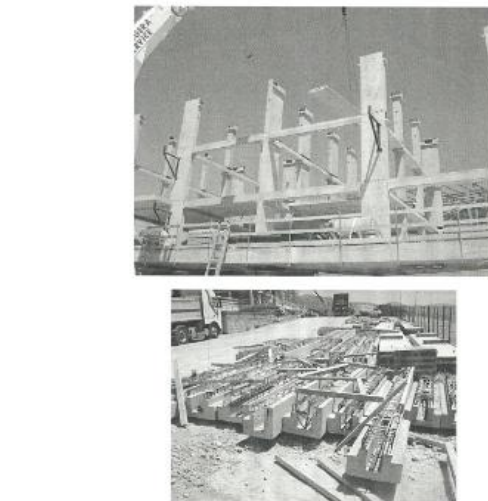
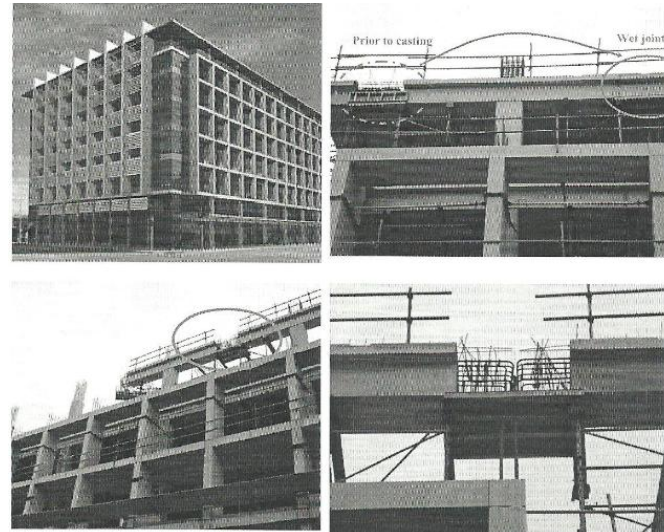
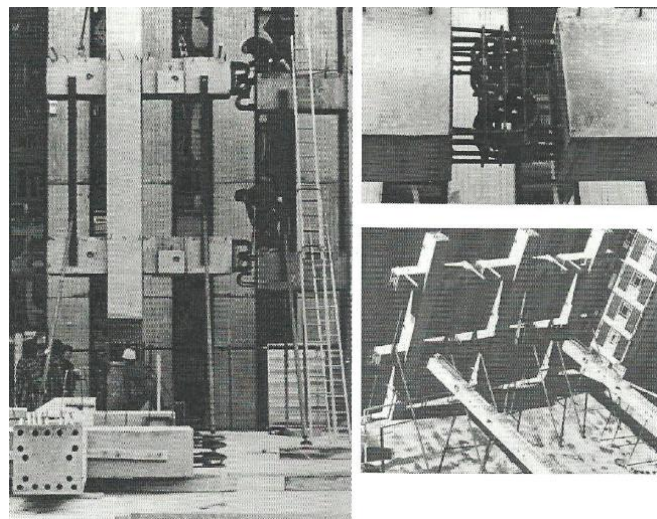
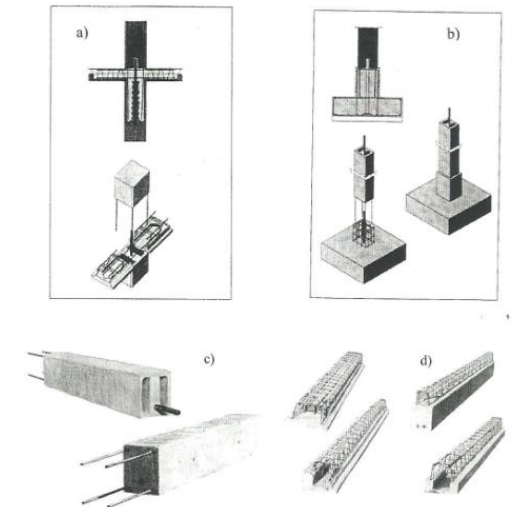
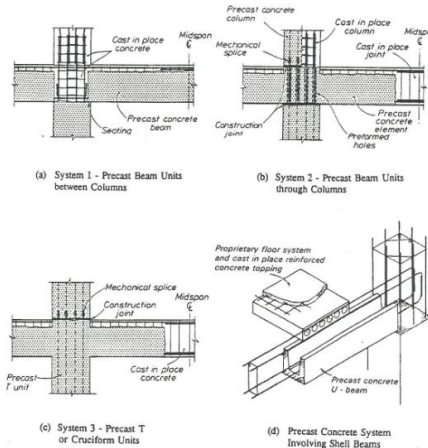
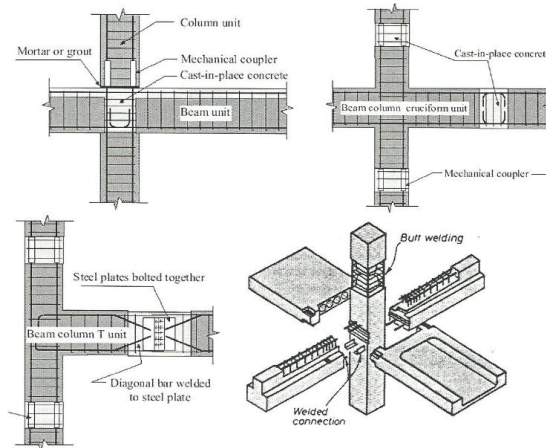
# Sejarah Perkembangan Umum

- Parsial



# Sejarah Perkembangan Umum

- Sistem precast tahan gempa dengan konsep emulasi monolit berkembang di Selandia Baru dan Italy sejak tahun 1990.



# Sejarah Perkembangan - Indonesia

- Parsial



Rusun Kemayoran (2016-2017)



Facade



Dinding dalam



Preslab – Half Slab



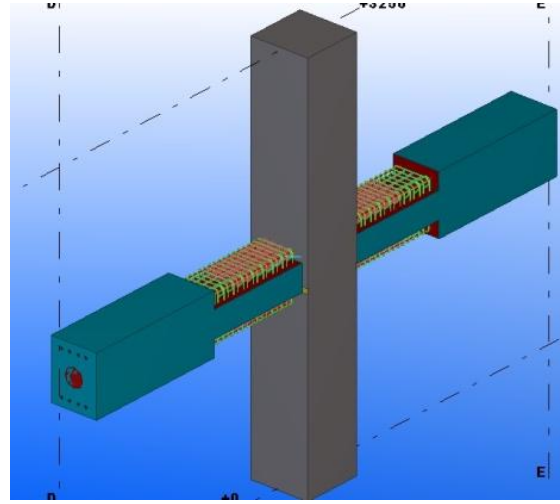
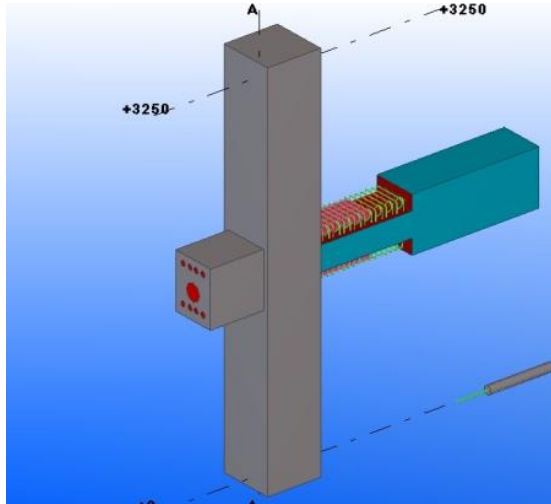
Kamar Mandi

# 03-SNI 7834:2012

- Konsep SNI 7834:2012 Metoda Uji dan Kriteria Penerimaan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang Pracetak untuk Bangunan Gedung
- Contoh Penerapan : SPRMK, SPRMM dan SPRMB
- Kinerja aktual sistem terhadap beberapa gempa kuat yang terjadi di Indonesia (2004-2019)

# SNI 7834 : 2012 : Konsep

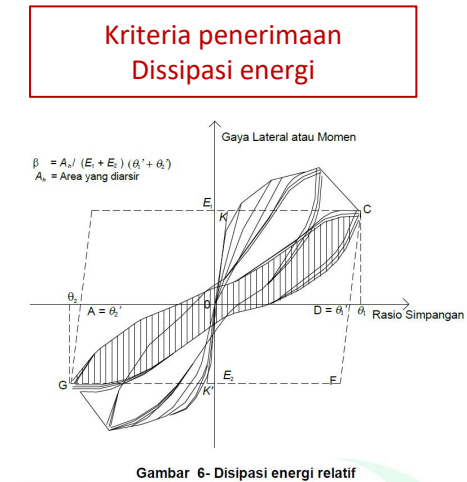
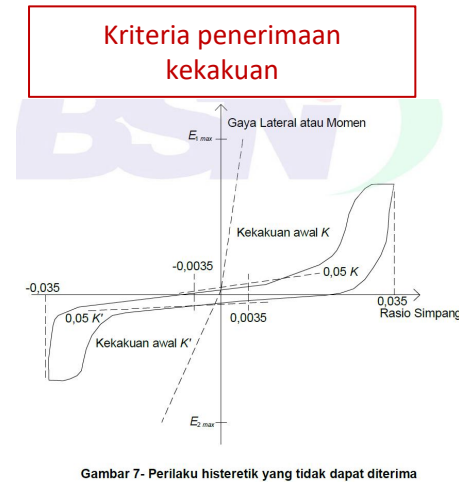
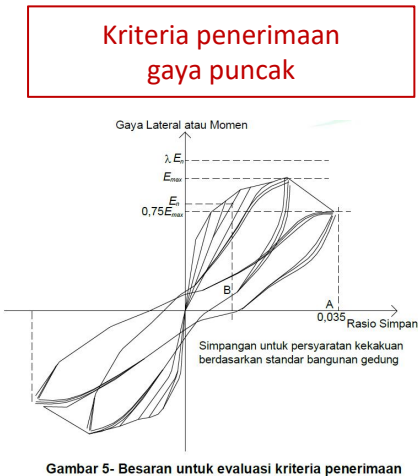
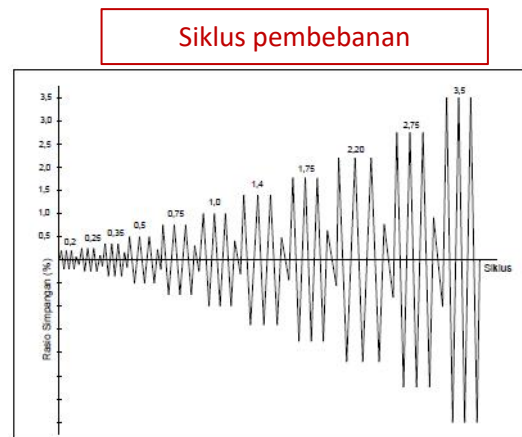
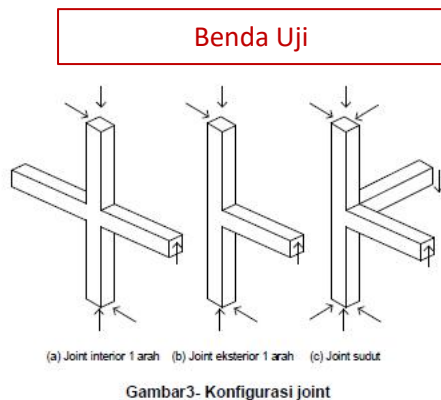
- Pengujian join-balok kolom



18.2.1.7 Sistem struktur beton bertulang yang tidak memenuhi ketentuan pasal ini diizinkan jika dapat diperlihatkan melalui bukti eksperimental dan analisis bahwa sistem yang diusulkan tersebut memiliki kekuatan dan ketegaran (*toughness*) yang minimal sama dengan yang dimiliki struktur beton bertulang monolit setara yang memenuhi ketentuan pasal ini.

pengujian, atau analisis. Kriteria penerimaan untuk rangka pemikul momen yang ditetapkan dalam SNI 7834 atau ACI 374.1 dapat digunakan bersamaan dengan Pasal 18 untuk menunjukkan bahwa kekuatan, kapasitas disipasi energi, dan kapasitas deformasi sistem rangka yang diusulkan paling tidak sama atau melebihi kinerja sistem beton monolit setara.

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)



# SNI 7834 : 2012 : Konsep

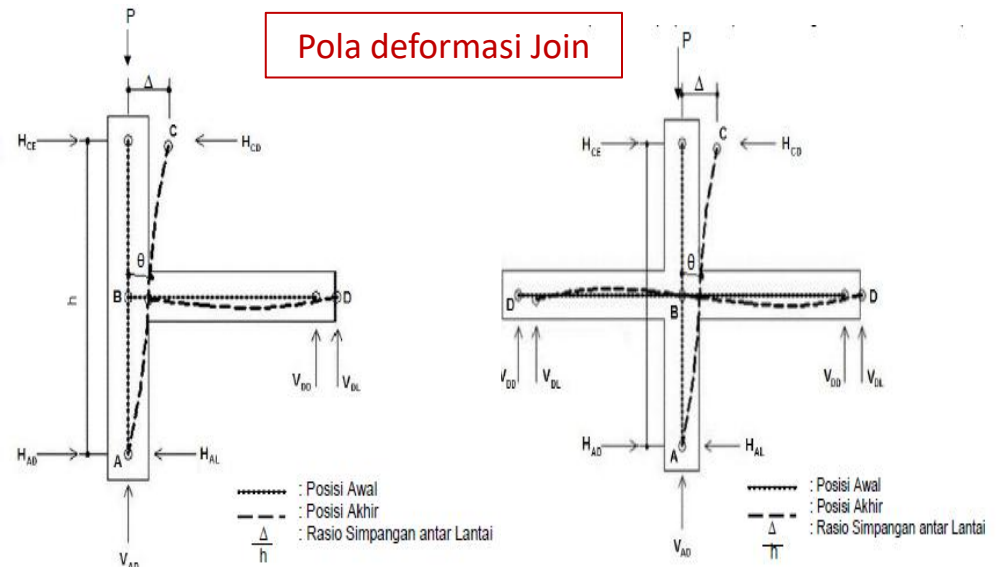
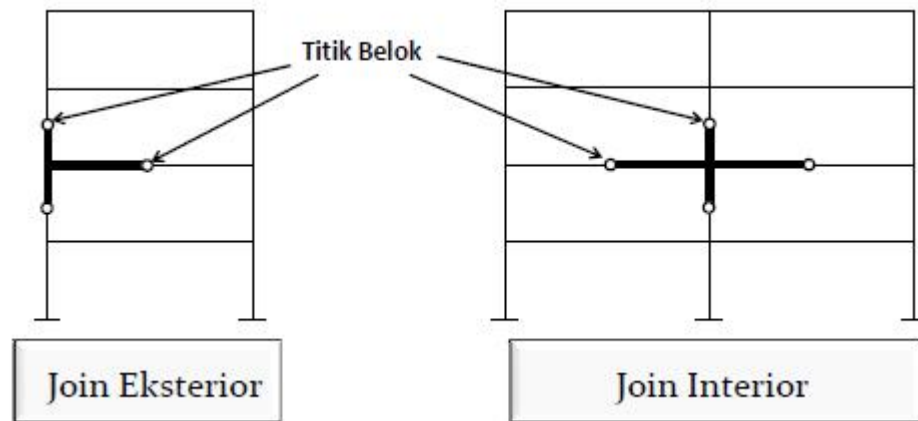
- Pengujian join-balok kolom

Desain Benda Uji :

- ❑ Prosedur desain sudah harus dikembangkan untuk struktur portal pracetak prototipe
- ❑ Prosedur desain yang sama harus digunakan untuk merancang benda uji
- ❑ Nilai faktor kuat lebih yang digunakan untuk mendesain kolom portal prototipe  $\geq$  dari yang ditetapkan pada SNI 2847

Benda Uji :

- ❑ Jumlah benda uji sekurang-kurangnya dua buah ( satu unit join interior dan satu unit join eksterior)
- ❑ Skala benda uji harus sekurang-kurangnya satu per tiga skala penuh
- ❑ Panjang benda uji pada masing-masing sisi join, haruslah merupakan jarak titik belok terdekat dengan lokasi join



# SNI 7834 : 2012 : Konsep

- Pengujian join-balok kolom

Kriteria Penerimaan :

- Benda uji memiliki kriteria penerimaan memuaskan bila :
  - Benda uji harus memiliki tahanan lateral sama atau lebih kecil dari  $E_n$  sebelum drift rasionalnya melebihi nilai yang konsisten dengan Batasan story drift ijin berdasarkan peraturan yang relevan
  - Tahanan lateral maksimum  $E_{max}$  yang tercatat dari pengujian tidak boleh melebihi  $\lambda E_n$  dimana  $\lambda$  adalah faktor kuat lebih untuk desain kolom
- Untuk pembebanan pada level drift dimana kinerja dicari, tetapi tidak kurang dari rasio drift 0.035 karakteristik siklus ke tiga harus memenuhi :
  - Gaya puncak untuk masing-masing arah beban tidak boleh kurang dari 0.75  $E_{max}$
  - Rasio disipasi energi relative tidak boleh kurang dari 1/8
  - Kekakuan sekan dari rasio drift -0.035 ke rasio drift +0.035 harus tidak kurang dari 0.05 kali kekakuan awal
- Bila kriteria di atas terpenuhi, sistem struktur dimaksud dapat digunakan pada sistem struktur rangka pemikul momen beton bertulang pracetak dengan KDS D, E, F
- Bila salah satu dari kriteria di atas tidak dipenuhi, sistem struktur hanya dapat digunakan untuk KDS A, B, C, selama dapat dibuktikan dengan metode eksperimental dan analisis yang dapat dipertanggungjawabkan

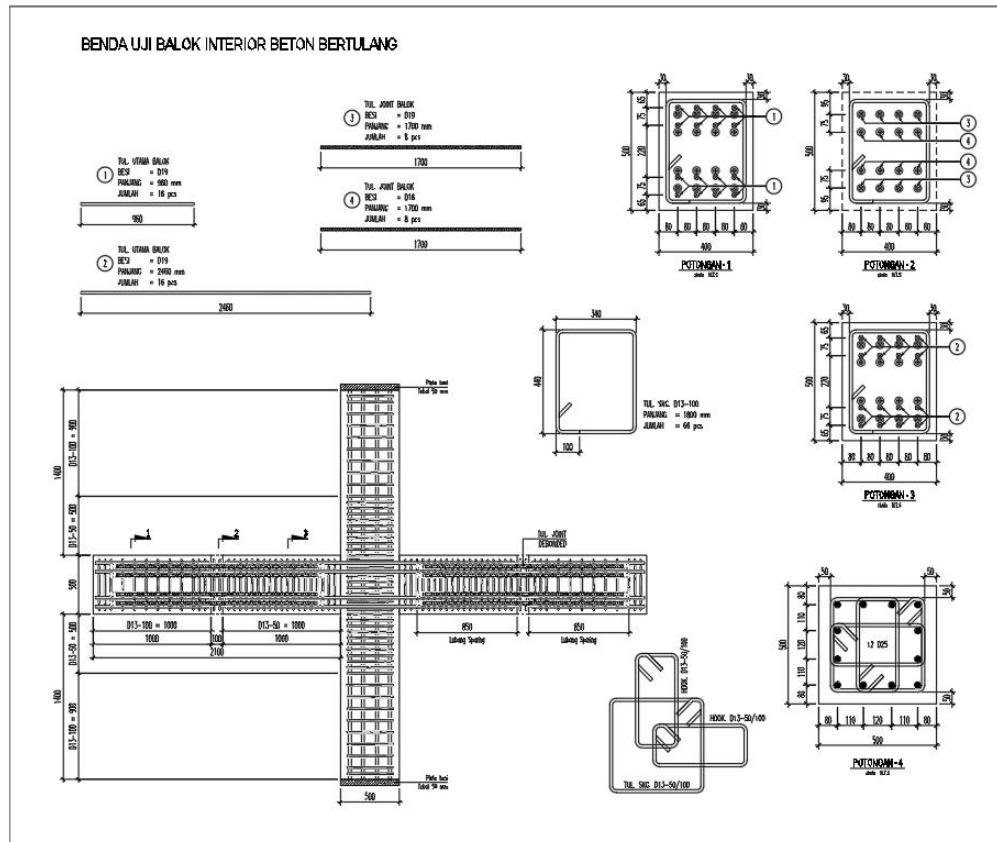


# SNI 7834:2012 : Konsep

- Skema ini sudah dilakukan di Puslitbang Permukiman sejak tahun 1995 berdasarkan ACI yang berlaku saat tersebut. Skema ini tidak berubah lagi sejak ACI 374.1-05, dan akhirnya dijadikan dasar SNI 7834:2012

# SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

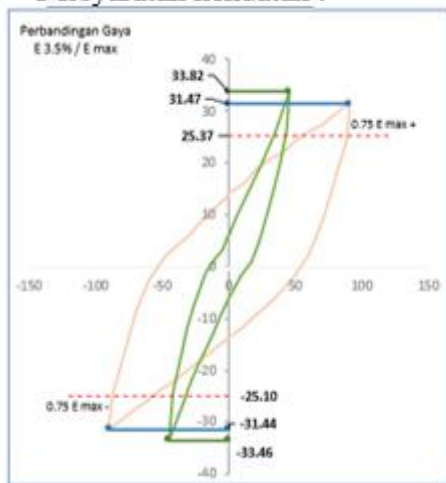
- Contoh SPRMK (lulus 3.5%)



# SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

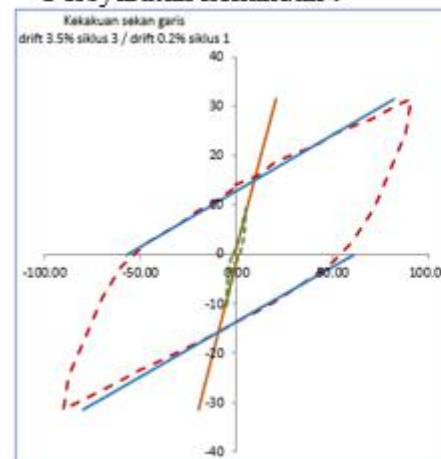
- Contoh SPRMK (lulus 3.5%)

- Persyaratan kekuatan :



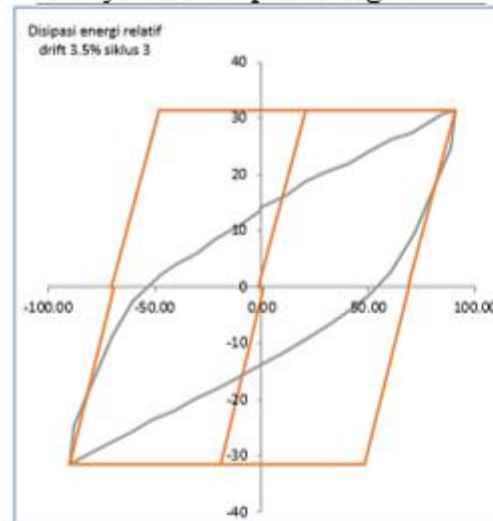
$$\begin{aligned}
 E \text{ maks (+)} &= 33.82 \text{ ton} \\
 E \text{ drift 3.5% (+)} &= 31.47 \text{ ton} \\
 \frac{E \text{ drift 3.5% (+)}}{E \text{ maks (+)}} &= 0.93 > 0.75 \\
 E \text{ maks (-)} &= 33.46 \text{ ton} \\
 E \text{ drift 3.5% (-)} &= 31.44 \text{ ton} \\
 \frac{E \text{ drift 3.5% (-)}}{E \text{ maks (-)}} &= 0.94 > 0.75
 \end{aligned}$$

- Persyaratan kekakuan :



$$\begin{aligned}
 \text{Dorong (+)} &= \frac{0.23}{1.43} = 0.16 > 0.05 \\
 \text{Tarik (-)} &= \frac{0.22}{1.54} = 0.15 > 0.05
 \end{aligned}$$

- Persyaratan disipasi energi :



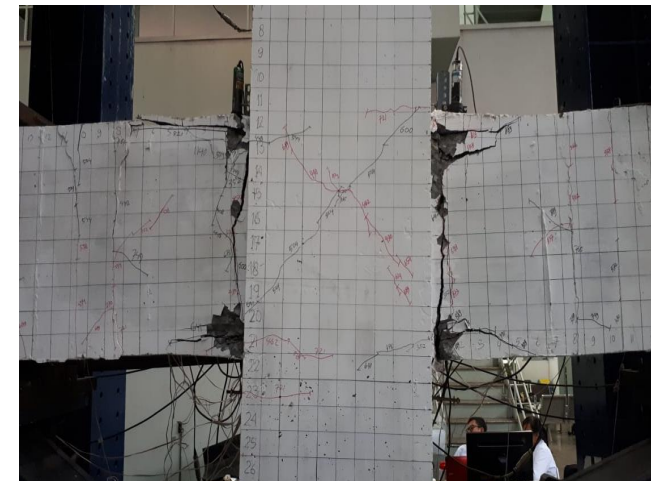
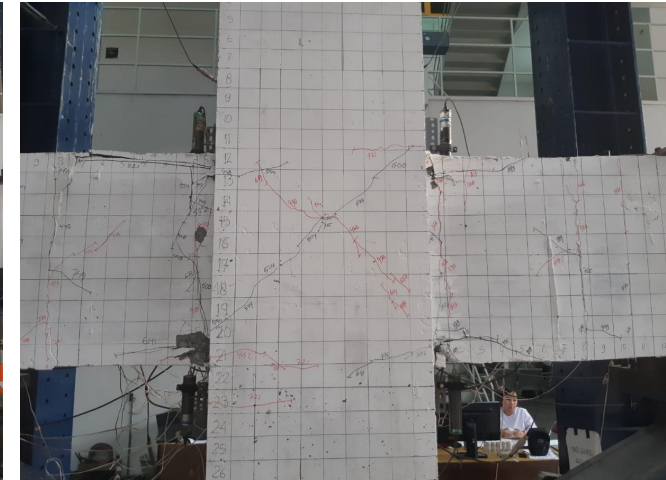
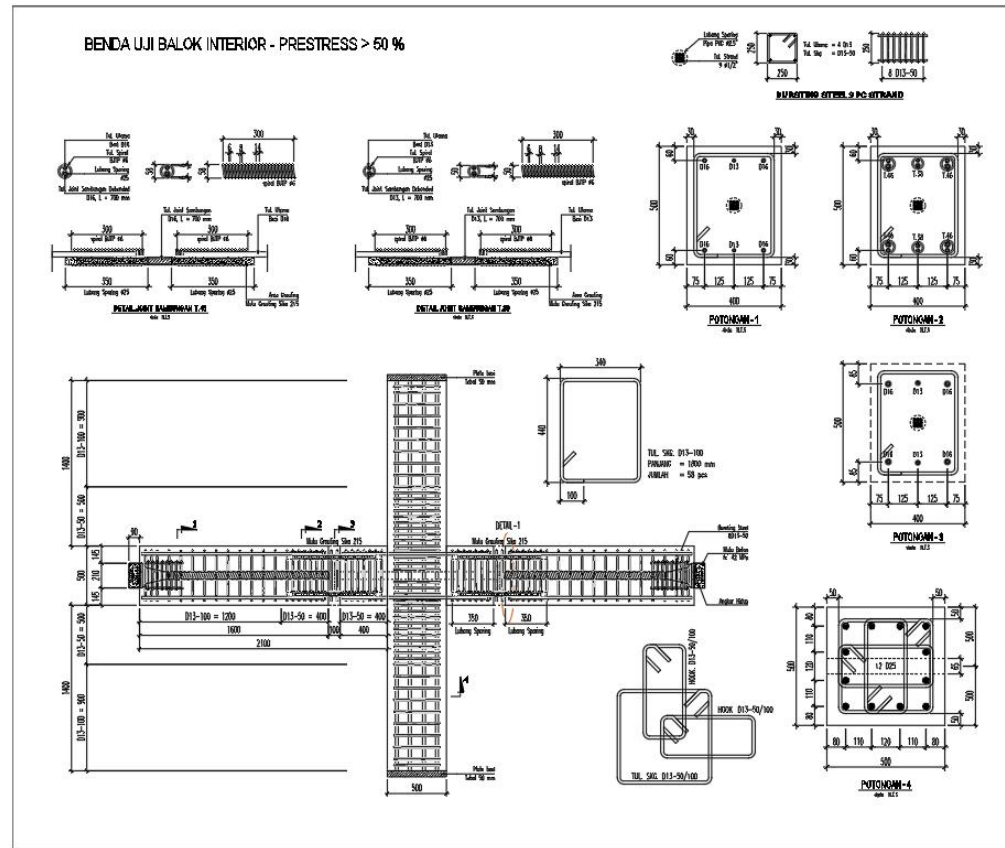
$$\text{Disipasi energi relatif: } \beta = Ah / (E_1 + E_2) (\theta_1' + \theta_2')$$

$$\begin{aligned}
 Ah &= 4056.82 \\
 (E_1 + E_2) (\theta_1' + \theta_2') &= 8741.047
 \end{aligned}$$

$$\beta = 0.46 > 0.125$$

# SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

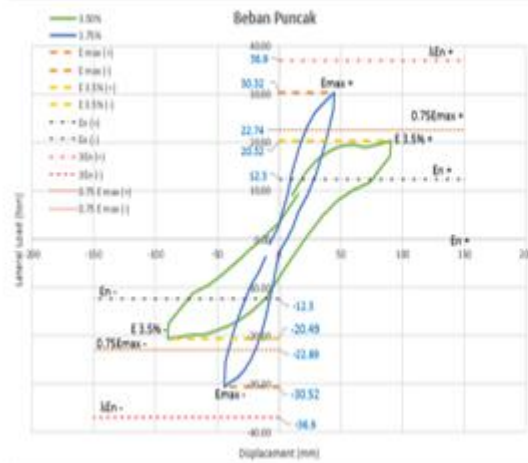
- Contoh SPRMM (lulus 2.2% – 2.75%)



# SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

- Contoh SPRMM (lulus 2.2% – 2.75%)

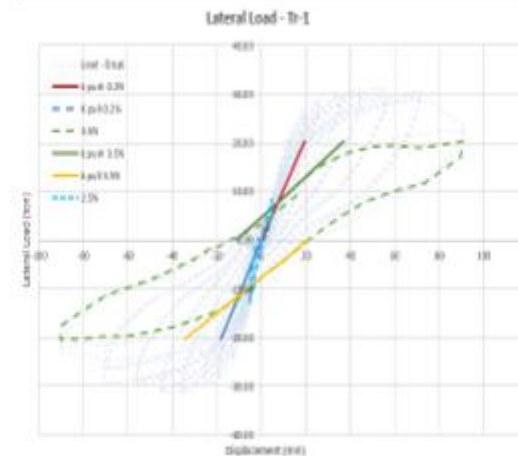
- Persyaratan kekuatan :



$$\begin{aligned}
 E_{maks} (+) &= 30.32 \text{ ton} \\
 E_{drift 3.5\%} (+) &= 20.32 \text{ ton} \\
 E_{drift 2.75\%} (+) &= 29.43 \text{ ton} \\
 \frac{E_{drift 3.5\%} (+)}{E_{maks} (+)} &= 0.67 < 0.75
 \end{aligned}$$

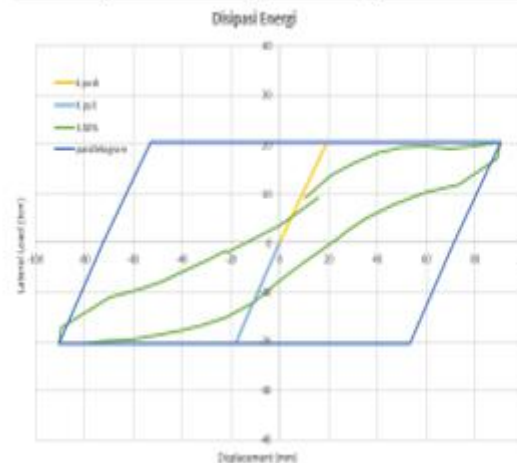
$$\begin{aligned}
 E_{maks} (-) &= -30.52 \text{ ton} \\
 E_{drift 3.5\%} (-) &= -20.49 \text{ ton} \\
 E_{drift 2.75\%} (-) &= -26.22 \text{ ton} \\
 \frac{E_{drift 3.5\%} (-)}{E_{maks} (-)} &= 0.67 < 0.75
 \end{aligned}$$

- Persyaratan kekakuan :



$$\begin{aligned}
 \text{Dorong (+)} &= \frac{0.42}{0.96} = 0.44 > 0.05 \\
 \text{Tarik (-)} &= \frac{0.37}{0.88} = 0.42 > 0.05
 \end{aligned}$$

- Persyaratan disipasi energi :



$$\text{Disipasi energi relatif : } \beta = Ah / (E_1 + E_2) (\theta_1' + \theta_2')$$

$$\begin{aligned}
 Ah &= 1882.97 \text{ tonf-mm} \\
 (E_1 + E_2) (\theta_1' + \theta_2') &= 5855.8 \text{ tonf-mm}
 \end{aligned}$$

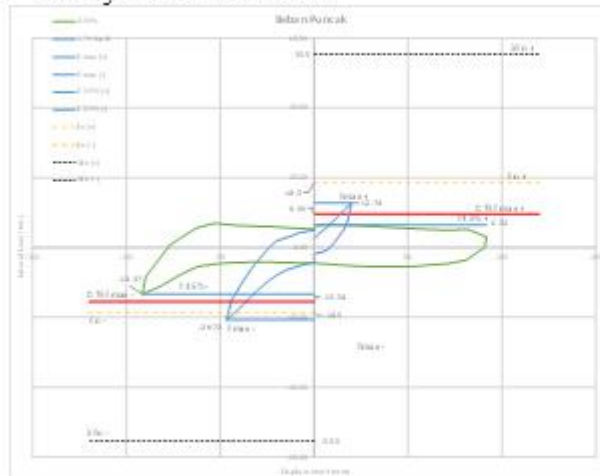
$$\beta = 0.32 > 0.125$$



# SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

- Contoh SPRBM (lulus dibawah 2.2%)

- Persyaratan kekuatan :

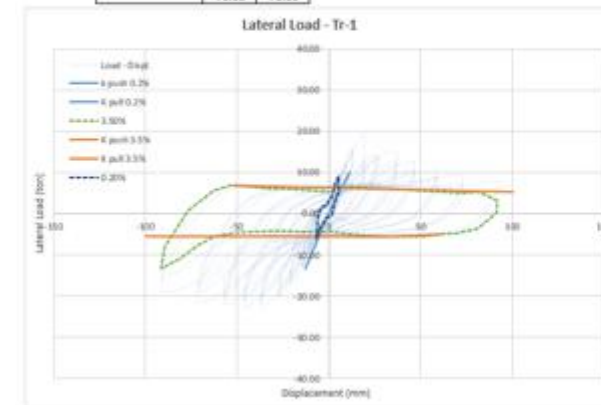


$E_{maks} (+)$  = 12.74 ton  
 $E_{drift\ 3.5\% (+)}$  = 6.52 ton  
 $E_{drift\ 1.75\% (+)}$  = 10.13 ton  
 $E_{drift\ 3.5\% (+)}$  = 0.51 < 0.75  
 $E_{maks} (+)$

$E_{maks} (-)$  = -20.72 ton  
 $E_{drift\ 3.5\% (-)}$  = -13.37 ton  
 $E_{drift\ 2.2\% (-)}$  = -19.93 ton  
 $E_{drift\ 3.5\% (-)}$  = 0.65 < 0.75  
 $E_{maks} (-)$

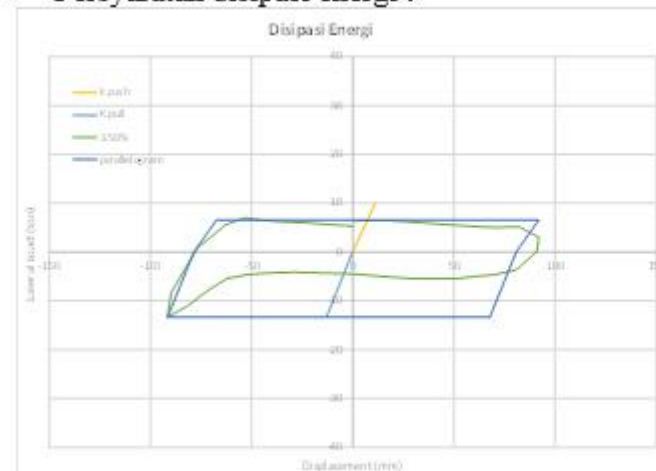
- Persyaratan kekakuan :

Kekakuan :		
K3.5N/K0.2N=	Push	Pull
	0.01	0.02
	<0.05	<0.05



Kekakuan sekan garis :  
 $Dorong (+) = \frac{0.01}{1.12} = 0.01 < 0.05$   
 $Tarik (-) = \frac{0.02}{0.97} = 0.02 < 0.05$

- Persyaratan disipasi energi :



Disipasi energi relatif :  $\beta = A_h / (E_1 + E_2) (\theta_1' + \theta_2')$

$A_h = 1849.45 \text{ tonf-mm}$   
 $(E_1 + E_2) (\theta_1' + \theta_2') = 3168.3 \text{ tonf-mm}$

$\beta = 0.58 > 0.125$

# SNI 7834:2012 Kinerja aktual sistem terhadap beberapa gempa kuat yang terjadi di Indonesia (2004-2019)

- Brecast, Cortina (1974), Waffle Crete (1995) – Dinding Pemikul Perum Perumas

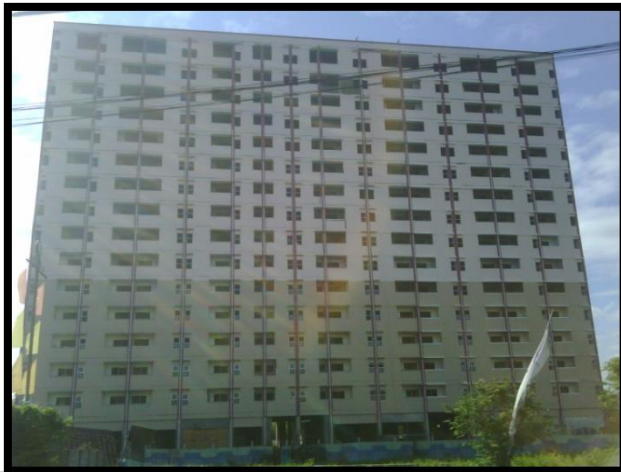
- Sistem rangka untuk rumah susun (1997-sekarang)





# SNI 7834:2012 Kinerja aktual sistem terhadap beberapa gempa kuat yang terjadi di Indonesia (2004-2019)

- Sistem Ganda dengan Rangka Pracetak untuk Bangunan Tinggi (2007- )



Rusun Pulogebang 16 lantai

Rusun Rempoa 10 lantai

Rusun Bandung 8 lantai

# SNI 7834 : 2012 Kinerja aktual sistem terhadap beberapa gempa kuat yang terjadi di Indonesia (2004-2019)

Kinerja Real Sistem Pracetak di Berbagai Gempa Kuat di Indonesia (yang semakin besar)

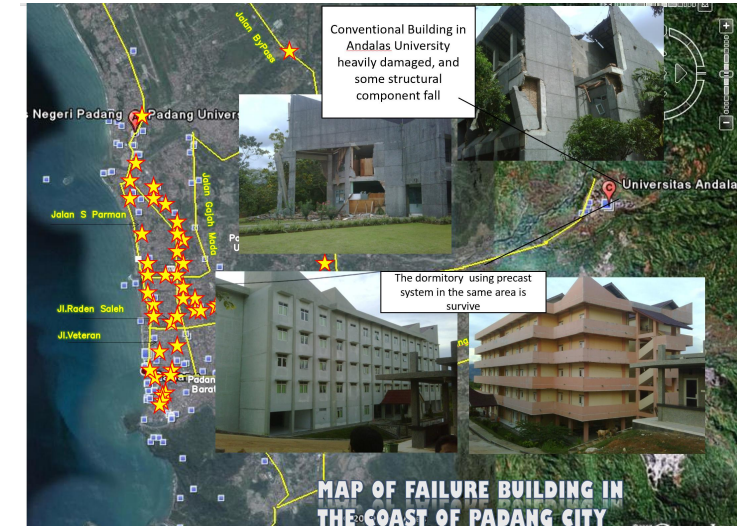


Tasikmalaya 2 September 2009  
Rusunawa Kayangan Lombok

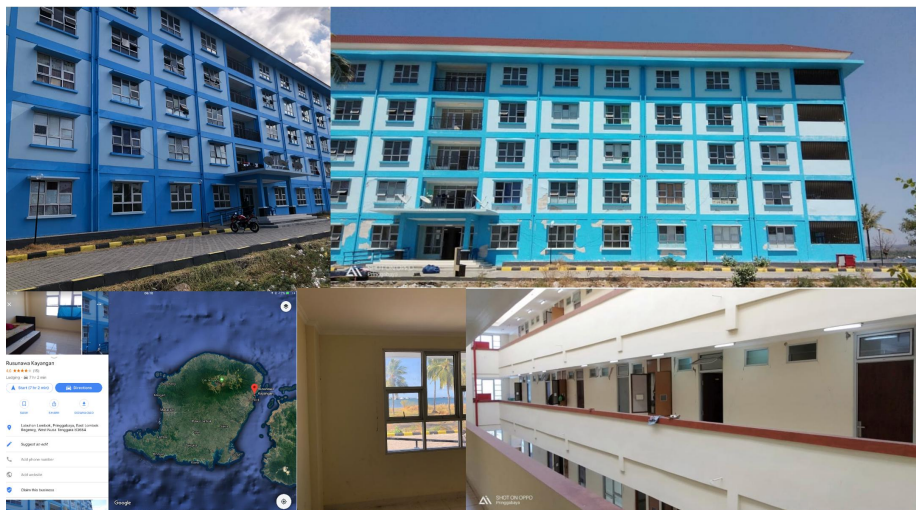
• Damage equivalent to 1% drift (Yogyakarta VII MMI PGA=0.2g)



This building have soft story effect (old design before 2008)  
Yogyakarta 27 Mei 2006

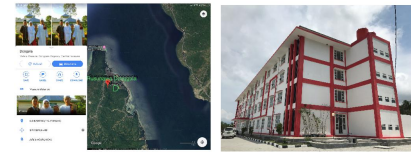


Padang 30 September 2009

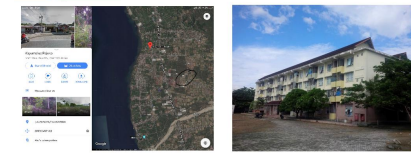


Lombok 29 Juli 2018

## PALU DONGGALA – SISTEM PRACETAK



Rusun Sewa Donggala – Gedung tertinggi yang paling lekat episenter

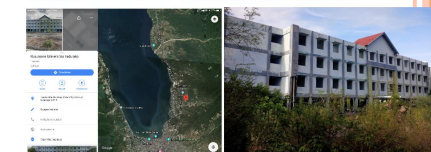


Rusun Sewa Kayumalue

Rusun Sewa Lere – Indikasi di area gempa intensitas terkuat IX MMI



Rusun Sewa Ujuna – Berseberangan dengan Hotel Roa



Rusun Sewa Universitas Tadulako



Palu Donggala 28 September 2018

# 04-SNI 6880:2016

- Konsep SNI 6880:2016 Spesifikasi Beton Struktural
- Manual PCI Certification : plant, personel, and product erection

# SNI 6880:2016 Konsep

- Indonesia set Plant Certification in National standard sejak SNI 6880:2016 , diadopsi ACI 301M-10, that must yang harus sesuai dengan PCI Plant Certification

301M-10  
(metric)

93 dari 152

Specifications for Structural Concrete  
An ACI Standard

Reported by ACI Committee 301



American Concrete Institute®

13.1.3.2 *Kualifikasi pabrikator* – Kecuali disyaratkan lain, pabrikator harus bersertifikat memenuhi program Sertifikasi Pabrik PCI untuk Grup dan Kategori seperti disyaratkan dalam Dokumen Kontrak.

Kecuali disyaratkan lain, pengujian dan pemeriksaan harus dilakukan oleh personil bersertifikat PCI. Serahkan dokumentasi sertifikasi pabrik dan personil.

Kecuali disyaratkan lain, pabrikator harus memiliki minimal 5 tahun pengalaman dalam memproduksi komponen beton pracetak serupa dengan yang diperlukan dalam Pekerjaan.

**13.1.3.2 Fabricator qualifications**—Unless otherwise specified, fabricator shall be certified in accordance with PCI Plant Certification program for the Group and Category as specified in Contract Documents.

Unless otherwise specified, testing and inspection shall be performed by PCI certified personnel. Submit documentation of certification of plant and personnel.

Unless otherwise specified, fabricator shall have at least 5 years of experience in producing precast concrete members similar to those required in the Work.

SNI  
Standar Nasional Indonesia

SNI 6880:2016

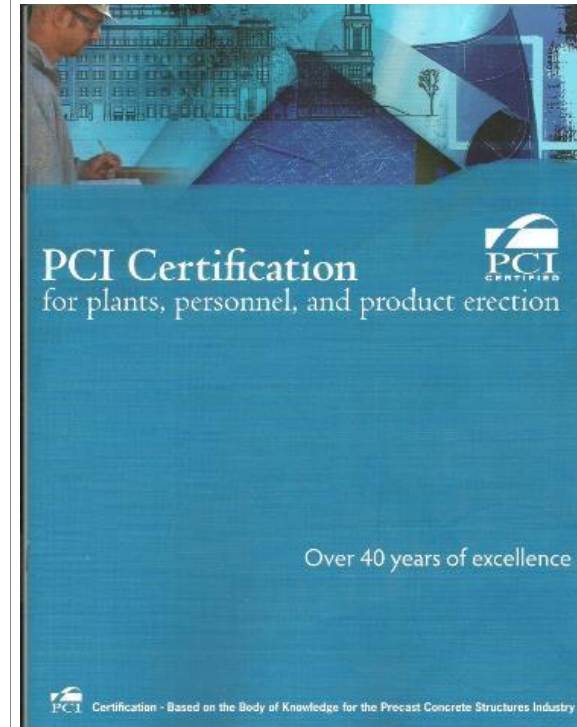
Spesifikasi beton struktural

ICS 91.080.40

Badan Standardisasi Nasional



"Hak e Jadan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk SRI 91-01-54 Bahan, Sain, Struktur & Konstruksi Bangunan, dan tidak untuk dikomersialkan"

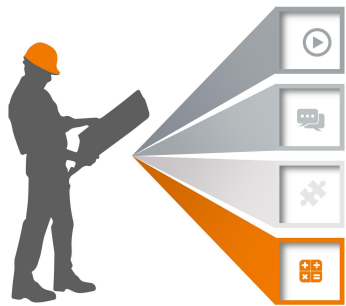


Saat ini AP3I sedang mengadopsi Manual PCI Certification : plant, personel, and product erection

# SNI 6880:2016 Konsep

- Manual PCI Certification : plant, personel, and product erection

## Kriteria Penilaian



### QUALITY SISTEM

Komitmen perusahaan terhadap quality Kebijakan quality, program, penerapan, pemantauan, evaluasi dan tindak lanjutnya.

### SUMBER DAYA MANUSIA

Menilai perusahaan dalam mengelola sumber daya manusia untuk berjalannya konsistensi quality.

### OPERASI

Menilai perusahaan dalam mengelola perencanaan dan pengendalian proses produksi

### QUALITY CONTROL

Proses Quality Control.

## QUALITY SYSTEM

### 1. MANUAL SISTEM MUTU PABRIK

Minimum dokumen yang tersedia :

- Komitmen manajemen terhadap kualitas.
- Struktur organisasi beserta hubungan keterkaitannya, tanggung jawab masing-masing, dan kualifikasi personel inti.
- Peninjauan manajemen terhadap Program Penjaminan Mutu secara berkala, maksimal setiap 2(dua) tahun, untuk memastikan kesesuaian dan efektivitas yang berkelanjutan. Kajian ini mencakup penanganan ketidaksesuaian, tindakan perbaikan dan tanggapan / penanganan terhadap keluhan pelanggan.
- Fasilitas pabrik meliputi tata letak pabrik dengan memperhatikan alokasi lahan, mesin, peralatan dan sarana pemeliharaan.
- Prosedur pembelian sehubungan dengan kepatuhan terhadap Sistem Pengendalian Mutu yang mencakup tinjauan terhadap persyaratan tertentu pada spesifikasi proyek.
- Identifikasi kebutuhan pelatihan dan ketentuan untuk pelatihan personel dalam persyaratan penjaminan mutu.
- Pengendalian, kalibrasi, dan pemeliharaan yang diperlukan pada alat inspeksi, pengukuran dan pengujian.
- Metode yang seragam untuk pelaporan (termasuk contoh rekaman mutu) peninjauan dan pemeliharaan catatan. Setiap unit beton pracetak harus secara unik diidentifikasi dalam kelompok spesifik pada rekaman mutu yang digunakan.
- Gambar Kerja Standar (produksi dan handling produk) untuk memastikan tingkat akurasi dan interpretasi yang seragam terhadap instruksi pembuatan dan penanganan produk.
- Prosedur Peninjauan dan penjelasan persyaratan spesifik proyek kepada personel produksi dan pengendalian mutu.

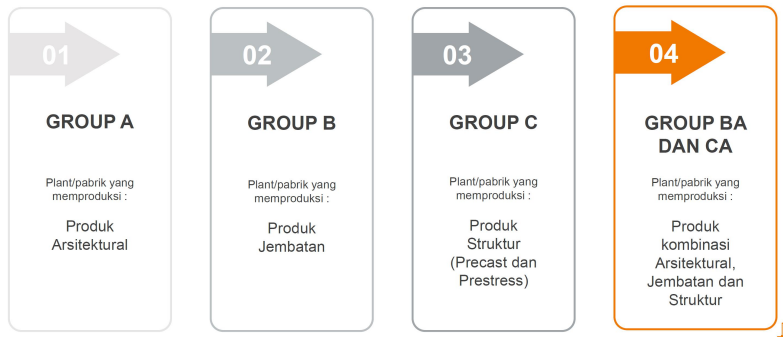
### 3. TANGGUNG JAWAB MANAJEMEN

Menetapkan persyaratan terhadap pengendalian mutu :

- Standar Mutu Perusahaan.
- Manual Sistem Mutu Pabrik yang menetapkan tata-cara kerja standar untuk semua proses operasi pabrikasi.
- Personil khusus, yang fungsi utamanya adalah kontrol kualitas dan bertanggung jawab langsung kepada manager yang bertanggungjawab terhadap kualitas
- Prosedur pemeriksaan dan penerimaan produk jadi sebelum pengiriman.
- Standar pemeriksaan, pencatatan / pelaporan dan penyimpanan rekaman mutu. Informasi mengenai setiap unit produk beton pracetak yang dihasilkan harus dapat ditelusuri pada catatan / laporan pemeriksaan kualitas.
- Metode / teknik yang digunakan untuk memastikan kesesuaian terhadap aturan, standar, spesifikasi dan persyaratan kinerja yang diperlukan pabrik..

## Kelompok Produk

Evaluasi dan klasifikasi plant/pabrik ditentukan berdasarkan Jenis Produk yang diproduksi.



### 2. PROSEDUR TERDOKUMENTASI

Minimum cakupan terhadap pengendalian prosedur dan data:

- Pemeriksaan dan verifikasi material dan jasa yang diadakan agar sesuai dengan persyaratan spesifikasi. supplier dan subkontraktor wajib menyerahkan bukti kesesuaian, baik untuk kualitas material maupun hasil kerja.
- Metode pengambilan contoh dan frekuensi pengujian.
- Pemeriksaan dan persetujuan gambar kerja.
- Pemeriksaan dan verifikasi akurasi dimensi.
- Prosedur inspeksi penimbangan (*batching*), pencampuran (*mixing*), pengecoran (*placement*), pemadatan (*consolidating*), perawatan (*curing*) dan perapihan (*finishing*) beton.
- Prosedur inspeksi perbaikan (*repair*) beton, penanganan (*handling*), penyimpanan (*storing*) dan pemuatan (*loading*) produk jadi.
- Pemeriksaan pemasangan dan jumlah pembesian, kelengkapan tambahan / asesoris dan *block-out*.
- Pemeriksaan pelaksanaan pekerjaan prategang untuk memastikan kesesuaian dengan prosedur yang telah ditetapkan.
- Persiapan dan evaluasi rencana campuran beton (*mix design*).
- Pengambilan dan pengujian contoh material dan beton segar.
- Prosedur pemeriksaan *detensioning* dan pengeluaran produk (*demoulding*).
- Pemeriksaan kesesuaian produk jadi dengan gambar kerja dan persyaratan proyek lainnya, sebagaimana contoh produk yang ditetapkan dan disetujui
- Prosedur perbaikan produk yang tidak sesuai persyaratan.
- Penyiapan dan pemeliharaan rekaman mutu secara lengkap.
- Persyaratan pemeliharaan dan kalibrasi (item dan frekuensi) peralatan pabrik yang dapat mempengaruhi kualitas produk.

## SUMBER DAYA MANUSIA

Menilai tata pengelolaan SDM :

- Struktur organisasi, jalur dan koordinasi
- Tugas dan tanggung jawab
- Standar kompetensi dan sistem penilaian
- Program pelatihan dan pengembangan SDM

### ENGINEERING

- Perusahaan memiliki minimal 1 (satu) orang Ahli Teknik Pracetak Profesional dan memiliki sertifikat keahlian yang diperoleh dari Lembaga yang berkompeten.
- Memiliki team engineering yang mampu memecahkan permasalahan teknis dan membuat metode produksi, penanganan (*handling*) dan pemasangan (*erection*) produk beton pracetak

### DRAFTER

- Memiliki personel yang berkompeten dan berpengalaman dalam menyiapkan gambar kerja.

### PRODUKSI

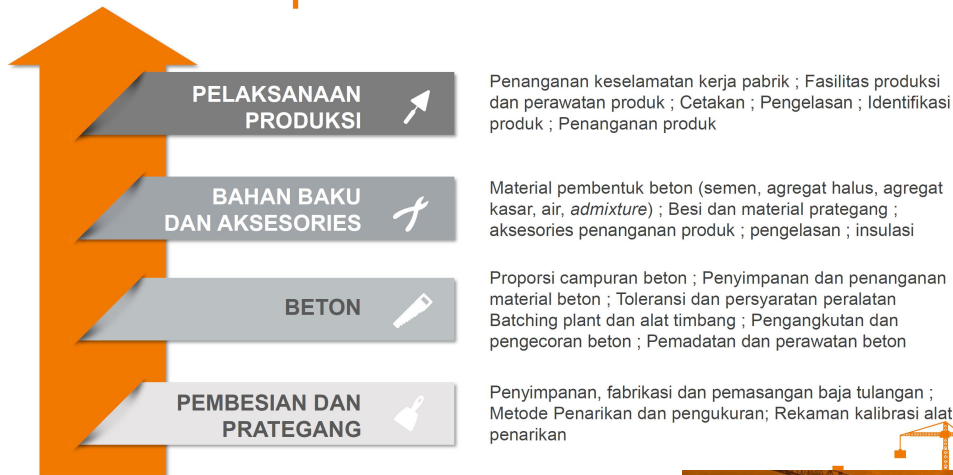
- Memiliki team personel produksi yang mengawasi seluruh kegiatan operasional pabrik dan memastikan kesesuaian dengan gambar kerja, spesifikasi dan standar pabrik yang telah ditetapkan.

### QUALITY CONTROL

- Memiliki sertifikasi personel Quality Control.
- Minimum masing-masing pabrik memiliki 1 (satu) teknisi bersertifikat level III.

# SNI 6880:2016 Konsep

- Manual PCI Certification : plant, personel, and product erection  
OPERASI



## QUALITY CONTROL



### PENGUJIAN

Proses pengujian material beton, produk beton dan pengujian pengelasan



### REKAMAN MUTU DAN KALIBRASI

Bukti bahwa proses produksi sesuai dengan standar pabrik. Sistem penyimpanan catatan mutu ; Laporan pengujian danri pemasok ; Catatan terkait dengan penarikan, beton dan kalibrasi peralatan



### FASILITAS LABORATORIUM

Peralatan Laboratorium harus memenuhi persyaratan spesifikasi prosedur pengujian



### TOLERANSI PRODUK

Kontrol dimensi produk beton pracetak prategang



# SNI 6880:2016 Konsep

- Manual PCI Certification : plant, personel, and product erection

DIVISION / BAGIAN		STANDARD / STANDAR		CATATAN	DIVISION / BAGIAN		COMMENTARY / KOMENTAR		GAMBAR
PCI		TERJEMAHAN			PCI		TERJEMAHAN		
DIVISION 1 - QUALITY SYSTEM		BAGIAN 1 - SISTEM MUTU			DIVISION 1 - QUALITY SYSTEM		BAGIAN 1 - SISTEM MUTU		
1.	1	Objective	Maksud dan Tujuan		C1.	1	Objective	Maksud dan Tujuan	
		Quality control shall be an accepted and functioning part of the plant operation. Overall product quality results from individual as well as corporate efforts. Plant management must make a commitment to quality before quality programs can be effectively adopted or implemented at the operational level. Management shall establish a corporate standard of quality based on uniform practices in all stages of production, and shall require strict observance of such practices by all levels of personnel.	Sistem pengendalian mutu harus dapat diimplementasikan dan menjadi aktifitas yang terintegrasi dengan sistem operasi produksi / pabrik. Secara keseluruhan, kualitas produk merupakan hasil dari usaha individu (karyawan / tenaga kerja) maupun perusahaan. Manajemen perusahaan / pabrik harus memiliki komitmen yang tinggi mengenai kualitas agar program kualitas yang dibuat dapat diterapkan secara efektif ditingkat operasional. Manajemen harus menetapkan standar kualitas perusahaan berdasarkan praktik yang seragam disemua tahap produksi, dan harus memastikan bahwa hal itu dijalankan oleh seluruh tingkatan personil secara ketat dan konsisten.				The general objective of this manual is to define the required minimum practices for the production of precast concrete units and for a program of quality control.	Tujuan umum manual ini untuk mendefinisikan persyaratan minimum yang diperlukan untuk produksi beton pracetak dan program pengendalian mutu.	
							Construction project specifications and manuals can prescribe and explain proper quality control criteria for all phases of production consistent with producing products of the highest quality. However, to ensure that such criteria are followed, inspection personnel and a regular program of auditing all aspects of production should be provided.	Spesifikasi proyek konstruksi dan manual dapat menentukan dan menjelaskan kriteria kendali mutu yang tepat untuk semua tahap produksi yang konsisten dengan produksi produk dengan mutu terbaik. Namun, untuk memastikan bahwa kriteria tersebut terpenuhi, harus ada personil inspeksi dan program audit berkala yang memeriksa semua aspek produksi.	
							The individuals in control of operations should have the commitment to produce products of proper quality, and should delegate authority for assignment of the responsibilities necessary to achieve the desired	Personil yang berwenang dalam kegiatan tersebut harus memiliki komitmen untuk menghasilkan produk dengan mutu yang tepat dan mendelegasikan	

Sedang dalam tahap uji publik internal di Industri Pracetak dan Prategang

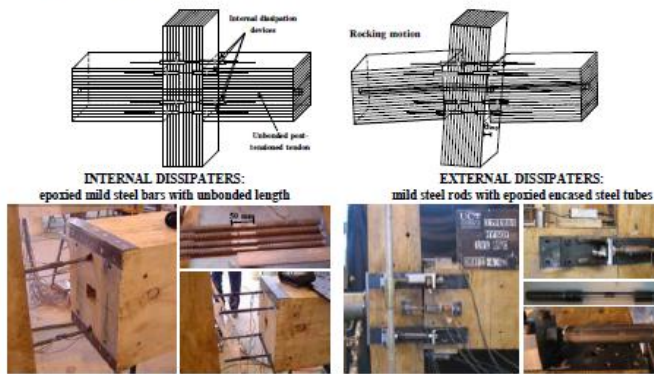
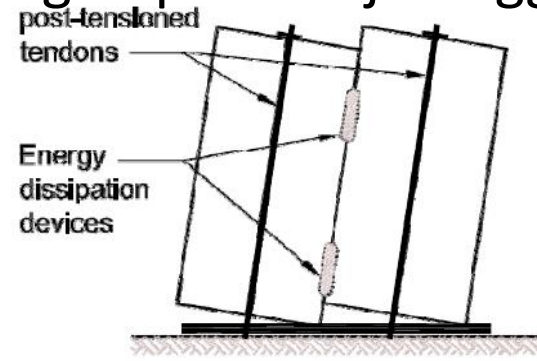
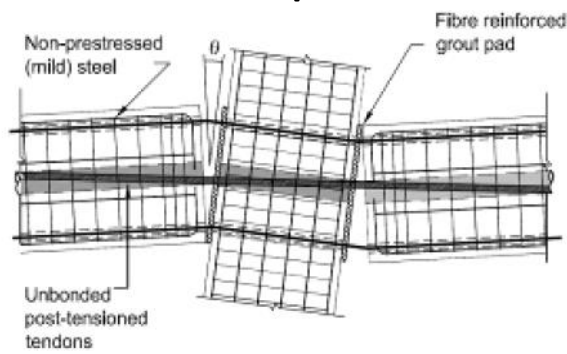
# 04-SNI 8367:2017

- Sejarah Sistem Pracetak Tahan Gempa Kinerja Tinggi
- Konsep SNI 8367:2017 Metoda Uji dan Kriteria Penerimaan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang Pracetak untuk Bangunan Gedung
- Contoh Pengujian : Konsep Prestress 50%, Konsep Pretress 75%
- Contoh Penerapan

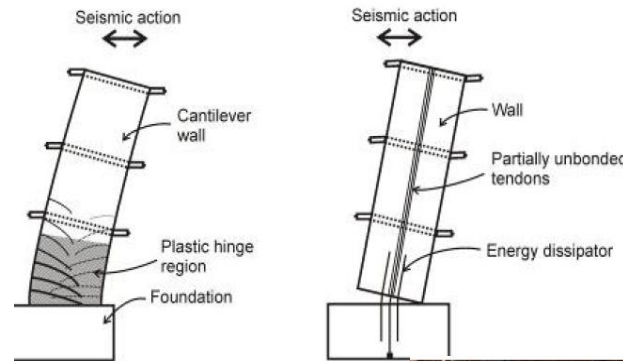


# Sejarah Perkembangan Umum

- Sistem pracetak tahan gempa kinerja tinggi



(a) Internal and external dissipaters and construction details.

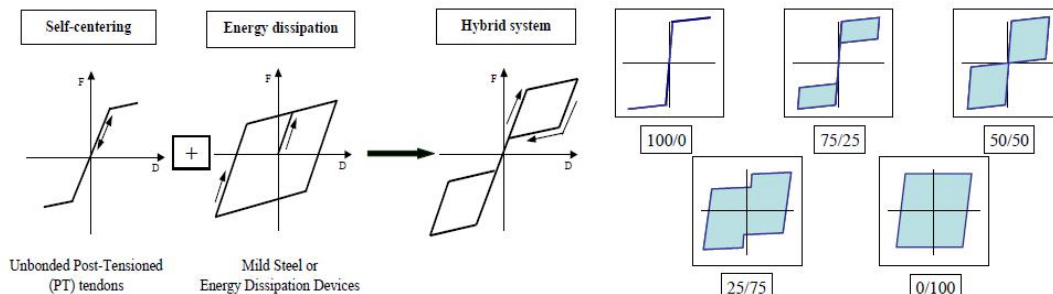


1. Dikembangkan (1994-2002) karena sistem tahan gempa klasik kinerjanya di complain publik USA pada Gempa Loma Prieta (1989) dan Northridge (1994). Konsep boleh rusak berat tapi tidak rubuh pada gempa kuat (near collapse) mengeliminir korban jiwa tapi tidak bis menghindarkan "business interruptible"

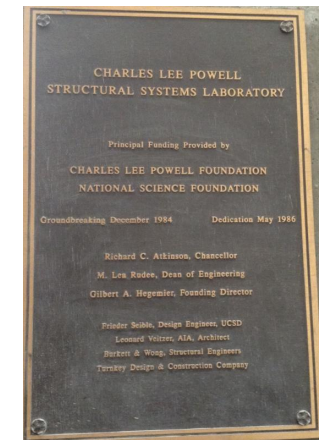
2. Sambung dengan prategang paska-tarik tanpa lekatan yang mempunyai kemampuan "self centering", sehingga dapat mencegah kerusakan komponen sekunder

3. Sistem ini dapat dikombinasikan dengan perilaku daktail, yang dikenal sebagai System Hybrid.

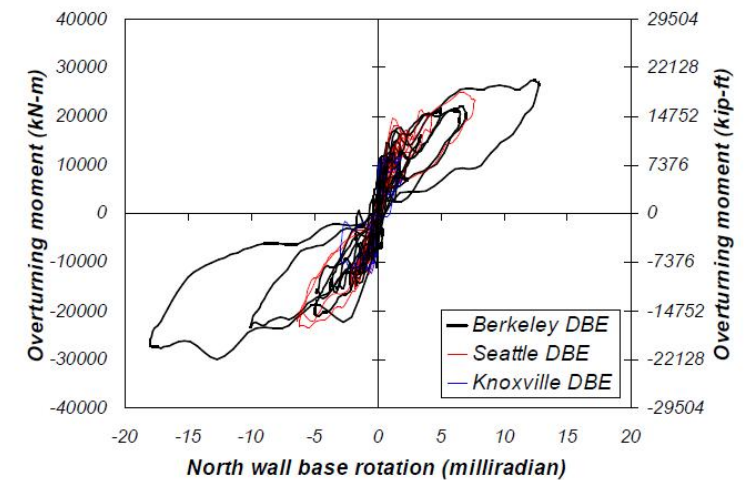
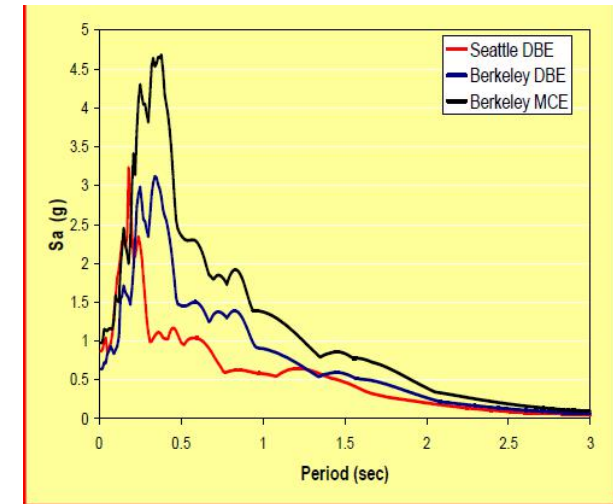
4. Kinerja sistem dapat diset pada Immediate Occupancy pada beban gempa desain dengan investasi awal yang ekonomis. Sistem ini masuk di ACI Code sejak tahun 2002



orey PRESS Building test



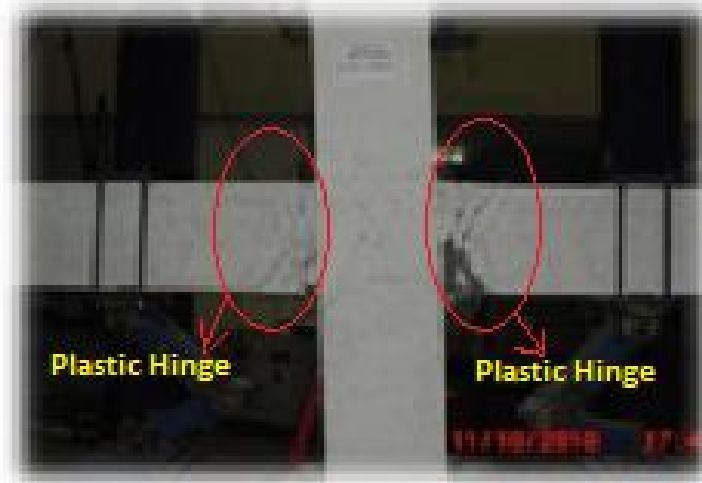
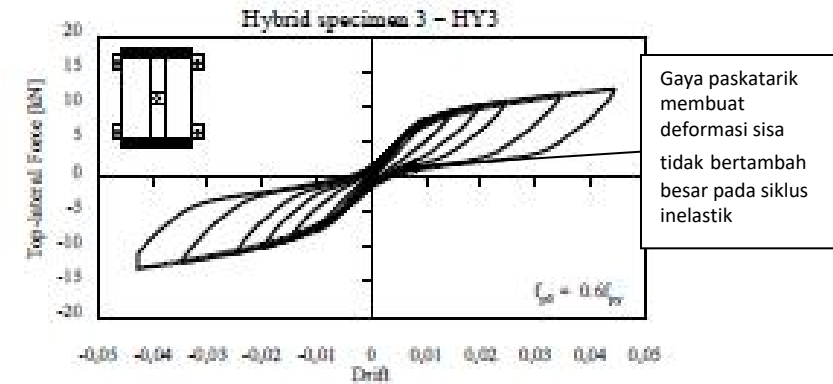
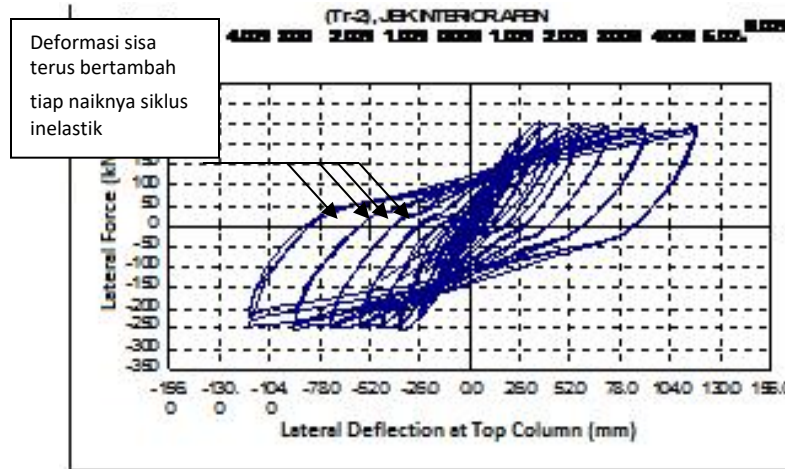
# CONTOH BANGUNAN TINGGI TAHAN GEMPA DENGAN TEKNOLOGI



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

# Sejarah Perkembangan Umum

- Perbandingan perilaku sistem pracetak kinerja tinggi dan desain kapasitas biasa

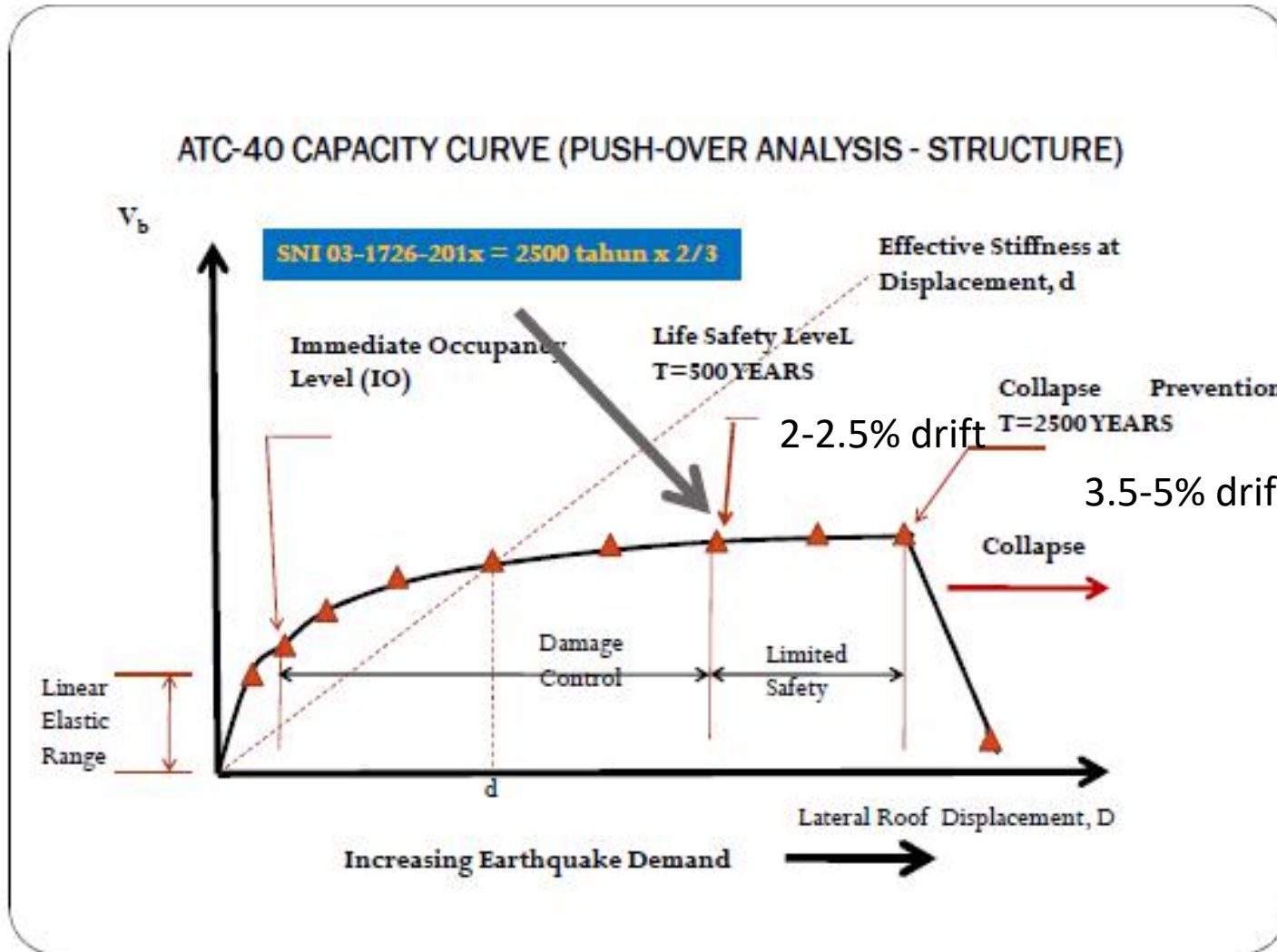


Kerusakan di balok (sulit diperbaiki)

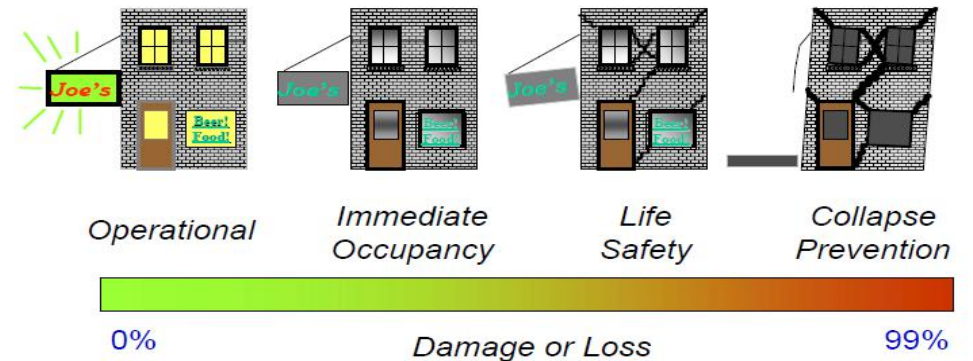


Kerusakan di alat pendisipasi energi, mudah diganti

# Sejarah Perkembangan Umum



## “Standard” Structural Performance Levels



Instructional Materials Complementing FEMA 451, Design Examples

PBE Design 15-2 - 58

Perencanaan Berbasis Kinerja

# Sejarah Perkembangan Umum

- Diterapkan pada bangunan di California, Amerika Tengah dan Amerika Selatan

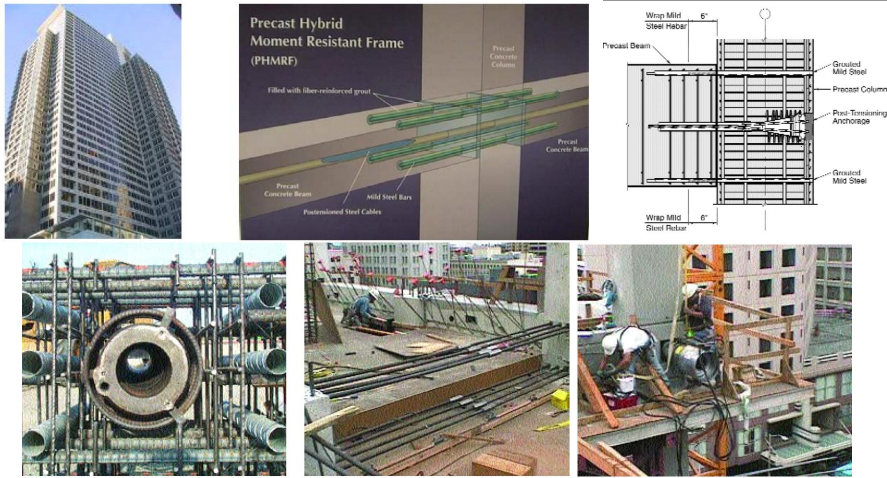
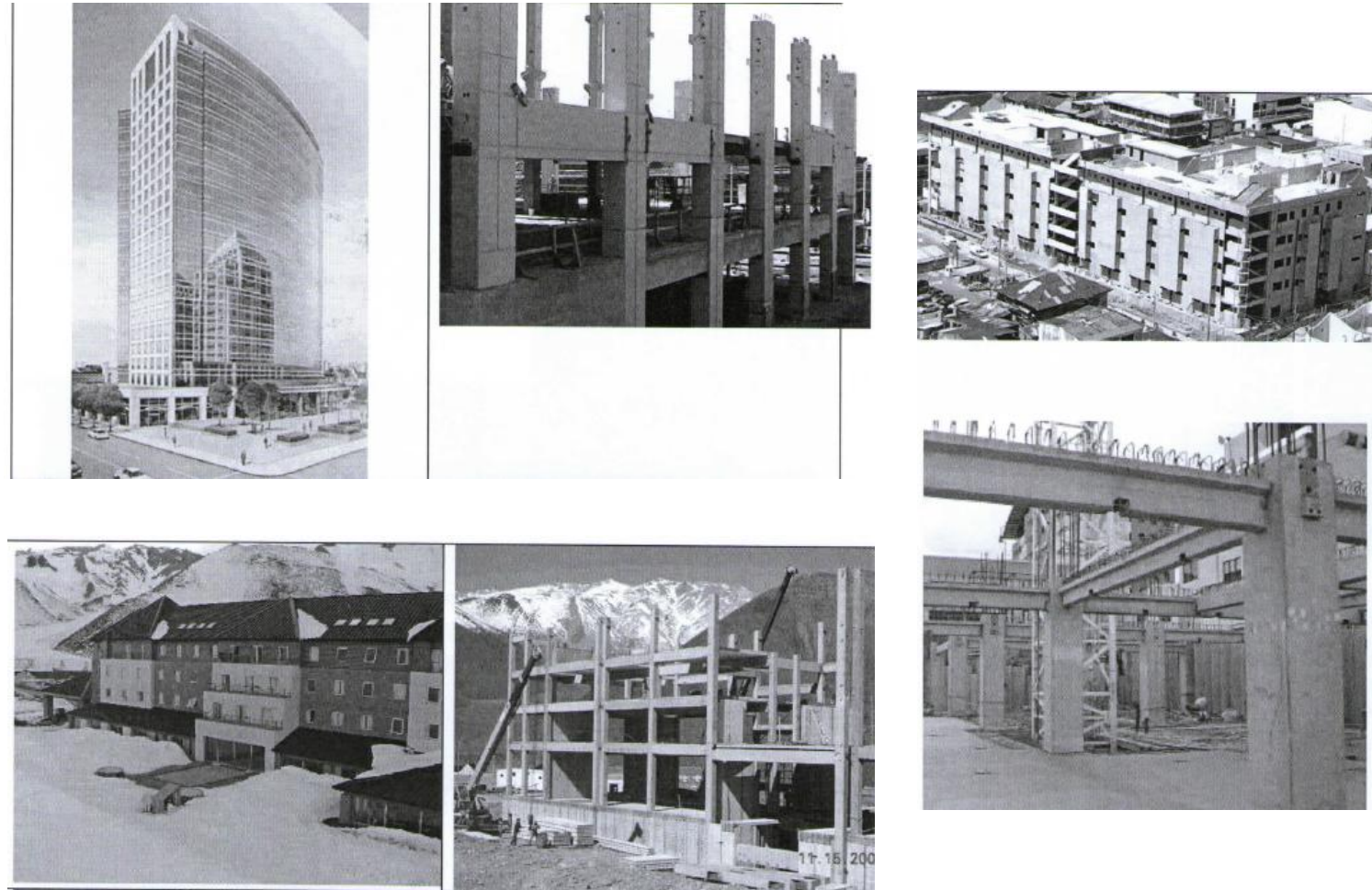


Figure 30 Paramount Building, 39-storey building, San Francisco [3,13]

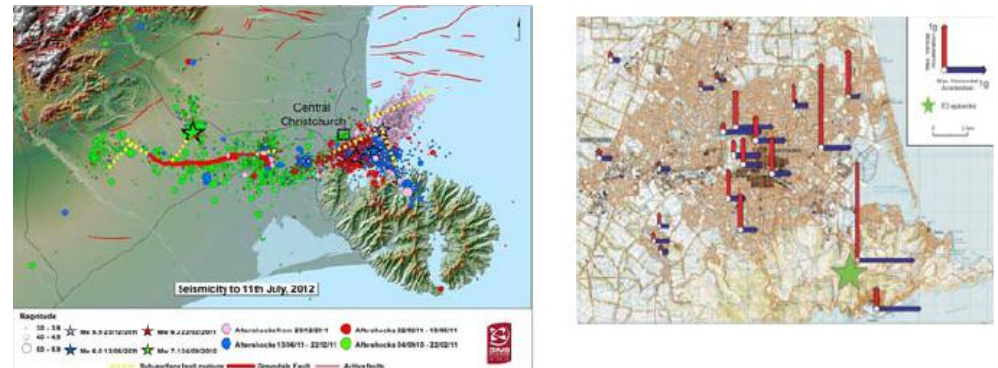
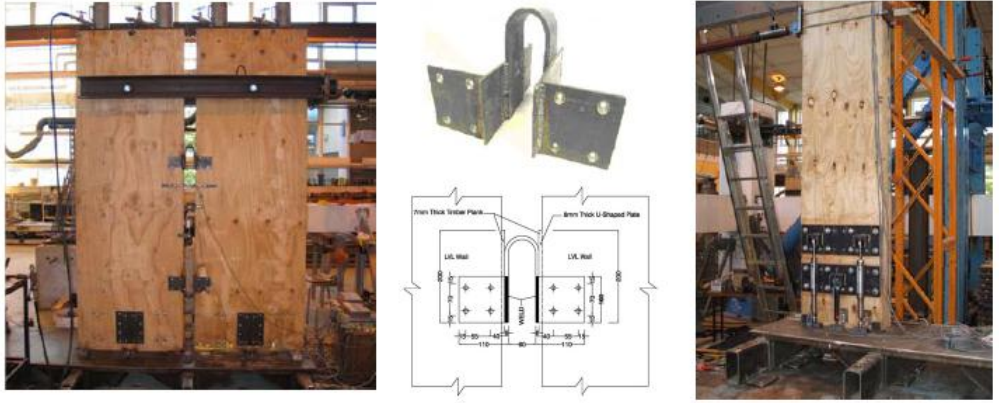


39 lantai di San Francisco dengan harga struktur yang ekonomis (Rp 1.4 jt/m<sup>2</sup>)  
 Perimeter curve post tension unbonded beam

# Sejarah Perkembangan Umum

- 2005 : Stefano Pampanin direkrut kembali oleh Prof Park dari Amerika ke Selandia Baru untuk mengembangkan lebih lanjut Teknologi PRESSS dan mensosialisasikan ke masyarakat

2010 – 2011 : Terjadi serangkaian gempa kuat di kota-kota penting di Selandia Baru, yang diakibatkan sesar dangkal



Baru pada tahun itulah masyarakat Selandia Baru merasakan performa gedung dengan konsep desain kapasitas terhadap gempa kuat, 50 tahun setelah dicetuskannya oleh Prof Paulay

- Kesaksian Stefano: tetap sulit meyakinkan masyarakat akan konsep baru. Dengan bekal penelitian dan contoh penerapan yang sudah nyata pun, hanya berhasil meyakinkan 5 pemilik gedung dalam kurun waktu 2005 - 2010



Bangunan dengan Teknologi PRESSS tidak mengalami kerusakan.



# SNI 8367:2017 Konsep

## Persyaratan Struktur Pracetak Tahan Gempa pada Pasal 18 SNI 2847:2019

### 18.5 – Dinding struktural pracetak menengah

#### 18.5.1 Ruang lingkup

18.5.1.1 Pasal ini berlaku untuk dinding struktural pracetak menengah yang merupakan bagian dari sistem pemikul gaya seismik.

#### 18.5.2 Umum

18.5.2.1 Pada sambungan antara panel dinding, atau antara panel dinding dan fondasi, pelelehan harus dibatasi pada elemen baja atau tulangan.

© BSN 2019

375 dari 695

### R18.5 – Dinding struktural pracetak menengah

Sambungan antara panel dinding pracetak atau antara panel dinding dan fondasi disyaratkan untuk menahan pergerakan gempa dan agar menghasilkan kelelahan disekitar sambungan. Ketika sambungan mekanis Tipe 2 digunakan untuk menghubungkan tulangan utama secara langsung, kekuatan *probable* dari sambungan tidak boleh kurang dari 1,5 kali dari kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan.

"Struktural Bangunan dan tidak untuk dikomersialkan"

"Hak cipta Badan Standarisasi Nasional"

### SNI 2847:2019

#### STANDAR

#### PENJELASAN

- c) Baja prategang tidak boleh menyumbangkan lebih dari seperempat kekuatan lentur positif atau negatif pada penampang kritis di daerah sendi plastis dan harus diangkur pada atau melampaui muka sisi luar *joint*.
- d) Pengangkuran tendon pasca tarik yang pemikul gaya gempa harus mampu memfasilitasi tendon dalam menahan 50 siklus pembebanan, dengan nilai gaya tulangan prategang di antara 40 hingga 85 persen kekuatan tarik baja prategang yang ditetapkan.

akibat deformasi gempa dihitung sebagai hasil kali tinggi sumbu netral dan penjumlahan rotasi sendi plastis pada *joint*, dibagi dengan panjang tanpa lekatan.

Pembatasan kekuatan lentur yang disediakan oleh tendon didasarkan pada hasil studi analitis dan eksperimental (Ishizuka dan Hawkins 1987; Park dan Thompson 1977). Meskipun kinerja seismik yang memuaskan dapat diperoleh dengan jumlah baja prategang yang lebih besar, pembatasan ini disyaratkan untuk memungkinkan penggunaan faktor modifikasi respons amplifikasi defleksi yang sama seperti yang ditentukan dalam model untuk rangka momen khusus tanpa baja prategang. Rangka momen khusus prategang umumnya akan mengandung baja tulangan kontinu yang diangkur dengan penutup yang memadai pada atau di luar muka eksterior setiap lokasi sambungan balok-kolom pada ujung rangka momen.

Tes fatik untuk 50 siklus beban antara 40 hingga 80 persen dari kekuatan tarik yang disyaratkan untuk tulangan prategang sudah berjalan lama (ACI 423.3R; ACI 423.7). Batasan 80 persen meningkat menjadi 85 persen sesuai dengan batas 1 persen pada regangan tulangan prategang. Pengujian atas berbagai daerah tegangan ini bertujuan untuk secara konservatif mensimulasikan efek gempa kuat (*severe*). Detail tambahan tentang prosedur pengujian disajikan dalam ACI 423.7.

Persyaratan Sistem Prategang tahan gempa tidak boleh terlalu besar karena getas

### SNI 2847:2019

#### STANDAR

#### PENJELASAN

### 18.9 – Sistem rangka pemikul momen khusus beton pracetak

#### 18.9.1 Ruang lingkup

18.9.1.1 Persyaratan ini berlaku untuk sistem rangka pemikul momen khusus beton pracetak yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik.

### R18.9 – Sistem rangka pemikul momen khusus beton pracetak

Ketentuan pendetailan dalam 18.9.2.1 dan 18.9.2.2 dimaksudkan untuk menghasilkan struktur rangka yang merespons perpindahan desain seperti sistem rangka pemikul momen khusus monolitik.

Sistem rangka pracetak yang terdiri dari elemen-elemen beton dengan sambungan daktil diharapkan mengalami pelelehan lentur di daerah sambungan. Tulangan pada sambungan yang daktil dapat dibuat menerus menggunakan sambungan mekanik Tipe 2 atau teknik lain yang memberikan penyaluran tarik atau tekan setidaknya setara dengan kekuatan tarik batang tulangan yang disyaratkan (Yoshioka and Sekine 1991; Kurose et al. 1991; Restrepo et al. 1995a, b). Persyaratan untuk sambungan mekanik adalah tambahan untuk 18.2.7 dan dimaksudkan untuk menghindari konsentrasi regangan dengan jarak yang pendek pada tulangan yang berdekatan dengan perangkat sambungan mekanik. Persyaratan tambahan untuk kekuatan geser ditentukan dalam 18.9.2.1 untuk mencegah pergeseran (*sliding*) muka sambungan. Rangka pracetak terdiri dari elemen-elemen dengan sambungan daktil dapat didesain dengan menempatkan pelelehan di lokasi yang tidak berdekatan dengan *joint*. Oleh karena itu, geser desain  $V_u$  yang dihitung menurut 18.6.5.1 atau 18.7.6.1, mungkin tidak konservatif.

Sistem rangka beton pracetak terdiri dari elemen-elemen yang disambung menggunakan sambungan kuat disengaja untuk mengalami pelelehan lentur di luar sambungan. Sambungan kuat termasuk panjang perangkat sambungan mekanik seperti yang ditunjukkan pada Gambar R18.9.2.2. Teknik desain-kapasitas yang digunakan pada 18.9.2.2(c) untuk memastikan sambungan kuat tetap elastis selama pembentukan sendi plastis. Persyaratan tambahan untuk kolom diberikan untuk menghindari pembentukan sendi dan penurunan kekuatan sambungan kolom ke kolom.

Konsentrasi regangan yang telah diamati mengakibatkan keruntuhan getas pada batang tulangan pada muka sambungan

### SNI 2847:2019

#### STANDAR

#### PENJELASAN

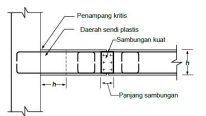
#### 18.9.2 Umum

#### SNI 2847:2019

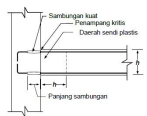
#### STANDAR

#### PENJELASAN

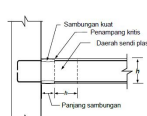
- 18.9.2.1 Sistem rangka pemikul momen khusus dengan sambungan daktil yang menggunakan beton pracetak harus memenuhi (a) hingga (c):
- Persyaratan 18.6 hingga 18.8 untuk sistem rangka pemikul momen khusus beton cor di tempat
  - $V_u$  untuk sambungan yang dihitung sesuai 22.9 tidak boleh kurang dari  $2F_u$ , dimana  $F_u$  dihitung sesuai 18.6.5.1 atau 18.7.6.1;
  - Sambungan mekanis tulangan balok harus ditempatkan pada jarak minimum  $h/2$  dari muka *joint* dan harus memenuhi 18.2.7.



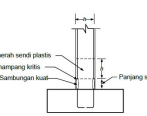
(a) Sambungan antar balok



(b) Sambungan balok-kolom



(c) Sambungan balok-kolom



(d) Sambungan kolom-kolom

Gambar R18.9.2.2 – Contoh sambungan kuat

© BSN 2019

379 dari 695

© BSN 2019

398 dari 695

18.9.2 Sistem rangka pemikul momen

# SNI 8367:2017 Konsep

## Persyaratan Struktur Pracetak Tahan Gempa pada Pasal 18 SNI 2847:2019

18.9.2.2 Sistem rangka pemikul momen khusus beton pracetak dengan sambungan kuat harus memenuhi a) hingga e):

© BSN 2019

400 dari 695

SNI 2847:2019

### STANDAR

- Persyaratan 18.6 hingga 18.8 untuk sistem rangka pemikul momen khusus beton cor di tempat
- Ketentuan 18.6.2.1(a) berlaku untuk segmen-segmen antara lokasi dimana dapat terjadi pelelehan lentur akibat perpindahan desain
- Nilai kekuatan desain sambungan kuat  $\phi V_n$  tidak boleh kurang dari  $S_c$
- Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melewati sambungan dan harus disalurkan di luar daerah sambungan kuat dan daerah sendi plastis
- Untuk sambungan kolom ke kolom,  $\phi V_n$  tidak boleh kurang dari  $1,4 S_c$ . Nilai  $\phi M_n$  tidak boleh kurang dari  $0,4 M_{pr}$  di sepanjang tinggi kolom dan  $\phi V_n$  tidak boleh kurang dari  $V_c$  sesuai 18.7.6.1.

### PENJELASAN

18.9.2.3 Sistem rangka pemikul momen khusus beton pracetak dan tidak memenuhi persyaratan 18.9.2.1 atau 18.9.2.2 harus memenuhi (a) hingga (c):

- SNI 7834 atau ACI 374.1
- Detail dan bahan yang digunakan pada spesimen uji harus mewakili yang digunakan pada struktur yang ditinjau
- Prosedur desain yang digunakan untuk memproporsikan spesimen uji harus mampu mensimulasikan mekanisme yang terjadi pada rangka dalam menahan pengaruh beban gravitasi dan gempa, dan hasil ujinya harus menghasilkan nilai yang bisa diterima dalam mempertahankan mekanisme tersebut. Bagian mekanisme yang menyimpang dari persyaratan di dalam standar ini harus terkandung di dalam spesimen uji dan harus diuji untuk menentukan batas atas dari nilai yang bisa diterima.

© BSN 2019

401 dari 695

R18.9.2.3 Sistem rangka momen tidak memenuhi persyaratan preskriptif Pasal 18 telah ditunjukkan dalam studi eksperimental memberikan karakteristik kinerja sesimik yang memuaskan (Stone et al. 1995; Nakaki et al. 1995). ACI 374.1 mendefinisikan protokol untuk menetapkan prosedur desain, divalidasi oleh analisis dan uji laboratorium untuk rangka seperti itu. Prosedur desain harus mengidentifikasi lintasan beban atau mekanisme dimana rangka menahan efek gravitasi dan gempa. Pengujian harus dikonfigurasi untuk menyelidiki perilaku kritis, dan kuantitas yang diukur harus menetapkan nilai batas-atas yang dapat diterima untuk komponen-komponen pada lintasan beban, dalam hal ini pembatasan tegangan, gaya, regangan, atau kuantitas lainnya. Prosedur desain yang digunakan pada struktur tidak boleh menyimpang dari yang digunakan untuk desain benda uji, dan nilai penerimaan harus tidak melebihi nilai yang telah ditunjukkan oleh pengujian untuk dapat diterima. Material dan komponen-komponen yang digunakan pada struktur harus sama dengan yang digunakan dalam pengujian. Penyimpangan mungkin dapat menunjukkan bahwa penyimpangan tersebut tidak mempengaruhi perilaku dari sistem rangka.

ACI 550.3 mendefinisikan persyaratan untuk salah satu tipe sistem rangka pemikul

SNI 2847:2019

### STANDAR

### PENJELASAN

momen khusus beton pracetak untuk digunakan sesuai dengan 18.9.2.3.

Persyaratan Sistem rangka pracetak kinerja tinggi dengan sambungan paskatarik tanpa lekatan dibuatkan SNI 8367:2017

18.11 – Dinding struktural khusus beton pracetak

19.11.1 Ruang lingkup

18.11.1.1 Persyaratan ini berlaku untuk dinding struktural khusus beton pracetak yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik.

18.11.2 Umum

18.11.2.1 Dinding-dinding struktural khusus beton pracetak harus memenuhi persyaratan 18.10 dan 18.5.2.

18.11.2.2 Dinding-dinding struktural khusus beton pracetak dengan tendon pascatarik tanpa lekatan dan tidak memenuhi persyaratan 18.11.2.1 diizinkan asalkan dinding-dinding tersebut memenuhi persyaratan ACI ITG-5.1.

© BSN 2019

417 dari 695

R18.11 – Dinding struktural khusus beton pracetak

R18.11.2 Umum

R18.11.2.2 Studi-studi eksperimen dan analisis (Priestley et al. 1999; Perez et al. 2003; Restrepo 2002) menunjukkan bahwa beberapa jenis dinding struktural pracetak pascatarik dengan tendon tanpa lekatan, dan tidak memenuhi persyaratan preskriptif pada Pasal 18, memberikan karakteristik kinerja gempa yang memuaskan. ACI ITG-

SNI 2847:2019

### STANDAR

### PENJELASAN

5.1 mendefinisikan protokol untuk membuat prosedur desain, divalidasi dengan analisis dan uji laboratorium, untuk dinding tersebut, dengan atau tanpa balok kopel.

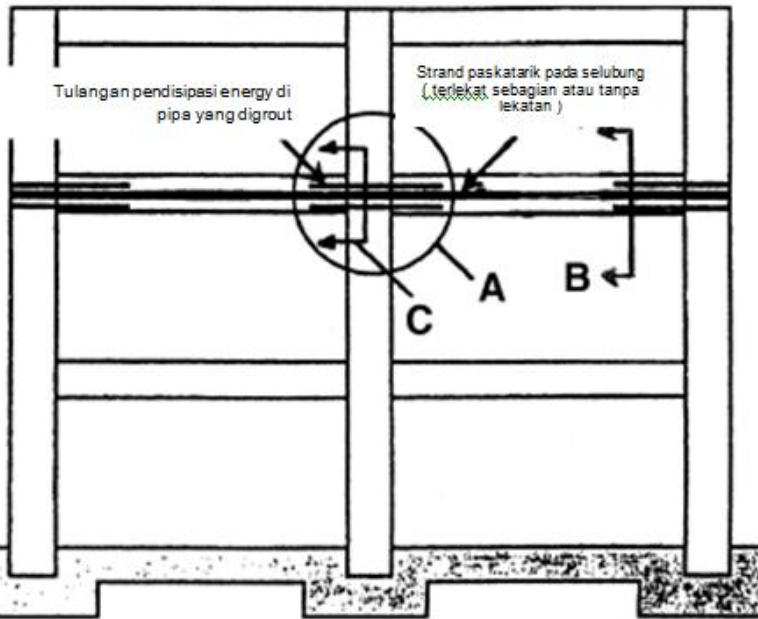
ACI ITG-5.2 mendefinisikan persyaratan desain untuk satu jenis dinding struktural khusus yang dibangun menggunakan beton pracetak dan tendon tanpa lekatan pascatarik, dan divalidasi untuk digunakan sesuai 18.11.2.2.

Persyaratan Sistem dinding pracetak kinerja tinggi dengan sambungan paskatarik tanpa lekatan akan dibuatkan SNI khusus tahun 2020

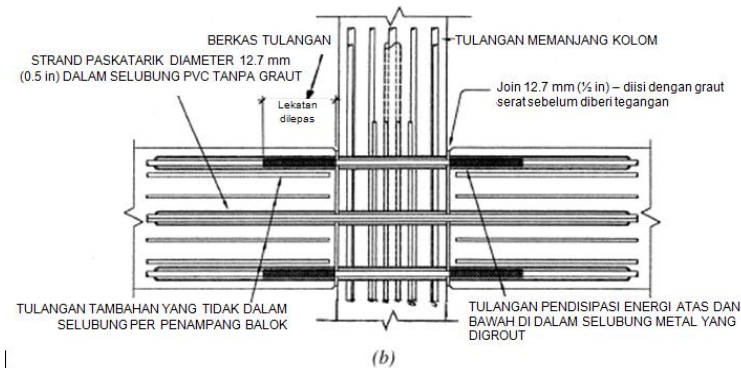


# SNI 8367:2017 Konsep

## • Persyaratan utama dalam SNI 8367:2017



(a)



(b)

Beberapa persyaratan penting dalam SNI [6] ini antara lain

1. Konversi penulangan balok induk induk dari tulangan baja lunak ke penulangan hibrid (gabungan tulangan baja lunak dan tulangan prategang). Rasio maksimum kapasitas momen tulangan baja lunak ( $M_s$ ) terhadap kapasitas momen yang mungkin terjadi ( $M_{pr}$ ), sesuai Pasal 4.2

$$M_s / M_{pr} \leq 0.5 \quad (1)$$

2. Tulangan prategang yang digunakan adalah baja mutu tinggi strand standar ASTM A416 Grade 270, sesuai rekomendasi Pasal 4.4.2

Gaya Prategang justru harus dominan agar efek self centering menjadi dominan

3. Tulangan pendisipasi energi harus memenuhi persyaratan ASTM A 706/A7-6M Grade 60 [2], sesuai rekomendasi Pasal 4.3.1

4. Tulangan prategang minimum dalam Pasal 7.2.1

$$A_{ps} f_{se} = \frac{(1.2V_D + 1.6V_L)}{\phi \mu} \quad (2)$$

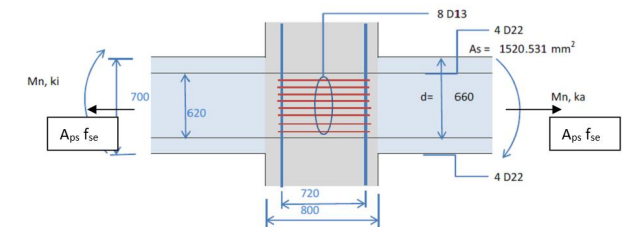
Dimana  $A_{ps}$  adalah luas tulangan prategang,  $f_{se}$  adalah tegangan efektif di tendon paska tarik,  $\mu$  adalah koefisien friksi yang berharga 0.6,  $V_D$  adalah gaya geser akibat beban mati tidak terfaktor,  $V_L$  adalah gaya geser akibat beban hidup tidak terfaktor, dan  $\phi$  adalah faktor reduksi kuat geser.

5. Tulangan pendisipasi energi minimum, sesuai Pasal 7.4.1

$$A_s f_y \geq \frac{V_D + V_L}{\phi} \quad (3)$$

Dimana  $A_s$  adalah luas tulangan baja lunak,  $f_y$  adalah tegangan leleh baja lunak  $V_D$  adalah gaya geser akibat beban mati tidak terfaktor,  $V_L$  adalah gaya geser akibat beban hidup tidak terfaktor, dan  $\phi$  adalah faktor reduksi kuat geser.

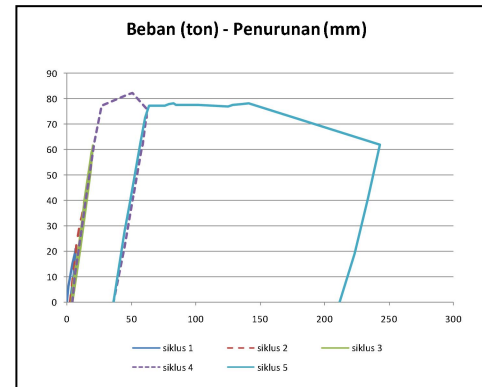
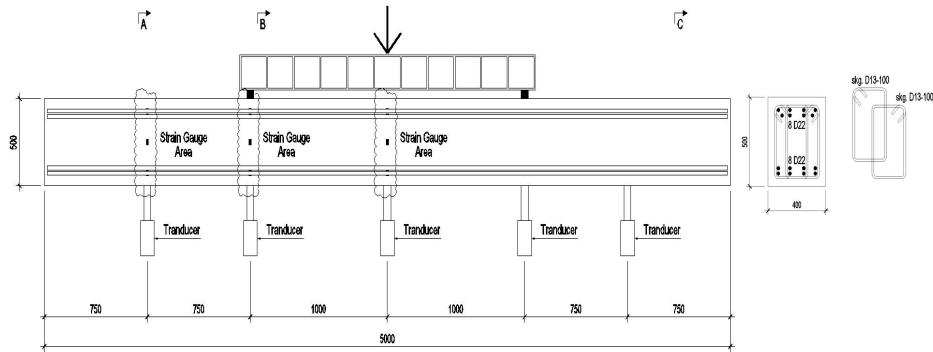
6. Perencanaan join, dilakukan dengan memperhitungkan momen kapasitas balok yang menyebabkan gaya tarik batas baik pada tulangan baja lunak maupun tulangan baja prategang seperti terlihat pada Gambar 6. Hal yang harus diperhatikan adalah digunakannya faktor reduksi kekuatan khusus pada Pasal 21.7.4.1 dalam SNI 2847-2013, yang berharga  $\phi = 0.9$



Gambar 6 Gaya-gaya dalam kondisi kapasitas untuk desain join

# SNI 8367:2017 Contoh Pengujian Penerapan Prestress 50%

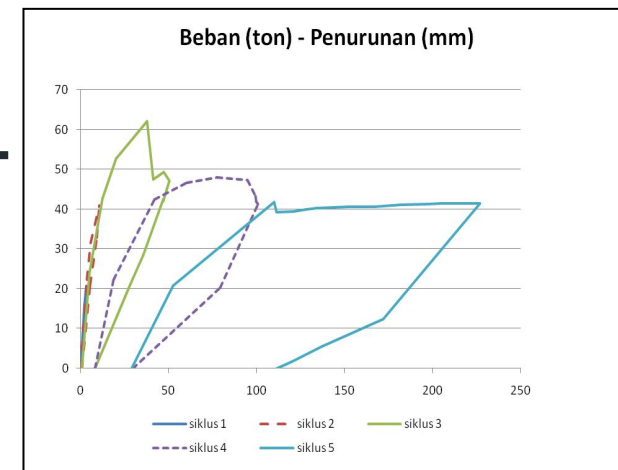
- Uji Balok



Beton Bertulang



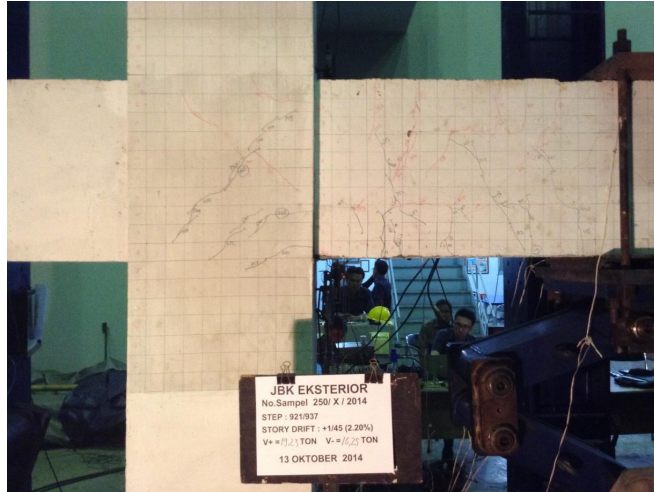
Sistem Hybrid Prestress 50%



# SNI 8367:2017 Contoh Pengujian Penerapan Prestress 50%



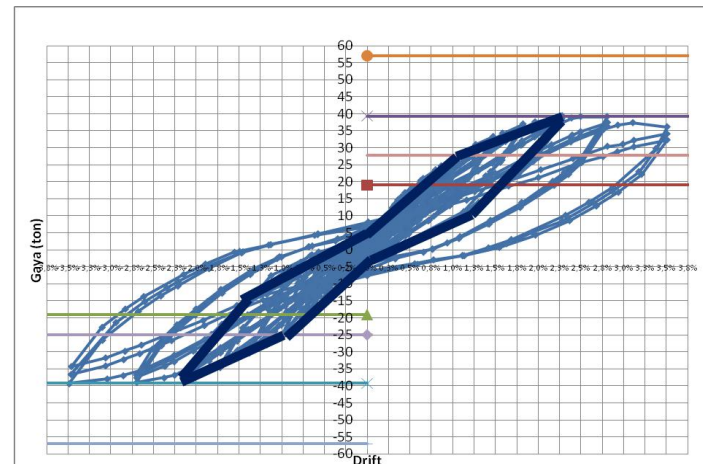
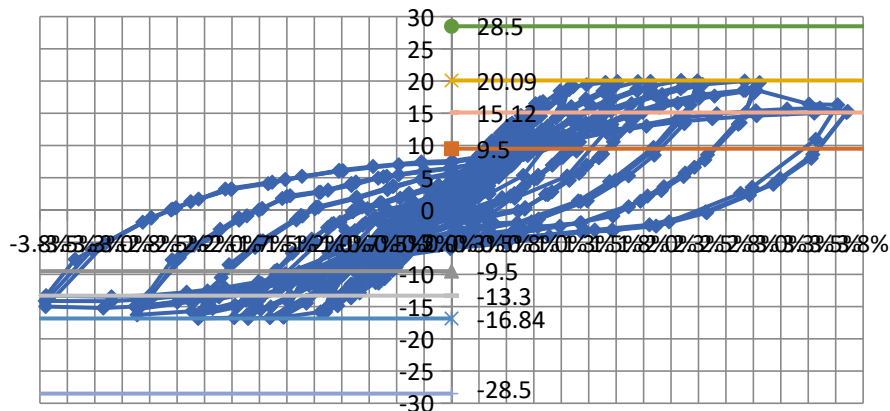
• Pengujian join-balok kolom eksterior



• Gaya Gempa Dasar (2.2%) → Kinerja Tinggi



• Gaya Gempa Maksimum (3.5%)



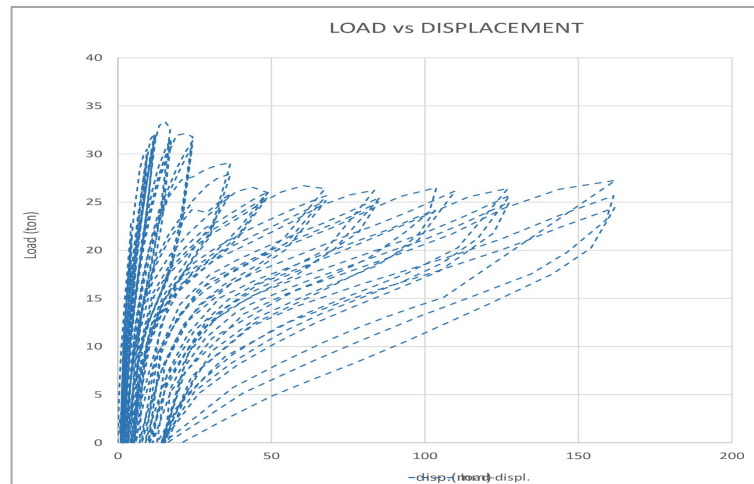
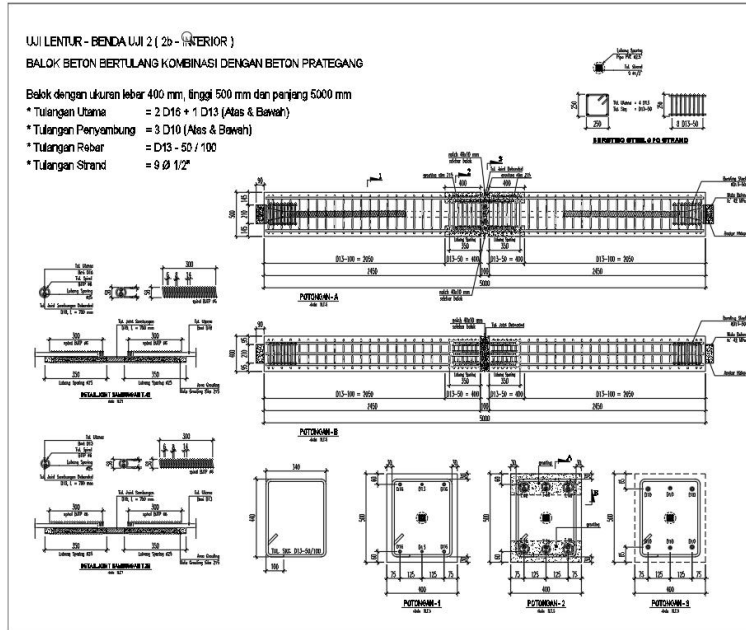
Cek hysteresis loop terhadap persyaratan SNI 7834:2012



• Gaya Gempa (5%) Strong Column Weak Beam

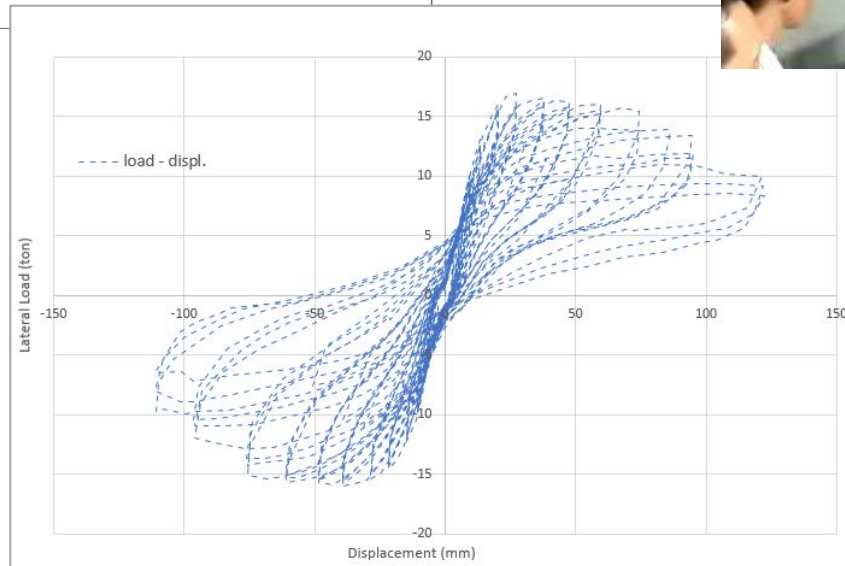
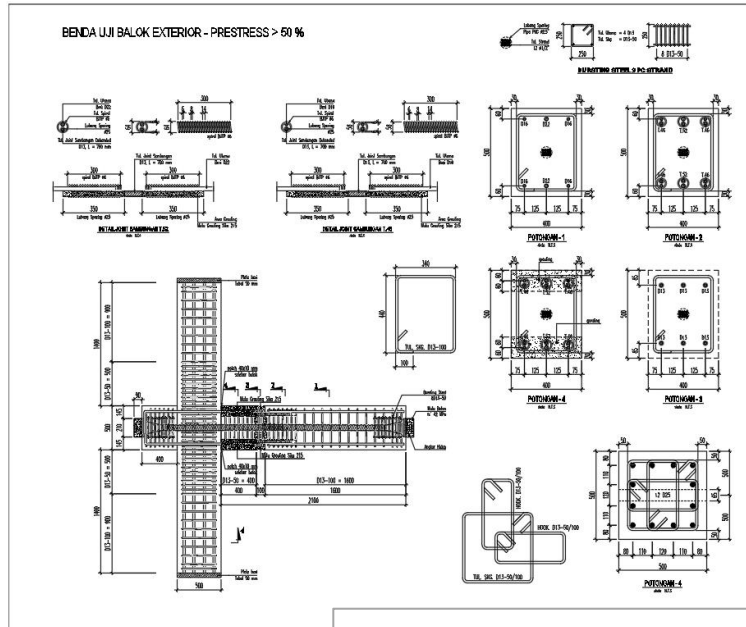
# SNI 8367:2017 Contoh Pengujian Penerapan Prestress 75%

- Uji Balok



# SNI 8367:2017 Contoh Pengujian Penerapan Prestress 75%

- Uji Join Balok Kolom



# SNI 8367:2017 Contoh Penerapan

## • Pipe Rack JTB

### Calculation of Precast Girder with Post tension, PGT Beam 50/80 ( target drift $\theta = 0.035$ )

#### I. Material Properties

fc'	40 MPa
fr	3.92 MPa
Ec	29,725 MPa

#### II. Rebar Data

Es	200,000 MPa					
Prestress	Dia (inch)	Aps1 (mm2)	n	Aps (mm2)		
Strand	0.6	139.99	9	1259.91		
fy	1680 MPa		fpu	1860 MPa	ASTM A416 Grade 270	
Energy dissipating	dia (mm)	As1 (mm2)	n	As (mm2)		
Rebar	29	660.5	2	1321.0	ASTM A706/A706M-14	
fy	420 MPa		fymax	540 MPa		

#### III. Section Properties

b	500 mm
h	800 mm
A	400,000 mm2
I	2.133E+10 mm4
W	53333333 mm3

#### IV. Loading Data

Mu	857.56 kN m	( load comb. 166 )
----	-------------	--------------------

#### V. Minimum Reinforcement Check

VD	382.22
VL	32.51
fse = 0.56 fpu	1041.6 MPa
fy	420 MPa
$\mu$	0.6
$\phi$	0.75

#### Minimum prestress reinforcement

Aps	1,089.52 mm2
n min.	7.8 ≤ 9

$$A_{ps} f_{se} = \frac{(1.2V_D + 1.6V_L)}{\phi \mu}$$

...ok

#### Energy dissipating reinforcement

As	1,316.60 mm2
n min. D29	2.0 ≤ 2

$$A_s f_y \geq \frac{V_D + V_L}{\phi}$$

...ok

#### VI. Moment capacity

d	710 mm
d'	90 mm

h/2 400 mm

$$\beta = 0.85 - 0.008(fc' - 30) = 0.77$$

$$\beta = 0.85 - 0.008(fc' - 30) = 1.059$$

$$\epsilon_c = 0.003$$

$$\epsilon_c = 0.003$$

$$\epsilon_{sh} = 0.015$$

$$f_s = 540.00 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{pr} = 0.0056$$

$$\epsilon_{s'} = 0.0012$$

$$f_{s'} = 245.00 \text{ MPa}$$

$$f_{pr} = 1112.07 \text{ MPa}$$

$$c = 136.81 \text{ mm}$$

$$153.56$$

$$a = c\beta = 105.34 \text{ mm}$$

$$C_c = 0.85 fc' a b = 1,791 \text{ kN}$$

$$T_s' = A_s' f_{s'} = 324 \text{ kN}$$

$$T_{pr} = A_{pr} f_{pr} = 1401 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s f_s = 713 \text{ kN}$$

$$SH = T_s + T_{pr} - C_c - T_s' = (0.0) \text{ kN}$$

$$MT_s' = T_s' (d' - a/2) = 12 \text{ kN m}$$

$$M_{pr} = T_{pr} (h/2 - a/2) = 487 \text{ kN m}$$

$$MT_s = T_s (d - a/2) = 469 \text{ kN m}$$

$$M_s = MT_s - MT_s' = 457 \text{ kN m}$$

$$M_n = MT_s - MT_s' + M_{pr} = 943.47 \text{ kN m}$$

> Mu ...ok

$$M_s / M_n = 48\% \leq 50\%$$

...ok

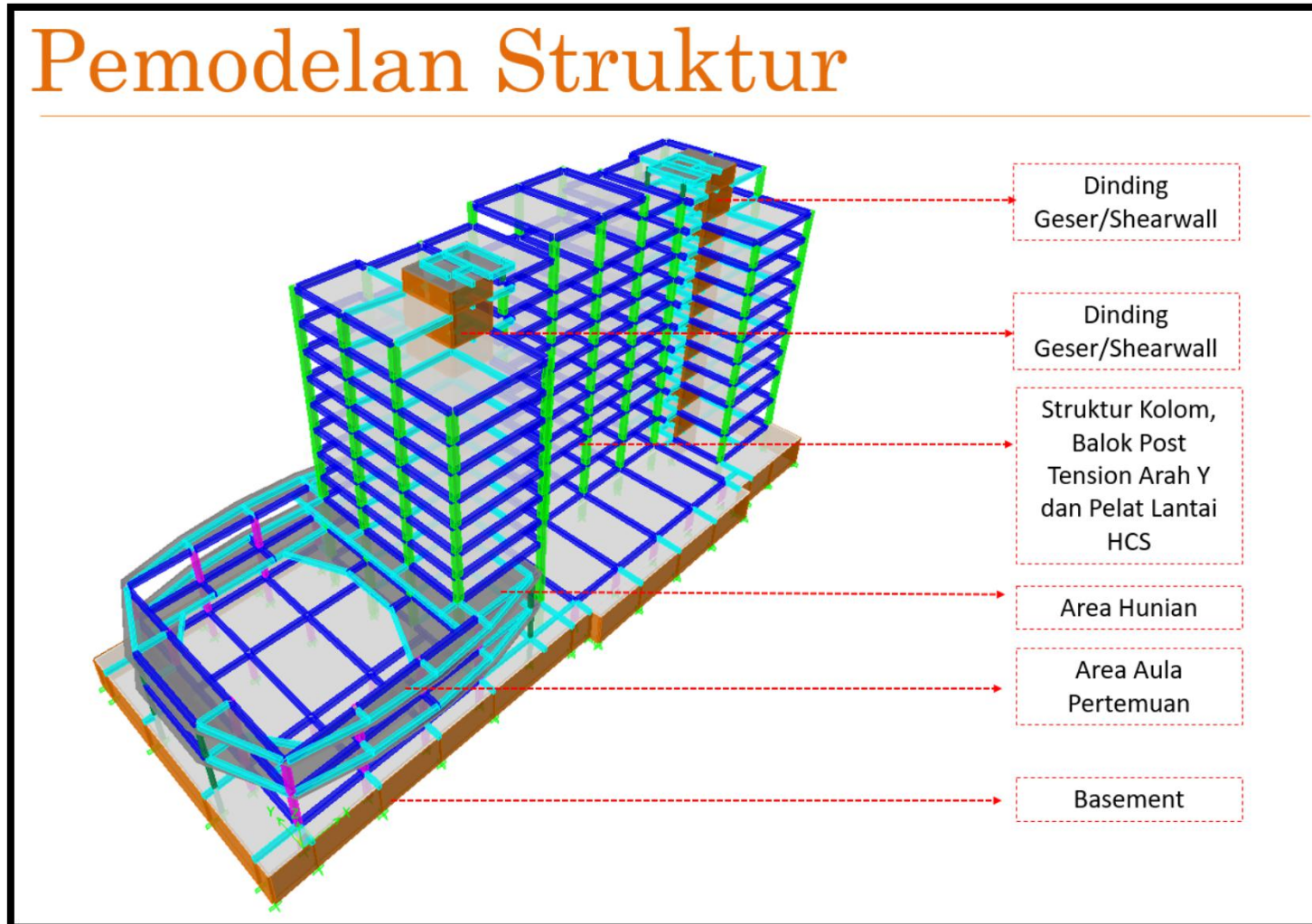
#### Drift control

Lu (mm)	$\Delta = \epsilon L$	$\theta$
1280	19.2	0.033 ≤ 0.035

DBE req Sec 7.6.2 ACI 550.3-13

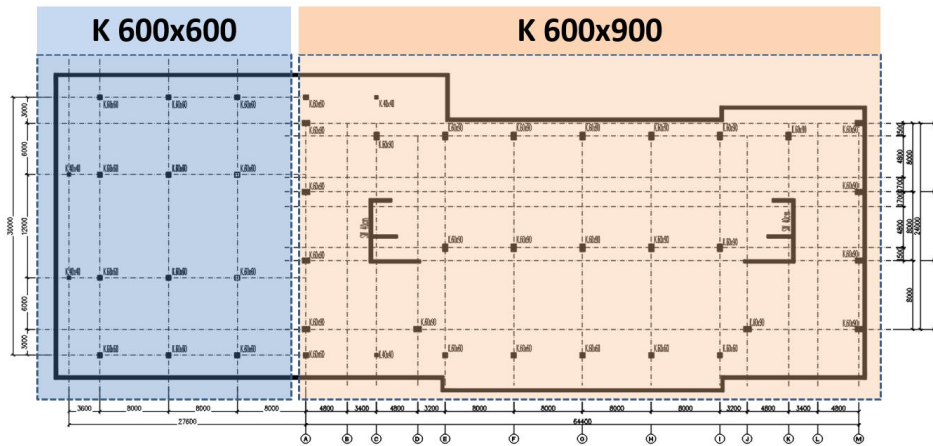
# SNI 8367:2017 Contoh Penerapan

- Gedung Asrama Paspampres Jakarta



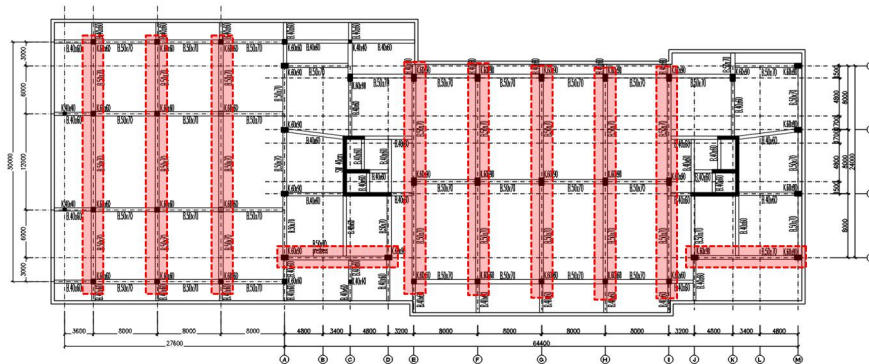
# SNI 8367:2017 Contoh Penerapan

- Gedung Asrama Paspampres Jakarta **Konsep Struktur**



01 DENAH KOLOM LT. BASEMENT  
SCALE 1 : 200

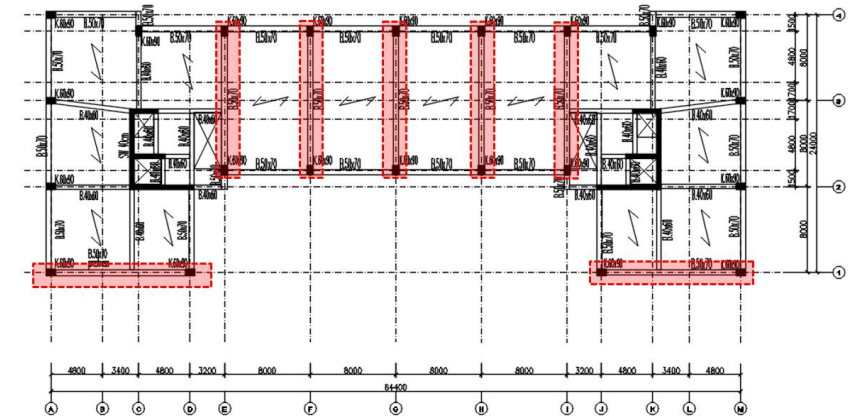
## Komponen Balok Struktur



01 DENAH KOLOM & BALOK LT. 1  
SCALE 1 : 200

 Balok Prestress Post tension

Dimensi Balok :  
B5070 & B4060

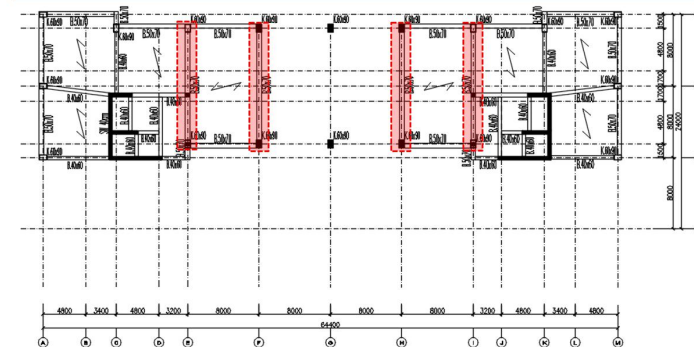


01 DENAH KOLOM & BALOK LT. 4 ~ 9  
SCALE 1 : 200

Dimensi Balok :  
B5070 & B4060

 Balok Prestress Post tension

## Konsep Struktur



01 DENAH KOLOM & BALOK LT. ATAP  
SCALE 1 : 200

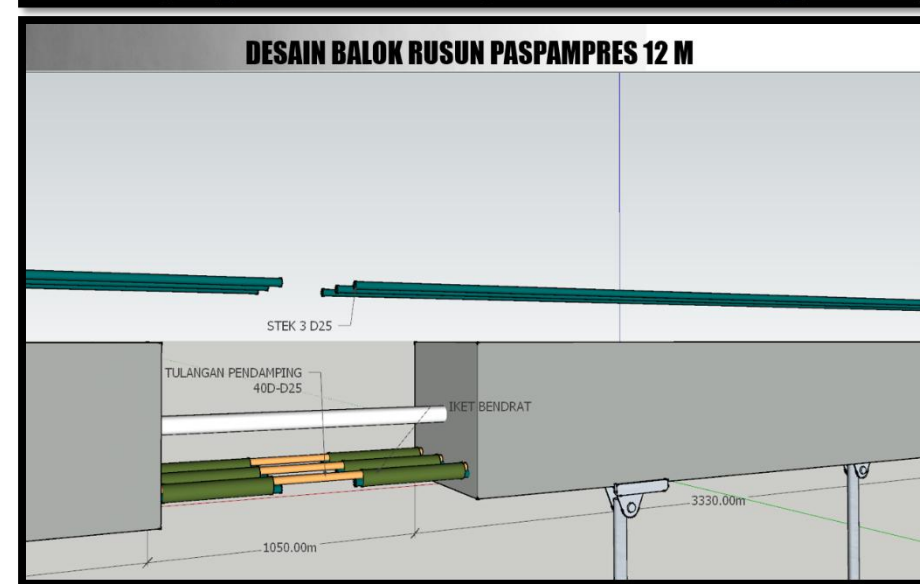
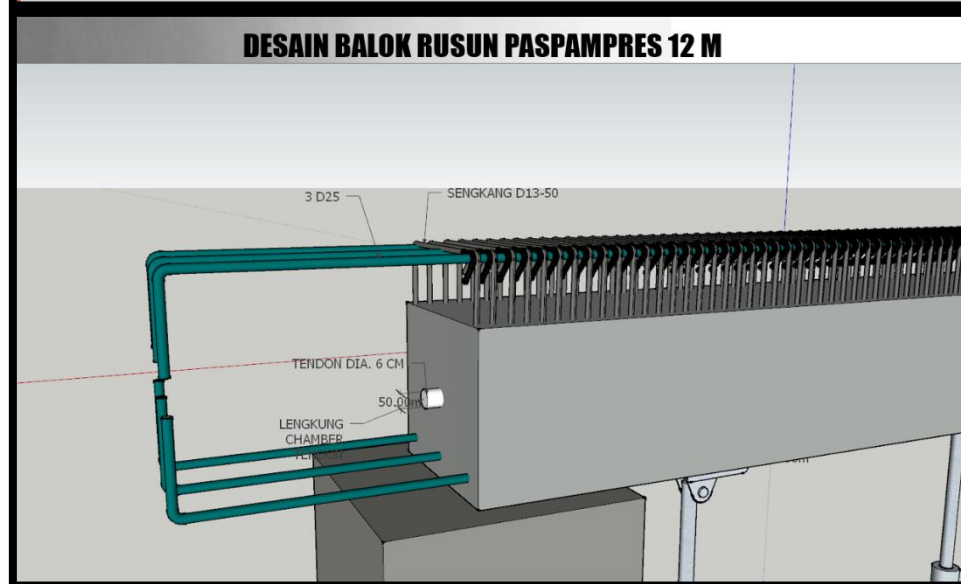
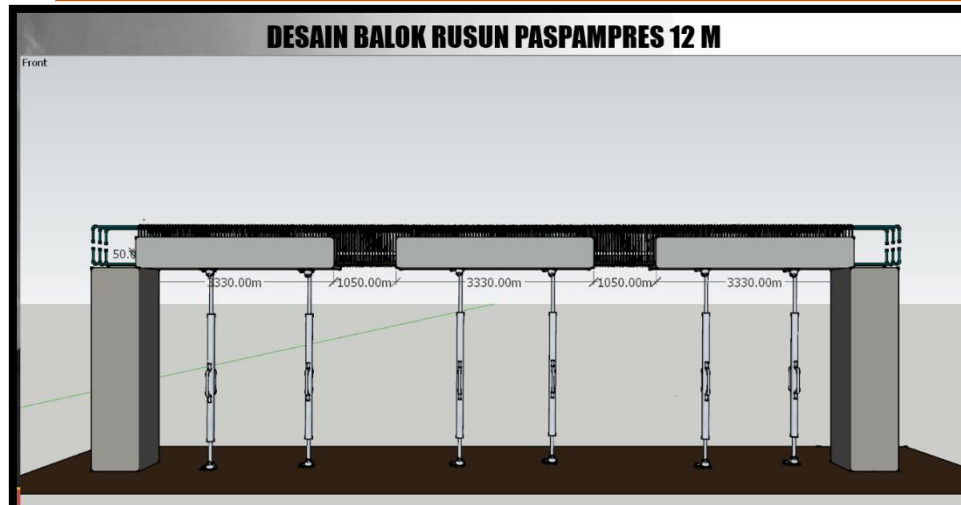
Dimensi Balok :  
B5070 & B4060

 Balok Prestress Post tension



# SNI 8367:2017 Contoh Penerapan

- **Gedung Asrama Paspampres Jakarta**



# SNI 8367:2017 Contoh Penerapan

## • Gedung Asrama Paspampres Jakarta

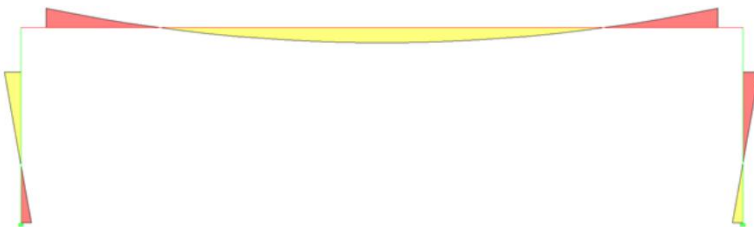
### 3.14 Hasil Analisis Gaya Dalam pada Tahapan Konstruksi

Dalam setiap tahapan konstruksi yang dimodelkan, terdapat gaya dalam yang berbeda yang perlu dicek terhadap desain, terutama dalam desain gaya prestress. Berikut ditampilkan hasil analisis gaya dalam momen dari tahapan konstruksi yang penting untuk desain:

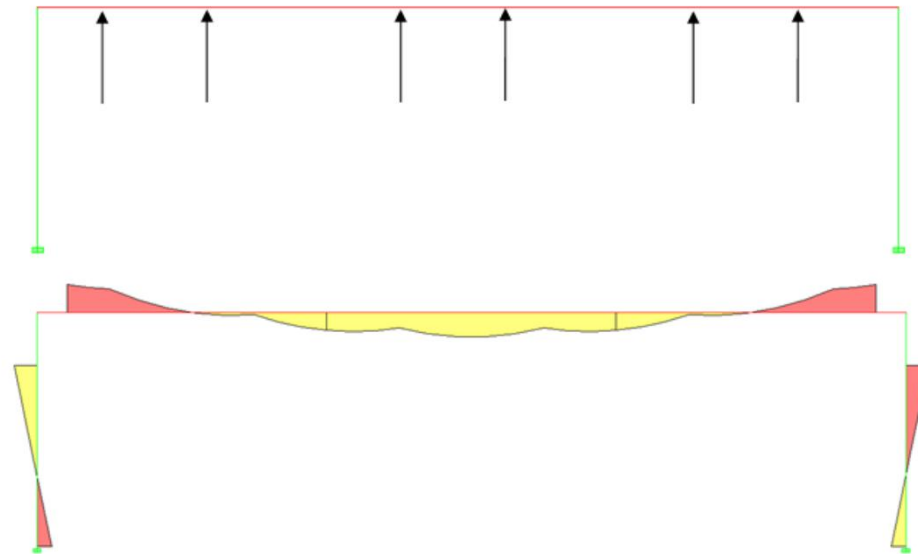
#### Hasil analisis gaya dalam Momen, Balok Pracetak Prategang (BP-1) LT.5:



Gaya dalam dari berat balok 600x800 (BP-1), As G;3-4 lantai 5 (balok tipikal yang ditinjau) panjang 13 m dengan perletakan diatas dua tumpuan sederhana karena belum dimonolitkan dengan



Gaya dalam dari berat balok 600x800 (BP-1), As G;3-4 lantai 5 (balok tipikal yang ditinjau) panjang 13 m dengan perletakan diatas dua tumpuan sederhana kondisi Balok pracetak segment Tulangan bawah telah tersambung dengan dissipater serta tulangan sengkang pada sambungan balok juga telah terpasang dan sudah dalam kondisi tergrouting sebagian.



Gaya dalam dari berat balok 600x800 (BP-1), As G;3-4 lantai 5 + prestress + berat sendiri pelat pada balok lantai 5. Perletakan diatas dua tumpuan sederhana +support (scaffolding) pada masing-masing balok pracetak segment karena belum dimonolitkan dengan kolom. Namun balok sudah monolit dengan pelat sehingga bersifat komposit.

# SNI 8367:2017 Contoh Penerapan

## • Gedung Asrama Paspampres Jakarta

### Desain Penulangan Balok Prategang

- Pengecekan Balok Induk pada Tumpuan (Sendi Plastis)

#### I. Material properties

fc'	50 MPa
fr	4.38 MPa
Ec	33234.02 MPa

#### II. Rebar data

prestress	dia (inch)	As1 (mm2)	n	As (mm2)
Strand	0.6	140	12	1680
fy	1680	MPa	fpu	1860 MPa

energi-dissipating	dia (mm)	As1 (mm2)	n	As (mm2)
Rebar	25	490.87	4	1963.48
fy	400	MPa	fu	550 MPa

#### III. Section Properties

b	600 mm
h	800 mm
A	480000 mm2
I	2.56E+10 mm4
W	64000000 mm3

#### IV. Momen Crack

Mcr = fr W	281 kN m
$\phi_{cr} = M_{cr} / (EI)$	3.298E-07 /mm

#### V. Momen Leleh

ec	0.000387
es	0.002000
fc	17 MPa
fs	400 MPa
d	740 mm
c	120 mm
Cc = 2/3 fc cb	839 kN
Ts = As fy	785 kN
z = d - 1/4 c	710 mm
My = Ts z	558 kN m
$\phi_y$	3.2258E-06 /mm

#### IV. Loading Data

Mu	1311 kNm
----	----------

#### V. Minimum Reinforcement check

VD	206.74 kN
VL	186.19 kN
fse = 0.56 x fpu	1041.60
fy	400
$\mu$	0.6
$\Phi$	0.75

$$\text{Minimum prestress reinforcement } A_{ps, f_{se}} = \frac{(1.2V_D + 1.6V_L)}{\Phi \mu}$$

A <sub>ps</sub>	1,164.86 mm <sup>2</sup>
n minimal =	8.32 < 12 ...ok

$$\text{energi-dissipating reinforcement } A_s f_y \geq \frac{V_D + V_L}{\Phi}$$

A <sub>s</sub>	1,309.77 mm <sup>2</sup>
n minimal D25 =	2.67 < 4 ...ok

#### VI. M<sub>s</sub> energi dissipating rebar

d	740 mm
d'	60 mm
$\beta = 0.85 - 0.008(fc' - 30)$	0.69
ec	0.0030
es	0.0368
c	55.71 mm
a = $\beta c$	38.44 mm
Cc = 0.85 fc' a b	980.2 kN
Ts = As 1.25 fy	981.7 kN
As fu	1079.91 kN

M <sub>s</sub>	738.34 kN m	(eq. R7.6c ACI 550.3-13)
M <sub>pr</sub>	1989.54 kN m	(eq. R7.6e ACI 550.3-13)
M <sub>s</sub> /M <sub>pr</sub>	0.4	≤ 0.5

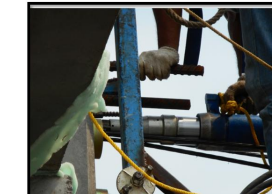
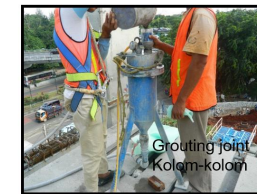
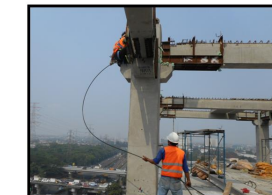
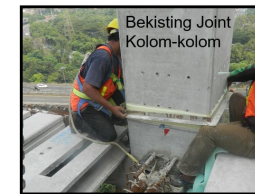
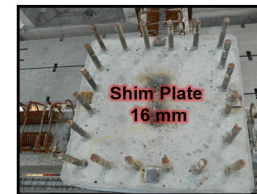
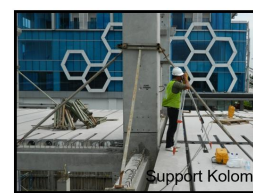
#### VI. M<sub>ps</sub> prestress reinforcement

h/2	400 mm
$\beta = 0.85 - 0.008(fc' - 30)$	0.69
ec	0.0030
es	0.0115
fs	2,292 MPa
c	83.00 mm
a = $\beta c$	150.00 mm
Cc = 0.85 fc' a b	3825.0 kN
Ts = As fs	3849.8 kN

M <sub>ps</sub>	1251.20 kN m	(eq. R7.6d ACI 550.3-13)
>	Mu = 1311 kNm	...ok

# Sejarah Perkembangan - Sistem Kinerja Tinggi

- Gedung Kantor The Hive 12 lantai + 3 basement : Full Off Site Construction (2014)



Hollow core slab

Kolom

Balok

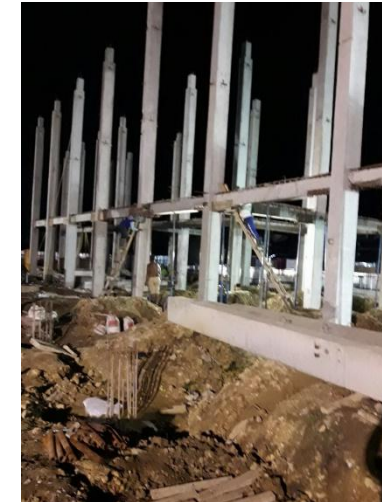
Sambungan paskatarik tanj  
lekatan

# Sejarah Perkembangan – Indonesia – Sistem Kinerja Tinggi

- 2015 - 2016



Rusun TNI Cawang



Rusun TNI di  
Serang, Cijantung, Cipulir, Sunter, Serpong

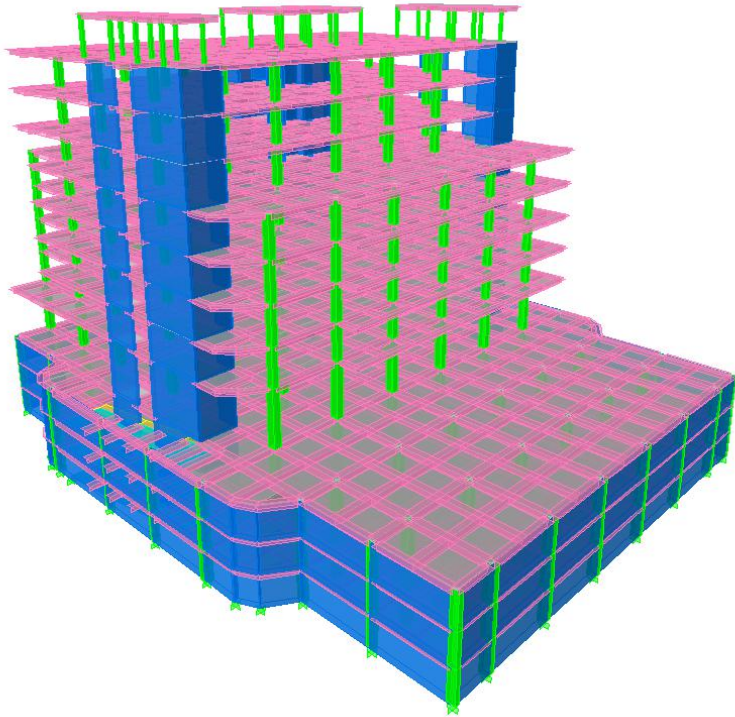


Ruko Cikopo

Rusun Polri Banyuasin, Rohul, Nias, Natuna, Cikeas

# Sejarah Perkembangan – Indonesia – Sistem Kinerja Tinggi

- Rumah Sakit Carolus (2017) 8 lantai + Full off site construction



Hollow core slab, Balok, Kolom,  
Sambungan Paskatarik tanpa lekatan



# Sejarah Perkembangan – Indonesia – Sistem Kinerja Tinggi

- Dinas Pendidikan DKI Jakarta (2018) 16 lantai – Kombinasi offsite, on site



Fabrikasi besi balok precast 1 Instal besi balok ke dalam cetakan beton 2

Ceklist pekerjaan sebelum dilakukan pengecoran 3

Pembukaan cetakan dapat dilakukan setelah umur beton 12 jam. 5 Pengecoran Balok Precast 4

FABRIKASI PLATHCS

Pekerjaan fabrikasi Plat HCS dilakukan di Pabrik Beton Bogor.

## Hollow core slab (off site), Precast beam (on site). Kolom konvensional

Pada tahapan pekerjaan kolom ditambahkan pekerjaan pengecoran corbel sebagaiudukan balok precast

Proses pengangkatan balok pracetak

Dudukan balok pada corbel kolom precast. Pastikan saat handling balok, stek besi yang keluar dari kolom tidak mengganggu proses mendudukan balok ke corbel / temporary corbel / perancah kolom.

- Pada proses pemasangan scaffolding pada balok, dilakukan dengan instruksi kerja sebagai berikut :
- Dilakukan pemasangan scaffolding dengan menumpukan perancah pada kolom terdekat. Daya dukung 1 sisi 6 x 2 Ton = 12ton. Untuk 4 sisi = 48 ton
  - Lakukan pemasangan scaffolding sebagai penahan balok.
  - Letakkan balok kantilever diatas corbel / temporary corbel.

Pemasangan Kabel Strand 1 Pemasangan Plat, Blok Angkur & Wedges 2 Pemasangan Jack Stressing 3

Finishing 6 Pemotongan Strand 5 Stressing balok pracetak 4

Sambungan paskatarik tanpa lekatan

# Sejarah Perkembangan – Indonesia – Sistem Kinerja Tinggi

- Asrama Paspampres 12 lantai (2019) – Kombinasi offsite & onsite



Balok segmental long span dan hollow core slab off site.



Kolom Konvensional, sambungan paskatarik tanpa lekatan + segmental



# Sejarah Perkembangan – Indonesia – Sistem Kinerja Tinggi

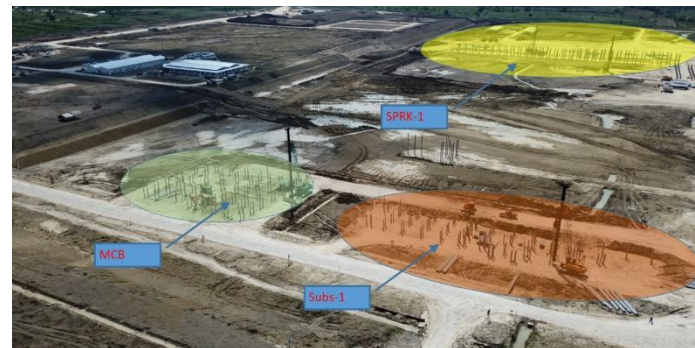
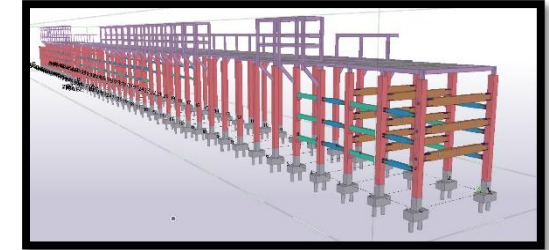
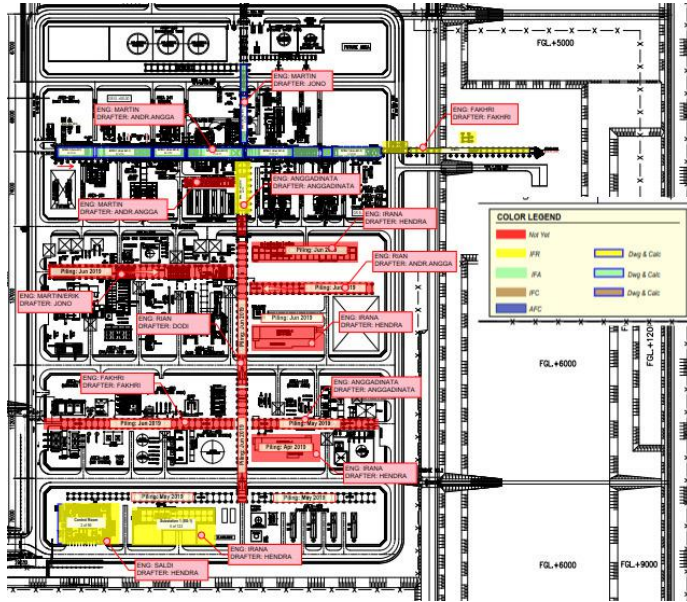
- Fasilitas Pelabuhan Muara Angke (2019) – Full off Site Construction



Kolom, balok, hollow core, sambungan paskatarik tanpa lekatan

# Sejarah Perkembangan – Indonesia – Sistem Kinerja Tinggi

- 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

# 05-RSNI3 Komplementer

RSNI3 Panduan Desain untuk Komponen Penyambung Sistem Pracetak

RSNI3 Panduan Emulasi Pendetailan Beton Cor di tempat untuk Desain Struktur Beton Pracetak tahan Gempa

RSNI3 Panduan Beton Pracetak Seluler untuk Komponen Lantai, Atap dan Dinding

RSNI3 Tanggungjawab Perencanaan untuk Proyek Beton Pracetak Arsitektural

# RSNI3 Panduan Desain untuk Komponen Penyambung Sistem Pracetak

1. Tata cara desain (Kelas sambungan, Prinsip desain sambungan, Pengangkur terhadap beton, Pengelasan, Debonding)
2. Lantai beton pracetak (Sistem, diafragma)
3. Sistem pemikul beban lateral (Dinding, rangka momen)
4. Sambungan
5. Pertimbangan proses ereksi
6. Pertimbangan pengelasan
7. Grout

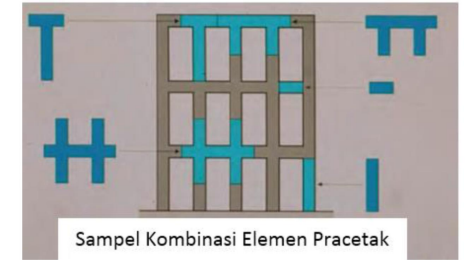
## SISTEM LANTAI BETON PRACETAK

1. Sistem
  - a. Bentuk : T doble, Hollow core
  - b. Sambungan : dengan topping, dengan pretopping
2. Diafragma
  - a. harus disambung ke komponen penahan lateral : las, baut, pasak
  - b. tulangan untuk transfer beban, tulangan topping untuk komposit, kord untuk diafragma tidak kaku



## SISTEM PEMIKUL BEBAN LATERAL : Rangka momen

1. Rangka biasa  $R = 3, Cd = 2.5 \rightarrow$  KDS A & B
2. Rangka sedang  $R = 5, Cd = 4.5 \rightarrow$  KDS D, E, F
3. Rangka khusus  $R = 8, Cd = 5.5 \rightarrow$  KDS D, E, F

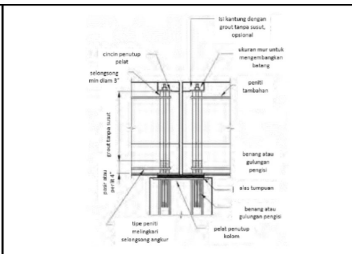


## TATA CARA DESAIN : Kelas sambungan

1. Sambungan kuat
2. Sambungan daktail
3. Sambungan mampu deformasi



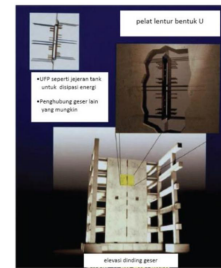
Gambar 2 Kelas sambungan kuat



Gambar 3 Kelas sambungan mampu deformasi

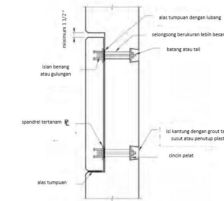
## SISTEM PEMIKUL BEBAN LATERAL : Dinding struktural

1. Sambungan vertikal
2. Sambungan horizontal antar dinding
3. Bukaan besar : pilar mirip kolom  $h/l \geq 2.5$

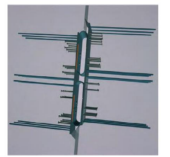


## SAMBUNGAN:

1. Kekuatan
2. Daktilitas
3. Akomodasi perubahan volume
4. Durabilitas
5. Ketahanan api
6. Konstruksibilitas
7. Estetika
8. Persyaratan seismic
9. Toleransi
10. Sambungan vertikal



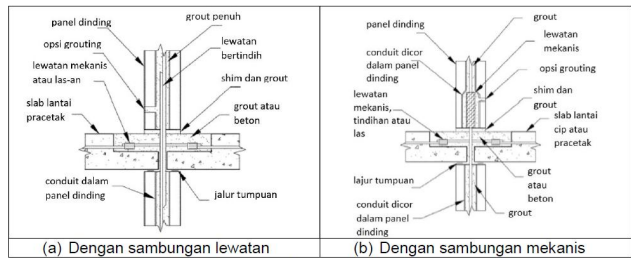
Gambar 6.3 – Sambungan dengan ba



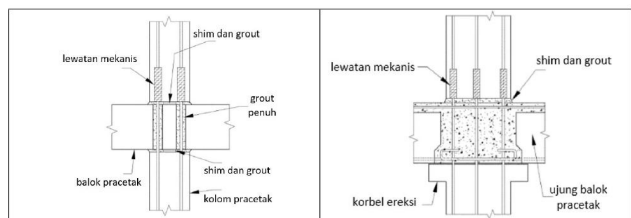
Gambar 6.10 – Sambungan Berdeformasi dalam riset PRESS. Update doformasi saat sambungan menerima beban

# RSNI3 Panduan Emulasi Pendetailan Beton Cor di Tempat untuk Desain Struktur Beton Pracetak Tahan Gempa

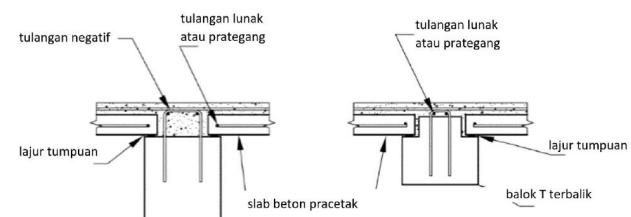
Pada, Ada detail sambungan standard dan ada daftar inovasi sambungan inventor nasional yang sudah lulus uji SNI 7834:2012



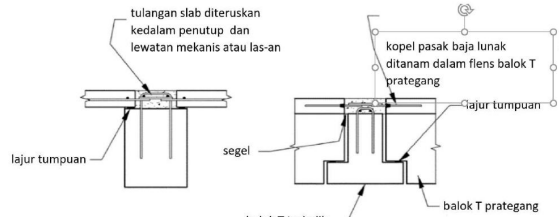
Gambar 5 Sistem sambungan dinding-lantai pracetak



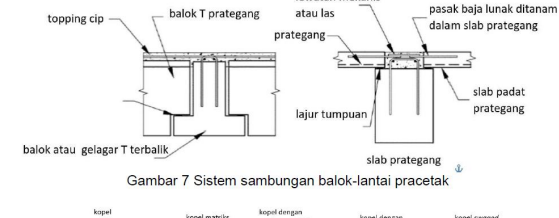
Gambar 6 Sistem sambungan kolom-balok pracetak



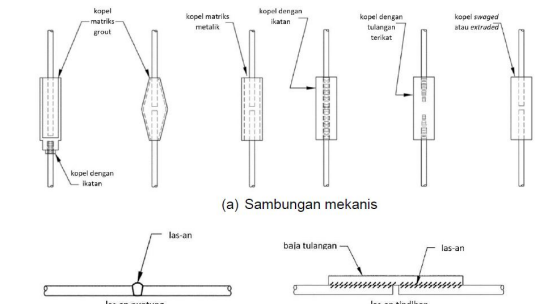
1. slab padat, slab pembentuk, atau
2. slab berlubang pratregang



24 dari 28



Gambar 7 Sistem sambungan balok-lantai pracetak



Gambar 8 Standar alat penyambung

## 7 Contoh struktur beton pracetak emulatif

Banyak struktur beton pracetak yang menggunakan teknologi emulasi telah dibangun di Amerika Serikat dan Jepang. Beberapa contoh yang penting akan disajikan dalam ayat ini.

Karena ukurannya yang cukup besar dan rekor waktu dalam pemasangannya, MGM Grand Hotel bertantai 30 di Las Vegas, yang selesai dibangun tahun 1994, merupakan contoh yang menarik dari pendetailan emulatif. Elemen-elemen eksterior dari rangka longitudinal dirakit dari elemen rangka beton pracetak berbentuk silang yang dinamakan pohon (trees). Dalam arah transversal, digunakan dinding geser pracetak. Lantai dipracetak, diprategang, merupakan elemen hollow core tanpa topping (detail seismic tidak diperlihatkan dalam point lantai).

Menara hunian Ohkawabata bertantai 37 di Tokyo dibangun dengan menggunakan rangka silang beton pracetak. (Vianes 1990). Tokyo terletak pada daerah seismic yang paling parah di dunia. Balok-balok sederhana dan dinding partisi yang tidak mendukung antara apartemen juga difabrikasi dari beton pracetak. Balok-balok dan lantai-lantai juga dibangun dengan

## RSNI0 XXXX-0:20XX

elemen pracetak sepanah tebal dan topping lantai cor di tempat. Metoda ini tidak hanya mengeliminasi kebutuhan pengangkatan dan penopangan perancah tetapi juga menyediakan ruangan pemasangan saluran listrik. Lebih penting, topping menjamin bahwa diantisipasi difragme horizontal positif untuk setiap lantai. Pekerjaan instalasi lantai dapat langsung dilaksanakan di setelah ereksi rangka, sehingga memungkinkan untuk bekerja pada lantai di bawah lantai yang direksi.

Desain standar menara pengawas lintas udara Federal Aviation Administration bertingkat tinggi (di atas 200 ft) menggunakan detail pracetak emulatif. Beberapa dari menara berkeltinggian lebih dari 91.5 m (300 ft), termasuk yang ada di Bandara Miami, Denver dan Dallas Fort Worth. Menara-menara juga dibangun di Salt Lake City dan Portland, yang berada di zona seismic tinggi. Meskipun menara-menara ini terlibat seperti dinding geser, konsep sebenarnya adalah rangka pemikul momen khusus yang memenuhi batasan 1997 UBC (160 ft) pada ketinggian struktur dinding geser.

Sebuah laporan (Architectural Institute of Japan 1996) mengenai kinerja dari struktur beton sewaktu gempa bumi Hyogoken-Nambu (Kobe) tahun 1995 mengulasasikan pengaruh dari pada persyaratan peraturan yang telah disempurnakan. Sejumlah besar struktur rangka beton bertulang cor di tempat yang dibangun menurut persyaratan peraturan bangunan Jepang sebelum tahun 1971 runtuh atau rusak berat. Suatu perubahan dari peraturan Jepang tahun 1971 secara nyata menambah jumlah tulangan lateral kolom akibat penyaratan penambahan samping kolom. Tidak ada struktur rangka beton bertulang dalam zona guncangan kuat Kobe yang dibangun menurut provisi 1971 AU yang runtuh, sekalipun terjadi kerusakan berat (seluruh beton melotot dan relax) pada beberapa struktur.

Perubahan peraturan Jepang dalam tahun 1981 memperkenalkan persyaratan peraturan yang memperkenankan terjadinya sendi daktil pada balok di sambungan balok-kolom. Ini dilakukan untuk menjamin bahwa sendi plastis akan terjadi pada balok di lokasi yang diinginkan. Tidak ada bangunan rangka beton yang dibangun menurut peraturan 1981 pada lokasi pengaruh seismic yang kuat di Kobe, runtuh atau mengalami kerusakan berat dan sulit dipertajam.

Di Kobe, lebih dari 100 struktur rangka boks beton pracetak yang berada pada 37 lokasi proyek dalam daerah pengaruh guncangan kuat gempa tidak mengalami kerusakan, dan segera mendapat njin penggunaan kembali setelah gempa (Gosh 1995). Di Indonesia telah ada beberapa detail emulasi beton cor insitu yang sudah diuji ketahanan gempanya di Balai Struktur Pushtbangkim. Daftar detail ada di pasal 3.0. Detail-detail ini juga sudah teruji pada berbagai gempa kuat di Indonesia sejak tahun 2014 di Aceh, Yogyakarta, Tasikmalaya, Sumatera Barat, Lombok dan Palu.

NO	NAMA SISTEM	TIPE STRUKTUR	TH INTRUDISI 3 DI INDONESIA	PERIKEL NETER	PERANGK LISENSI	CONTACT PERSON	ALAMAT	TELP & FAX	CATATAN
1	WAFLE	Dinding Permal Beton Bertulang Sambungan Bat	1995	Waffle Crete Int. Inc USA	PT Fluoconfa Ekowana	Tygr Simanjorang	Jl. Pangeran Antasari No. 21 Cikande Barat Jakarta Selatan 12420	(T) 021-7666530	Catatan moveable
2	COLURN SLAB	Rangka Beton Polystyrene	1997	JH Simanjorang	PT IBS Precast Concrete	Sondang Simanjorang	Jl. Raya Calung Cikarang Kav. 40 - 50 Jakarta 13111	(T) 021-4682731	Memiliki paten di Jakarta, Surabaya
3	BEAN COLOURN SLAB (IMS REAT)	Rangka Beton Polystyrene	1997	JH Simanjorang	PT IBS Precast Concrete	Sondang Simanjorang	Jl. Raya Calung Cikarang Kav. 40 - 50 Jakarta 13111	(T) 021-4682731	Memiliki paten di Jakarta, Surabaya
4	REAT COLOURN SLAB	Rangka Beton Bertulang	1998	PT Adhi Karya	PT Adhara Indonesia	Wibisono Hadi, Adang R. Djatnika	Graha Ananda Lt. 3, Jl. Raya Pasar Minggu No.17A Jakarta Selatan	(T) 021-7258668	Memiliki paten di Cikarang
5	BREPHAK A	Rangka Beton Rangka Bertulang	1999	Sjafie Anwar, Sinar Haradipa, Agni Widodo	PT Hutama Karya	Amnudin Aziz	Gedung HC, Jl. Bina Laut 1 No. 24, Caringi Jakarta Timur 13140	(T) 021-8193107	Catatan moveable
6	JASURAKSHI	Rangka Beton Bertulang	1999	Sjafie Anwar, Sinar Haradipa	PT Hutama Karya	Hari Budi Suryananta, Budyantha	Gedung Jemba Lt. 3, Jl. Iskandaryah Raya No. 66, Kembangan Barat Jakarta Selatan 12149	(T) 021-7258606 (F) 021-7258787	Memiliki paten di Cikarang Catatan moveable
7	T-CAP	Rangka Beton Bertulang	2000	Arief Sabarudin, Lutfi Haidar, Sjafie Anwar, Sinar Haradipa	PT Pembangunan Perumahan	Purtha Satrio, Nur Hidayat	Gedung Hl Plaza, Wisma Subayanto, Jl. TB Simatupang No. 57, Pasar Rebo, Jakarta	(T) 021-8493909 (F) 021-8483954	Catatan moveable

8	U-SMELL	Rangka Beton Bertulang	2001	PT PA Pa	---	---	---	---	---
18	JEDOS SYSTEM	Rangka Beton Bertulang	2006	David Hanaruz	PT BKK Surya Construction (PT JEDOS Construction)	David Hanaruz	Kordepok Ruko Graha Pajanan No. 5 Ert, Jl. Djipeto Baru Jakarta Selatan	(T) 021-797 5907 (F) 021-797 5924	Catatan moveable
9	LEED FORMET CONNECT OR (LAC)	Rangka Beton Bertulang	2002	19 Bina Sar Ni	PT Pacific Indonesia	PT Pacific Indonesia	Jl. Karang Pda 1/3, Jati Padang Pasar Minggu Jakarta 14150	(T) 021-7551 4039	Catatan moveable
20	PPS SYSTEM	Rangka Beton Bertulang	2006	PT Pacific Indonesia	PT Pacific Indonesia	Subdy Sugiyo	Wisma DMS 102 Hena Sunter, Jl. Ya Sudirman Kav. 49, Jakarta 14150	(T) 021-4501767	Memiliki paten di Jakarta
10	WIK	Rangka Beton Bertulang	2003	PT W	PT Pembangunan Perumahan	Purtha Satrio, Nur Hidayat	Gedung Hl Plaza, Wisma Subayanto, Jl. TB Simatupang No. 57, Pasar Rebo, Jakarta	(T) 021-8493909 (F) 021-8483954	Catatan moveable
11	WASPICO	Dinding Permal Beton Bertulang Sambungan Bat	2003	P F S	---	---	---	---	---
12	SPRIBCON	Rangka Beton Bertulang	2004	Li	---	---	---	---	---
13	PRACETAK SANGBANG ANGUR (PSA)	Rangka Beton Bertulang	2004	Pij Ar	---	---	---	---	---
14	PSA PASEA	Rangka Beton Bertulang	2005	Pij	---	---	---	---	---
15	PRISKA	Rangka Beton Bertulang	2005	Pij	---	---	---	---	---
16	KOLON WELAT LANTAI (KWL)	Rangka Beton Bertulang	2005	Eder	---	---	---	---	---
17	C-PLUS	Rangka Beton Bertulang	2006	Sider	---	---	---	---	---
18	KOTAPARI	Rangka Beton Bertulang	2008	---	PT Bisma Construction, Dedi Prana Putra	Dedi Prana Putra	Jl. DR Sularto No. 88 - A, Kav. 40 - 50 Jakarta 13111	(T) 021-833 9490 (F) 021-7888 0467 (F) 021-7888 0473	Catatan moveable
19	PLATEON PRECAST OP	Rangka Beton Bertulang	2008	PT Rang Pratama	PT Rang Pratama	Rody Sturmaning	Graha Anang Lt. 4, Jl. Raya Pasar Minggu No. 40A Kav. 3, Pasar Minggu Jakarta Selatan 12960	(T) 021-7944 348 (F) 021-7944 348	Catatan moveable
20	PRACON HBS	Dinding Permal Beton Bertulang	2008	Sigeng Wijatno, Samsato, Sudjana Danarasa	PT Pradana Perkasa	Christian Sutardi	P. R. Dyananda 117 Blok B No. 57-59, Jakarta 10710	(T) 021-600 9085 (F) 021-601 8992	Catatan moveable
21	WAKITA PRECAST OP	Rangka Beton Bertulang	2007	PT Waktia Karya	PT Waktia Karya	D Edwan W Sivaq	Gedung Waktia, Jl. Bina Laut 1 No. 24, Caringi Jakarta Timur 13140	(T) 021-8519231 (F) 021-8519509	Catatan moveable
22	TRIZCON	Rangka Beton Bertulang	2007	Tygr Simanjorang	PT Trizcon Prusa Lestari	Bilik Simanjorang	Jl. Pangeran Antasari No. 23, Cikande Barat Jakarta Selatan 12420	(T) 021-7666530	Catatan moveable
23	WAKITA PRECAST OP	Rangka Beton Bertulang	2007	PT Waktia Karya	PT Waktia Karya	D Edwan W Sivaq	Gedung Waktia, Jl. Bina Laut 1 No. 24, Caringi Jakarta Timur 13140	(T) 021-8519231 (F) 021-8519509	Catatan moveable
24	HIC PRECAST	Rangka Beton Bertulang	2007	PT Hutama Karya	PT Hutama Karya	Amnudin Aziz	Gedung HC, Jl. Bina Laut 1 No. 24, Caringi Jakarta Timur 13140	(T) 021-8193107 (F) 021-8586492	Catatan moveable
25	JAVA PENAKA / DIAMOND BELT	Rangka Beton Bertulang	2007	PT Java Perkasa, Pajuwatanda	PT Java Perkasa	Fariadi Anshah	K. Kesambatan 1 No. 7, Tabek, Jakarta Selatan 12660	(T) 021-421 4300 (F) 021-421 4329	Catatan moveable
26	Hadifad BCS JMS	Rangka Beton Bertulang	2007	PT BMS PCI	PT IBS Precast Concrete Indonesia	Sondang Simanjorang	Jl. Raya Calung Cikarang Kav. 40 - 50 Jakarta 13111	(T) 021-4682731 (F) 021-4682737	Memiliki paten di Jakarta, Surabaya dan Palembang
27	WELL-CORON	Rangka Beton Bertulang	2008	PT Borneo Sakti, Handoyo Wibaya	PT Borneo Sakti	Handoyo Wibaya	Jl. Raya Hargodipo Raya No. 404 Kav. 3, Kec. Baji - Depok 16424	(T) 021-7888 0467 (F) 021-7888 0473	Catatan moveable
28	WELL-CORON	Rangka Beton Bertulang	2008	PT Borneo Sakti, Handoyo Wibaya	PT Borneo Sakti	Handoyo Wibaya	Jl. Raya Hargodipo Raya No. 404 Kav. 3, Kec. Baji - Depok 16424	(T) 021-7888 0467 (F) 021-7888 0473	Catatan moveable
29	PLATEON PRECAST OP	Rangka Beton Bertulang	2008	PT Rang Pratama	PT Rang Pratama	Rody Sturmaning	Graha Anang Lt. 4, Jl. Raya Pasar Minggu No. 40A Kav. 3, Pasar Minggu Jakarta Selatan 12960	(T) 021-7944 348 (F) 021-7944 348	Catatan moveable
30	PRACON HBS	Dinding Permal Beton Bertulang	2008	Sigeng Wijatno, Samsato, Sudjana Danarasa	PT Pradana Perkasa	Christian Sutardi	P. R. Dyananda 117 Blok B No. 57-59, Jakarta 10710	(T) 021-600 9085 (F) 021-601 8992	Catatan moveable
31	WIRTU	Rangka Beton Bertulang	2009	PT Total Ewarogana Indonesia	PT Pradana Perkasa	Andy K.	Jl. Tahan Tera Dalam 3 E No. 1, Jakarta Selatan 12810	(T) 021-7098 4336 (F) 021-838 8084	Catatan moveable
32	TBR-J	Rangka Beton Bertulang	2009	PT Tata Bumi Raya, Juwaid	PT Tata Bumi Raya	Juwaid	Jl. Parangleng No. 223A, Surabaya 60114	(T) 021-8477 4300 (F) 021-5580 023	Catatan moveable
33	CCP (Cocokan Comb Pile)	Rangka Beton Bertulang	2009	PT Victory Sama Utama	PT Victory Sama Utama	Lutfi Saif Savi	Graha Graha Pajanan 5 D, Jl. Pajanan Raya No. 5, Pasar Minggu Jakarta 14150	(T) 021-799 9545 (F) 021-794 6713	Catatan moveable
34	KW *	Rangka Beton Bertulang	2009	PT Kumala Handika	PT Kumala Handika	Hidrus, Hb	Graha Tana 3, Wijung 200 Rind No. 51 Kav. 2, Jakarta Selatan 12740	(T) 021-648 3254 (F) 021-648 4201	Catatan moveable
35	DPS *	Rangka Beton Bertulang	2009	PT Dunia Pratama	PT Dunia Pratama International	Hakibul Hani Muttamman, Amnudin Aziz	Satwa Permai C118 Jati Luhur, Jati Arah, Bekasi	(T) 021-7093 1323	Catatan moveable
36	HSP *	Rangka Beton Bertulang	2009	PT Mergana Perkasa	PT Mergana Perkasa	Udin Iskandari	Jl. Terusan Hartapurna No. 9, Bandung 40275	(T) 022-730 1277 (F) 022-732 1271	Catatan moveable

# Contoh Penerapan RSNI3 Sistem Emulasi

- Project Tokyo Riverside Apartment 32 Storey With Precast Emulated Cast In Place (2020)



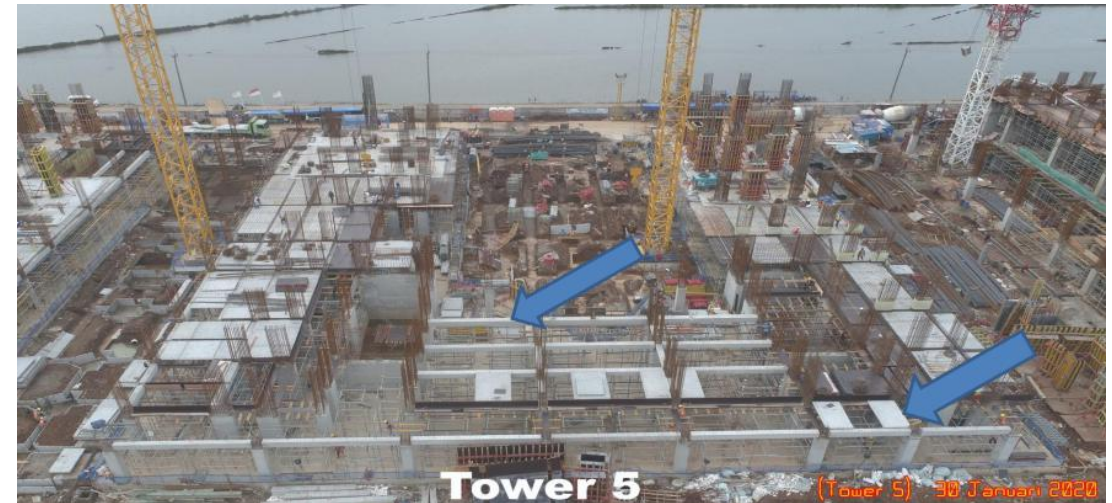
Desain Render Arsitektur Tokyo Riverside Apartment



Precast Retaining Wall For Raft Foundation



Beam Precast Product



Beam, Half Slab Precast System

## Contoh Penerapan RSNI3 Sistem Emulasi

- Project Tokyo Riverside Apartment 32 Storey With Precast Emulated Cast In Place (2020)



Beam Installation



Precast Stair Case



Beam Installation



Beam Installation



Result of using Precast Product :

- Good Quality Product
- Green Environment
- Clean

# RSNI3 Panduan Beton Pracetak Seluler untuk Komponen Lantai, Atap dan Dinding

1. Definisi beton seluler
2. Material
3. Sifat-sifat beton
4. Desain
5. Manufaktur
6. Pengujian
7. Penanganan
8. Ketahanan terhadap api

## DEFINISI BETON SELULER

Pedoman ini mencakup beton pracetak yang memiliki satuan berat kering tungku sebagai mana diukur oleh ASTM C 495 sebesar 800 kg/m<sup>3</sup>(50 pcf) atau kurang. Material yang biasanya dinamakan beton seluler atau aerasi (diinginkan), didefinisikan sebagai:

Suatu produk ringan yang terdiri dari semen portland dan/atau kapur dengan material silika halus, seperti pasir, terak, atau abu terbang, dicampur dengan air untuk membentuk pasta yang memiliki struktur rongga atau sel yang homogen. Struktur seluler diperoleh terutama dengan penyertaan rongga mikroskopis yang diperoleh dari reaksi kimiawi yang melepaskan gas atau dari penggabungan mekanis udara atau bahan gas lainnya (biasanya dengan menggunakan perawatan *autoclave*).

Pedoman ini terkait beton selular struktural untuk komponen lantai, atap dan dinding yang diproduksi di pabrik khusus → ada perkuatan tambahan dan mesin/teknologi

Tabel 3.3 – Konduktivitas termal dari berbagai berat jenis beton rendah

Berat satuan kering tungku		Konduktivitas termal (faktor k)*			
		Kering tungku		Kering udara	
Pcf	Kg/m <sup>3</sup>	k	W/mK	k	W/mK
20	320	0,60	0,09	0,83	0,12
30	480	0,83	0,12	1,10	0,16
40	640	1,10	0,16	1,40	0,20
50	800	1,40	0,20	1,80	0,26

\*Nilai presentatif untuk material kering tungku atau kering udara. Nilai-nilai ini tidak boleh bervariasi lebih dari 5 %. Ini dimaksudkan sebagai nilai (tidak spesifikasi) untuk penggunaan material normal. Untuk konduktivitas beton tertentu pengguna dapat memperoleh nilai yang disediakan oleh produsen atau berdasarkan hasil pengujian. "k" dalam satuan Btu SI ekuivalen dengan W/mK (in./hr ft<sup>2</sup>)

## DESAIN

1. Analisis structural : tegangan ijin, beban layan, teori elastis
2. Tegangan ijin :
  - a. tulangan max 165 Mpa,
  - b. geser web 0.03 fc',
  - c. tekan ijin
- d. Partisi h/t > 2.5

$$f_c = 0.2f'_c \{1 - (h/40t)^3\}$$

## MANUFAKTUR

1. Perawatan → autoclave
2. Keleccakan
3. Toleransi → ACI 117
4. Identitas dan marka

## PENGUJIAN

1. Lentur individual → metoda tegangan kerja balok sederhana
  - a. Max 24 jam
  - b. beban uji 2 x beban layan min 3.8 kPa dan 2.9 kPa
  - c. Max 1/160 L; residual 1/400 L
  - d. Beban runtuh : pada 1/60 L
2. Kontrol mutu, pengambilan contoh dan penerimaan hasil uji → ACI 214 & ASTM E 122

## PENANGANAN

1. Disimpan dengan tumpuan yang disiapkan
2. Kekuatan harus cukup sebelum dikirim
3. Terpasang di posisi akhir tanpa tegangan berlebih/kerusakan
4. Instruksi dari pabrikan
5. Peralatan khusus yang direkomendasi pabrikan

## KETAHANAN TERHADAP API

1. Selama pemikul beban dan setelah kebakaran
2. Kriteria retardansi api dan pengujian ACI 216R-oleh Lembaga pengujian terakreditasi



# RSNI3 Tanggungjawab Perencanaan untuk Proyek Beton Pracetak Arsitektural

## LATAR BELAKANG

1. Di Amerika 1990an komplikasi tanggungjawab
2. ASCE 1990 & ACI 1995
3. Kesimpulan → Berjalan bersama
4. Pihak terkait : arsitek/perencana, precaster, erector, kontraktor, otoritas legal
5. Perencanaan struktur selalu harus mempunyai tanggungjawab keseluruhan untuk desain struktural
6. Florida sudah punya prosedur legal

## TANGGUNG JAWAB UMUM

1. Arsitek :
  - a. konsep desain, geometri, material penutup, toleransi, karakteristik, performa, persyaratan inspeksi, pengujian spesifikasi proyek
  - b. Bersama struktur bertanggungjawab seluruh aspek desain termasuk kalkulasi dan gambar kerja
  - c. Dokumen kontrak
2. Struktur
3. Kontraktor utama
4. Precaster
5. Erector
6. Inspeksi

## TANGGUNG JAWAB UMUM

### 1. Arsitek :

- Elevasi, penampang dinding dan dimensi yang diperlukan untuk mendefinisikan ukuran dan bentuk dari pada masing-masing tipe berbeda dari panel dinding;
- Lokasi dan ukuran semua sambungan, baik real (fungsional) maupun tidak real (estetika). Sambungan antar unit harus didetail;
- Material dan penutup yang diperlukan untuk seluruh permukaan dengan indikasi jelas permukaan yang terekspos terhadap pemandangan;
- Detail sudut;
- Detail sambungan dan permukaan sambungan dengan material lainnya (berkoordinasi dengan kontraktor utama);
- Detail kondisi khusus atau tidak lazim, termasuk persyaratan kebakaran;
- Peraturan bangunan umum dan beban-beban rencana;
- Pembatasan lendutan; dan
- Toleransi dimensi tertentu untuk beton pracetak dan struktur penopang. Toleransi lokasi untuk perangkat keras kontraktor, persyaratan clearance dan toleransi ereksi untuk beton pracetak. Pengecualian terhadap toleransi industri dalam dokumen kontrak tidak disarankan.

## TANGGUNG JAWAB UMUM

2. Struktur :
  - a. Menjabarkan beban pada elemen pracetak, kriteria beban (kombinasi, angin, seismik) secara keseluruhan dan pengaruh urutan ereksi pracetak terhadap komponen secara individual
  - b. Bersama arsitek dan precaster berkoordinasi sebelum fabrikasi dan pemasangan
3. Kontraktor utama : tanggungjawab dan otoritas implementasi desain dalam dokumen kontrak : material penutup, alat, pengerjaan, pemeliharaan, persyaratan kualitas dan koordinasi semua pekerjaan
  - a. Precaster
  - b. Erector
  - c. Inspeksi

## TANGGUNG JAWAB UMUM

4. Precaster :
  - a. VE desain awal untuk efisiensi, kesempurnaan struktur dan kinerja
  - b. Gambar kerja, gambar ereksi, kalkulasi desain dilegalisasi oleh perencana khusus precaster
5. Erector : umumnya ditentukan kontraktor utama, apakah menyatu dengan precaster atau menjadi subkon tersendiri. Jika terpisah, harus ada koordinasi dengan precaster
6. Inspeksi : manual disiapkan oleh precaster untuk pemilik dan perencana struktur --? PCI Plant dan PCI Erector manual

## LAMPIRAN

1. Proses Penawaran
2. Langkah 1 : Verifikasi konsep dan sistem arsitek
3. Langkah 2 : Konferensi prapenawaran
4. Langkah 3 : Pemberian informasi yang dimasukkan dengan penawaran atau pascapenawaran
5. Langkah 4 : Konferensi prakonstruksi

Informasi kontrak yang disiapkan perencana	Tanggung jawab manufaktur beton pracetak
Opsi I	
Menyiapkan gambar dan spesifikasi komplit semua detail estetika, fungsi persyaratan struktural beserta dimensi	Manufaktur harus membuat gambar kerja ( gambar ereksi dan produksi) yang dibutuhkan dengan detail seperti ditunjukkan oleh perencana. Modifikasi dapat disarankan bahwa, menurut estimasi manufaktur akan meningkatkan kehematan, kesempurnaan struktural atau performa dari instalasi beton pracetak. Manufaktur harus mendapatkan persetujuan khusus untuk modifikasi semacam itu. Tanggung jawab penuh untuk desain beton pracetak, termasuk modifikasi tetap berada di pihak perencana. Usulan alternatif dari manufaktur harus cocok dengan kualitas yang diinginkan dan tetap memelihara parameter yang ditetapkan untuk proyek. Adalah cukup disarankan untuk memberikan pertimbangan kepada usulan yang demikian jika modifikasi disarankan untuk selaras dengan prosedur yang telah biasa dilakukan oleh manufaktur.
Opsi II	
Detailkan semua persyaratan estetika dan fungsional tetapi menyatakan hanya performa struktural yang disyaratkan dari pada unit-unit beton pracetak. Performa spesifik harus mencakup semua batasan kombinasi pembebanan bersama dengan titik aplikasi. Informasi ini harus disediakan sedemikian hingga semua detail dari pada unit dapat direncanakan tanpa merujuk kepada perilaku bagian struktur lainnya. Pembagian tanggung jawab perencanaan harus dinyatakan dengan jelas dalam kontrak.	Manufaktur memiliki dua alternatif: <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) Memasukkan gambar ereksi dan bentuk dengan detail yang diperlukan dan informasi desain untuk persetujuan dan tanggung jawab penuh dari pada perencana</li> <li>(b) Memasukkan gambar ereksi dan bentuk untuk persetujuan dan memikul tanggung jawab untuk perencanaan sebagian struktur; yaitu, unit-unit individual namun tidak untuk pengaruhnya terhadap bangunan. Perusahaan yang memilih alternatif ini dapat menyetempel sendiri gambar-gambar atau lewat perekayasa atau perekayasa komisioning untuk melakukan desain dan penyetempelan gambar-gambar.</li> </ol> Pilihan diantara kedua alternatif harus ditentukan antara perencana dan manufaktur mendahului penawaran dengan menyatakan secara jelas dalam spesifikasi untuk alokasi tanggung jawab desain. Pengalaman menunjukkan bahwa pembagian tanggung jawab desain dapat menimbulkan masalah kontraktual. Adalah penting bahwa alokasi tanggung jawab perencanaan dapat dimengerti dan dinyatakan secara jelas dalam dokumen kontrak.

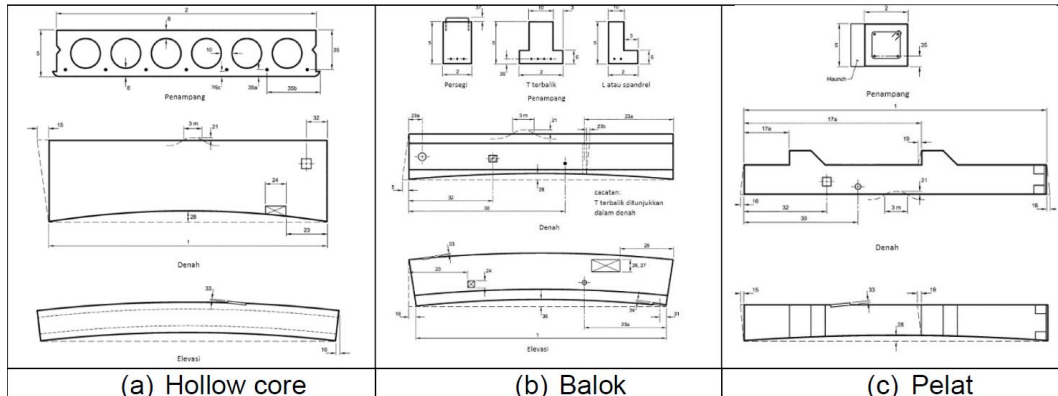
# 06-RSNI2 Komplementer

- RSNI2 Spesifikasi Toleransi untuk Beton Pracetak
- RSNI2 Tata Cara untuk Panel Dinding Beton Pracetak
- RSNI2 Persyaratan Perencanaan dari Dinding Geser Khusus Pracetak Paskatarik tanpa Lekatan yang memenuhi ACI ITG-5.1 (ACI ITG-5.2-09) dan Penjelasannya
- RSNI2 Kriteria Penerimaan untuk Uji Validasi Dinding Struktural Pracetak Khusus dengan Paskatarik tanpa Lekatan
- RSNI2 Pedoman pengujian elemen struktur beton bertulang terhadap simulasi beban gempa yang diterapkan secara lambat
- RSNI2 Standar Teknis Bangunan Desain Tahan Gempa Bumi
- Penerapan pada berberbagai struktur dinding pemikul pracetak di Indonesia

# RSNI2 Spesifikasi Toleransi untuk Beton Pracetak

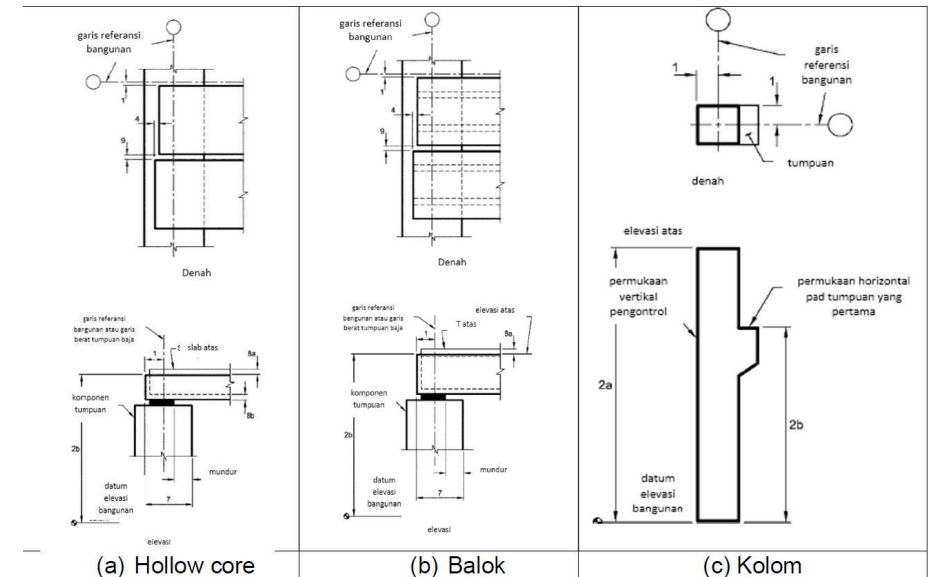
Tabel 3 Toleransi produk komponen struktural

Toleransi produk	Tipe produk											
	T Tunggal (Gbr 2.1)	T dobel (Gbr 2.2)	Slab HC (Gbr 2.3)	Balok silang (Gbr 2.4)	Balok dan spandrel (Gbr 2.5)	Kolom (Gbr 2.6)	Panel dinding berusuk (Gbr 2.7)	Panel dinding datar (Gbr 2.8)	Panel dinding HC (Gbr 2.9)	Unit Tangga (Gbr 2.10)	Peninggi stadium (Gbr 2.11)	Modul ruang (Gbr 2.12)
1. Deviasi dari panjang yang disyaratkan												
±10 mm												•
±13 mm			•			•	•	•	•	•	•	•
±20 mm					•							
±25 mm	•	•										
a. Perpanjangan balkon												
±6 mm												•
2. Deviasi dari lebar yang disyaratkan												
±6 mm	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
±10 mm												
±6 mm (modul tunggal)												•
±13 mm (modul dobel)												•



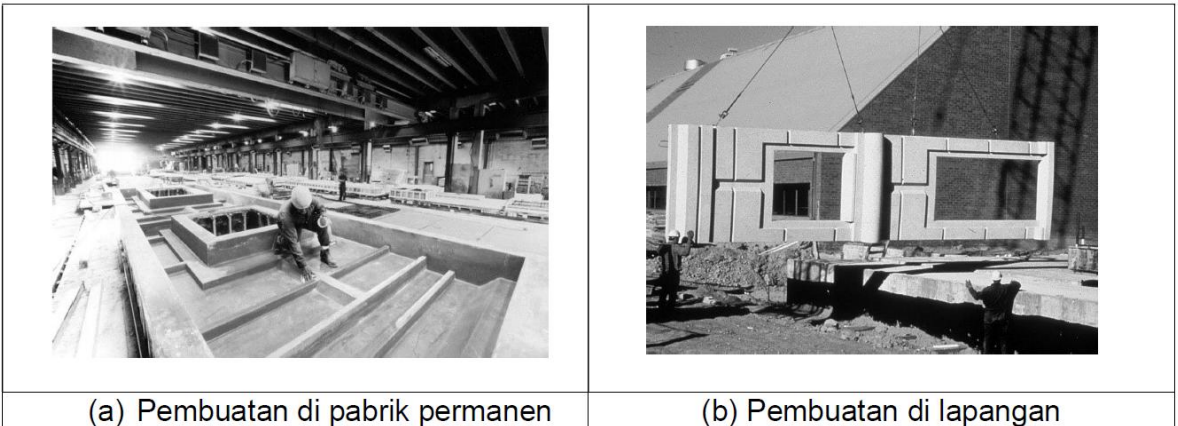
Tabel 4 Toleransi pemasangan produk komponen struktural

Toleransi Ereksi	Tipe produk											
	T Tunggal (Gbr 3.1)	T dobel (Gbr 3.1)	Slab HC (Gbr 3.2)	Joist (Gbr 3.1)	Balok dan spandrel (Gbr 3.3)	Kolom (Gbr 3.4)	Panel dinding berusuk (Gbr 3.5)	Panel dinding datar (Gbr 3.5)	Panel dinding HC (Gbr 3.5)	Unit Tangga (Gbr 3.6)	Peninggi stadium (Gbr 3.7)	Modul ruang (Gbr 3.8)
1. Deviasi dari dimensi horizontal antara permukaan atau garis vertikal dan garis referensi bangunan yang disyaratkan												
13 mm												
25 mm	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
a. Deviasi dari dimensi vertikal antara permukaan atau garis horizontal dan garis referensi bangunan yang disyaratkan												
±25 mm												•
2. Deviasi dari lebar yang disyaratkan												
a. Dari elevasi atas												
+6 mm, -13 mm												
10 mm												•
b. Dari permukaan horizontal												
Permukaan tumpuan birai jendela atau haunch												
+6 mm, -13 mm												
Pra-topping												
±6 mm	•	•										
±13 mm												•
Topping di lapangan atau tanpa topping												
±10 mm												•
±20 mm	•	•	•									



# RSNI2 Tata Cara untuk Panel Dinding Beton Pracetak

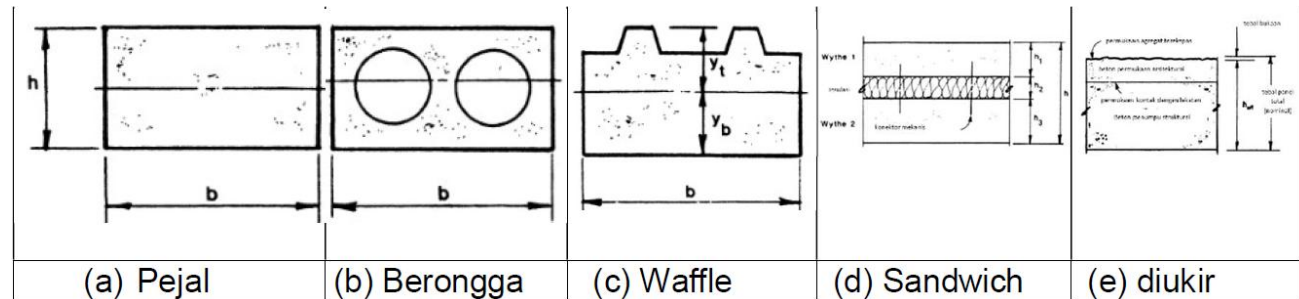
Standar ini memberikan penuntun untuk spesifikasi, desain, fabrikasi dan pemasangan panel dinding beton pracetak. Panel dinding pracetak umumnya yang diproduksi dalam plant pracetak yang sudah mantap, namun pracetak di lapangan merupakan opsi yang telah digunakan secara sukses, seperti terlihat pada Gambar 11. Panel dapat merupakan salah satu dari beberapa tipe berikut (a) padat, (b) sandwich, (c) berusuk, (d) berlubang, (e) diukir, seperti terlihat pada Gambar 12 Standar juga mengatur penggunaan prategang, desain struktural komponen, maupun penggunaan panel sebagai komponen dinding geser, dan panel ekspose agregat. Aspek-aspek yang dibahas dalam standar ini adalah desain struktural, toleransi, material, fabrikasi dan peangkutan panel, pemasangan, serta persyaratan kualitas dan pengujian



(a) Pembuatan di pabrik permanen

(b) Pembuatan di lapangan

Gambar 11 Standar untuk pembuatan panel

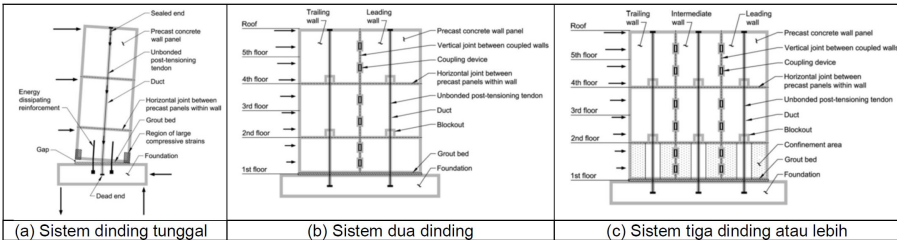


Gambar 12 Jenis panel yang diatur dalam standar

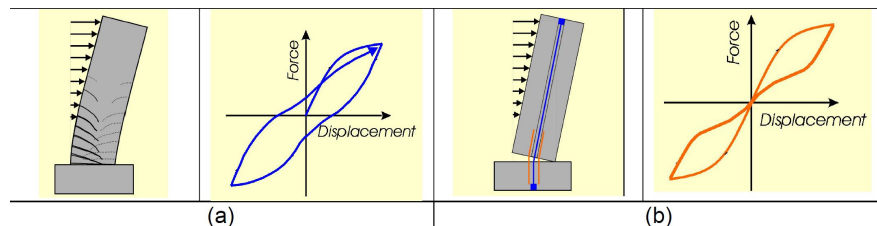
# RSNI2 Persyaratan Perencanaan dari Dinding Geser Khusus Pracetak Paskatarik tanpa Lekatan yang memenuhi ACI ITG-5.1 (ACI ITG-5.2-09) dan Penjelasannya

## 1. Material

- Tulangan paskatarik dapat menggunakan bar, dengan tendon yang harus terproteksi korosi
- Tulangan pratarik diperkenankan untuk perkuatan dinding
- Tulangan pendisipasi energi harus mengikuti ASTM A706 [6,5]
- Tautan penyambung (connection link) jika terpapar cuaca harus stainless steel mengacu ASTM A955 [7,9]
- Kuat tekan beton panel minimal  $f_c' = 28 \text{ MPa}$  [8]
- Grouting tidak susut harus mengandung serat sekurang-kurangnya 1% per volume sesuai ASTM C1107 [10]



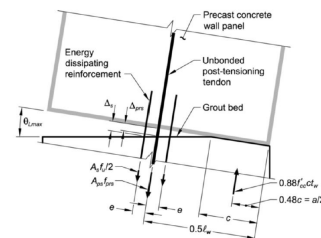
Gambar 6 Konsep Sistem Dinding Penumpu Pracetak Paskatarik tanpa Lekatan [1]



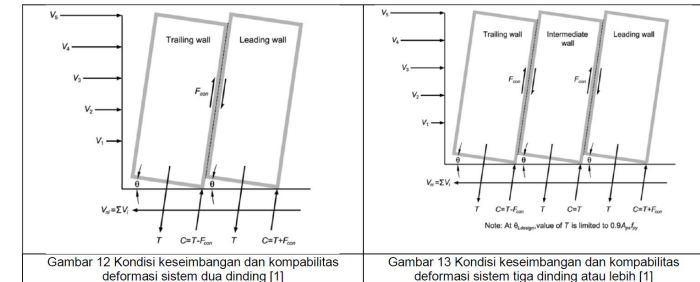
Gambar 7 Perbandingan perilaku dinding geser monolit (a) dan dinding geser pracetak paskatarik tanpa lekatan (b) [17]



Gambar 8 Pengujian dinding tunggal geser pracetak paskatarik tanpa lekatan [17]

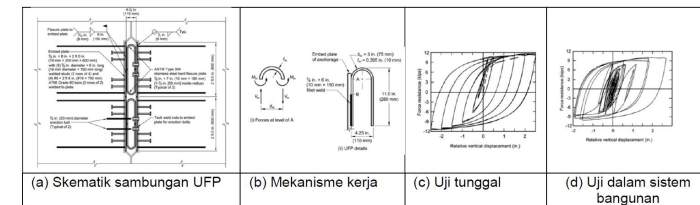


Gambar 11 Kondisi keseimbangan dan kompatibilitas deformasi untuk penentuan  $M_{pr}$  [1]



Gambar 12 Kondisi keseimbangan dan kompatibilitas deformasi sistem dua dinding [1]  
 Gambar 13 Kondisi keseimbangan dan kompatibilitas deformasi sistem tiga dinding atau lebih [1]

- Pada bagian tekan ujung bawah (toe) dinding-pondasi, harus diberi perkuatan yang cukup untuk mencegah kehancuran (crushing) dan kerontokkan (spalling) mengingat pada daerah tersebutlah terjadi konsentrasi tegangan terbesar.
- Salah satu contoh peralatan tautan penghubung antar dinding dan cara perencanaannya adalah yang dinamakan UFP (U Shape flexure plate). Alat ini terbuat pelat baja yang di lengkung 180 derajat dan dilaskan pada ujung-ujungnya pada pelat tertanam yang terangkup pada panel, seperti terlihat pada Gambar 14a. Detail mekanisme yang menjadi dasar perhitungan perencanaan dapat dilihat pada Gambar 14b, serta hasil uji elemen UFP tunggal pada Gambar 14c, dan hasil uji pada sistem PRESSS pada Gambar 14 d.



Gambar 14 Sistem sambungan antar panel UFP [1]

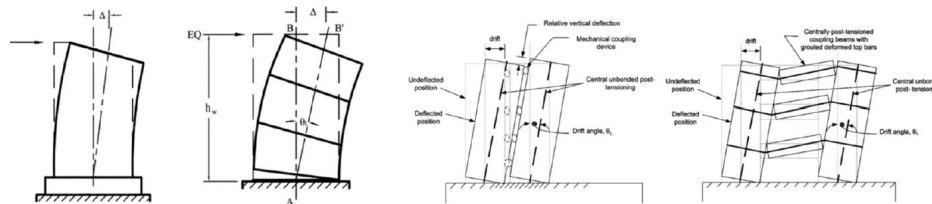
**18.2.1.7** Sistem struktur beton bertulang yang tidak memenuhi ketentuan pasal ini diizinkan jika dapat diperlihatkan melalui bukti eksperimental dan analisis bahwa sistem yang diusulkan tersebut memiliki kekuatan dan ketegaran (*toughness*) yang minimal sama dengan yang dimiliki struktur beton bertulang monolit setara yang memenuhi ketentuan pasal ini.

# RSNI2 Kriteria Penerimaan untuk Uji Validasi Dinding Struktural Pracetak Khusus dengan Paskatarik tanpa Lekatan

**18.2.1.7** Sistem struktur beton bertulang yang tidak memenuhi ketentuan pasal ini diizinkan jika dapat diperlihatkan melalui bukti eksperimental dan analisis bahwa sistem yang diusulkan tersebut memiliki kekuatan dan ketegaran (*toughness*) yang minimal sama dengan yang dimiliki struktur beton bertulang monolit setara yang memenuhi ketentuan pasal ini.

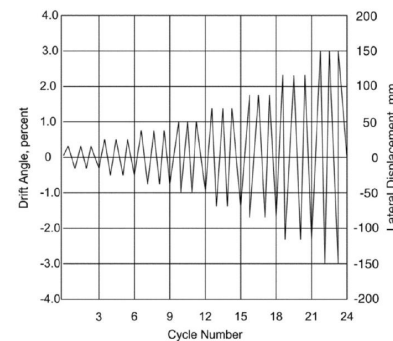
ACI ITG-5.1 memberikan informasi serupa untuk sistem dinding pracetak.

Standar ini dapat diterapkan pada baik pada dinding berangklai atau tidak berangklai dengan rasio tinggi terhadap panjang dinding  $h_w / l_w \geq 0.5$ , dan juga pada dinding yang secara efektif menerus dari dasar sampai atap dinding yang direncanakan mempunyai satu penampang kritis untuk beban lentur dan aksial, seperti terlihat pada Gambar 1. Standar ini mengatur beberapa hal penting sebagai berikut yaitu : pembuatan prototipe struktur, pembuatan modul uji, metoda uji, kriteria penerimaan modul uji, dan laporan pengujian



Gambar 1 Variasi tipologi dinding pracetak [2]

Metoda uji harus berisikan serangkaian siklus kontrol perpindahan dengan sudut drift yang didefinisikan pada Gambar 2, Tiga siklus penuh bolak-balik harus diterapkan pada tiap sudut drift. Kapasitas perpindahan aktuator harus cukup untuk mendapatkan sudut drift sampai +/- 0.04 radian. Beban maksimum dari tiga siklus pertama tidak boleh melebihi 0.6  $E_{nt}$ . Harga sudut drift pada tiga siklus yang berurutan ke sudut drift maksimum baru tidak kurang dari 5/4 kali, dan tidak melebihi 3/2 kali, dari sudut drift maksimum sebelumnya. Untuk sudut drift awal dan berikutnya sampai beban kurang dari 0.6  $E_{nt}$ , dapat diijinkan untuk menggunakan sudut drift siklus selanjutnya tidak lebih dari 2.5 kali sudut sebelumnya.



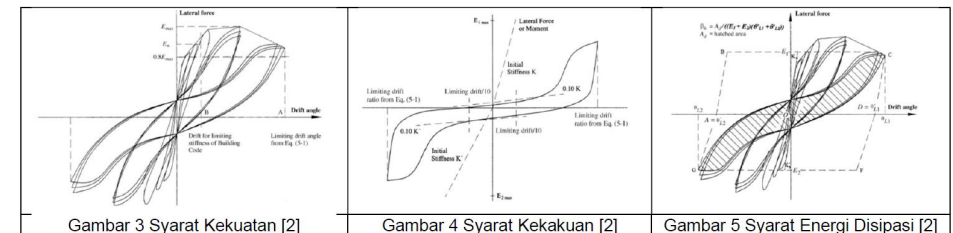
Gambar 2 Siklus kontrol perpindahan [2]

Pengujian harus dilanjutkan sampai kegagalan modul atau mencapai sudut drift, dalam persen, melampaui harga

$$0.9 \leq 0.8 [h_w/l_w] + 0.5 \leq 3.0 \quad (1)$$

Kriteria penerimaan modul uji adalah kriteria ketegaran dan komabilitas struktur:

- Kriteria kekuatan, seperti terlihat pada Gambar 3
  - Kuat puncak lateral  $E_{max}$  sekurang-kurangnya 0.9  $E_{pr}$  dan tidak lebih dari 1.2  $E_{pr}$ .  $E_{pr}$  adalah ketahanan lateral yang dapat terjadi dari modul uji pada beban puncak. Semua data untuk menghitung  $E_{pr}$  adalah data yang diperoleh dari pengukuran.
  - Pada perpindahan satu setengah dari perpindahan sudut yang ditentukan, gaya dari tiap tendon paskatarik vertikal harus tidak melebihi 0.90 kali dari kuat leleh yang diukur dari kabel prategang dari tendon pada elongasi 1%.
  - Dalam siklus menuju sudut drift puncak, keruntuhan tulangan atau elemen perangkai, atau degradasi kekuatan yang signifikan, tidak boleh terjadi. Selanjutnya, baik untuk penambahan atau pengurangan sudut drift, untuk tiap urutan tiga siklus puncak sudut drift yang lebih besar dari  $E_{max}$ , beban lateral puncak dari tiap siklus tidak boleh kurang dari 0.8  $E_{max}$  untuk arah pembebanan yang sama.
- Kekakuan sekan antara sudut drift dari -1/10 dan 1/10 dari sudut drift maksimum yang diterapkan tidak boleh kurang dari 0.1 kali kekakuan dari sudut drift awal, seperti terlihat pada Gambar 4
- Rasio disipasi energi relatif tidak boleh kurang dari 1/8 seperti terlihat pada Gambar 5
- Perpindahan relatif maksimum antara dasar dinding dan pondasi (slip geser) dan perpindahan relatif maksimum sepanjang join horisontal antar panel pracetak di sepanjang ketinggian dinding tidak boleh melebihi 1.5 mm



Gambar 3 Syarat Kekuatan [2]

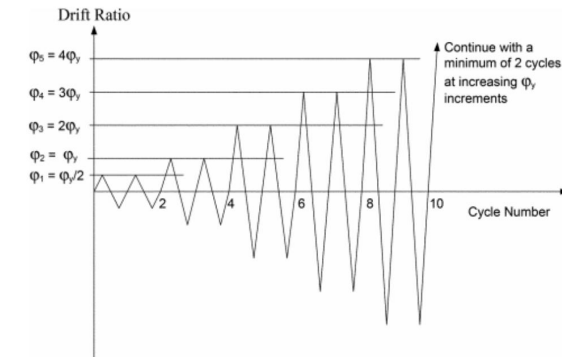
Gambar 4 Syarat Kekakuan [2]

Gambar 5 Syarat Energi Disipasi [2]

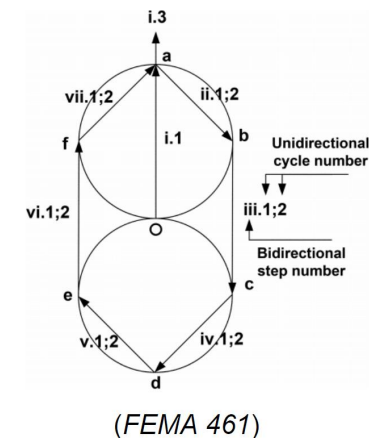
# RSNI2 Pedoman pengujian elemen struktur beton bertulang terhadap simulasi beban gempa yang diterapkan secara lambat

Tabel 3. Level kinerja struktur dan kerusakan (ASCE/SEI 41)

Level kinerja	Jenis elemen struktur	Rangka struktur gedung	Dinding struktur gedung
<b>Operasional</b>		Minor hairline cracks; no concrete crushing and permanent deformation.	Minor hairline cracks; no concrete crushing and permanent deformation.
<b>Okupansi segera</b>	Utama	Minor hairline cracking; limited yielding possible at a few locations; no crushing (strains below 0.003).	Minor hairline cracking of walls less than 1/16 in. (1.6 mm) wide; coupling beams experience cracking less than 1/8 in. (3.2 mm) wide.
	Sekunder	Minor spalling in a few places in ductile columns and beams; flexural cracking in beams and columns; shear cracking in joints less than 1/16 in. (1.6 mm) wide.	Minor hairline cracking of walls; some evidence of sliding at construction joints; coupling beams experience cracks less than 1/8 in. (3.2 mm) wide; minor spalling.
	<i>Drift</i>	1 percent transient, negligible permanent	0.5 percent transient, negligible permanent
<b>Keselamatan jiwa</b>	Utama	Extensive damage to beams; spalling of cover and shear cracking less than 1/8 in. (3.2 mm) wide for ductile columns; minor spalling in nonductile columns; joint cracks less than 1/8 in. (3.2 mm) wide.	Some boundary element stress, including limited buckling of reinforcement; some sliding at joints; damage around openings; some crushing and flexural cracking; coupling beams: extensive shear and flexural cracks; some crushing, but concrete generally remains in place.
	Sekunder	Extensive cracking and hinge formation in ductile elements; limited cracking, splice failure, or both, in some nonductile columns; severe damage in short columns.	Major flexural and shear cracks; sliding at joints; extensive crushing; failure around openings; severe boundary element damage; coupling beams shattered and virtually disintegrated.
	<i>Drift</i>	2 persen sementara, 1 persen permanen	1 persen sementara, 0,5 persen permanen
<b>Pencegahan keruntuhan</b>	Primary	Extensive cracking and hinge formation in ductile elements; limited cracking, splice failure, or both, in some nonductile columns; severe damage in short columns.	Major flexural and shear cracks and voids; sliding at joints; extensive crushing and buckling of reinforcement; failure around openings; severe boundary element damage; coupling beams shattered and virtually disintegrated.
	Secondary	Extensive spalling in columns (limited shortening) and beams; severe joint damage; some reinforcing buckled.	Panels shattered and virtually disintegrated.
	<i>Drift</i>	4 percent transient or permanent	2 percent transient or permanent



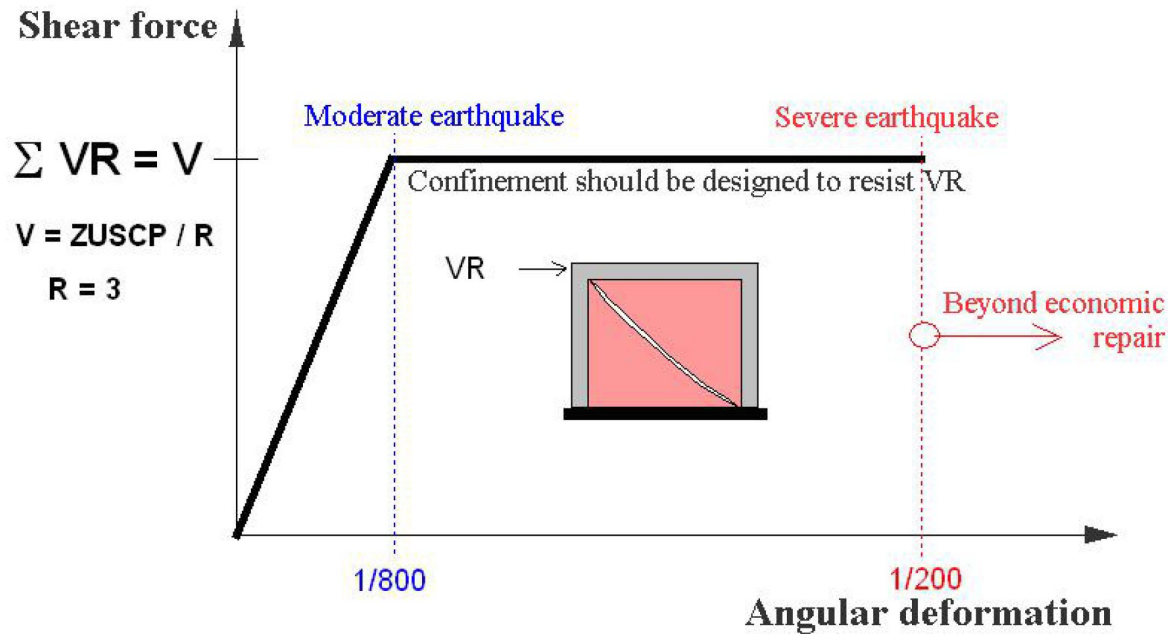
Gambar 5.2 Riwayat deformasi untuk pengujian pada pembalikan beban searah



Gambar 5.3 Pola Orbital

untuk pemuatan dua arah

# RSNI2 Standar Teknis Bangunan Desain Tahan Gempa Bumi



Dinding struktural diharapkan berperilaku elastis ketika distorsi sudut (*drift lateral*) kurang dari 1/800. Retak diagonal pada dinding pasangan bata terjadi pada level *drift* ini dan gaya geser yang sesuai diambil oleh elemen pengekang RC, yang harus dirancang untuk tujuan ini. Tes laboratorium telah menunjukkan bahwa: 1) kerusakan dapat diperbaiki secara ekonomi untuk *drift lateral* yang lebih kecil dari 1/200; dan 2) tidak ada pengurangan kekuatan lateral ketika elemen pengekang dirancang untuk menahan beban yang menyebabkan retak diagonal dinding ( $V_m$ ). Juga, penjumlahan kekuatan dinding pasangan bata yang dibatasi pada setiap arah bangunan ( $\Sigma V_m$ ) harus setidaknya sama dengan beban geser dasar gempa ( $V$ ). Gambar. 7 mengilustrasikan pertimbangan desain, di mana  $V$  adalah geser dasar desain seismik,  $Z$  adalah percepatan tanah menurut zona;  $U$  adalah faktor penting;  $S$  adalah faktor tanah;  $C$  sedang membangun koefisien respons;  $P$  adalah berat bangunan;  $R$  adalah faktor reduksi (sama dengan 3 untuk semua jenis pasangan bata).

Sudah diterima secara luas bahwa bangunan yang terbuat dari dinding pasangan bata yang terbatas akan menunjukkan kegagalan geser, terutama pada tingkat yang lebih rendah, ketika mengalami gempa bumi yang parah, karena deformasi geser yang dominan pada deformasi lentur. Perilaku ini telah diamati dalam gempa bumi nyata serta dalam studi eksperimental, baik di dinding tunggal yang mengalami beban lateral siklik dan bangunan setengah-skala 3 lantai yang diuji di atas meja bergetar. Meskipun secara umum kegagalan geser dianggap rapuh, pasangan bata terbatas dapat menunjukkan perilaku daktil asalkan elemen pengekang dirancang dengan benar dan mampu menahan kekuatan geser  $V_m$ .

Prosedur desain untuk gaya seismik dalam pesawat didasarkan pada sejumlah uji eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Struktur PUCP, analisis teoretis, dan perilaku bangunan yang diamati selama gempa bumi di Peru dan negara-negara lain. Prosedur ini mempertimbangkan desain berbasis kinerja untuk dua tahap berikut: 1) dinding akan menunjukkan perilaku elastis selama gempa bumi sedang dan sering; dan 2) kegagalan geser ulet yang dapat diperbaiki akan terjadi untuk gempa bumi yang parah (tanpa kehilangan kapasitas muatan lateral).



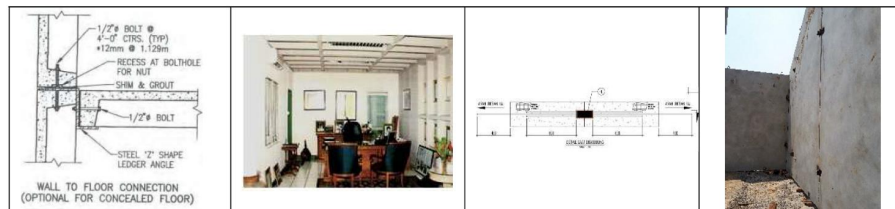
# Penerapan pada berbagai struktur dinding pemikul pracetak di Indonesia



Gambar 20 Penerapan sistem dinding penumpu pada rumah susun 1995- 2002 [19,15,14]



Gambar 21 Penerapan sistem dinding penumpu pada rumah tapak subsidi 2018



(a) Sambungan baut [19]

(b) Sambunga pelat join tertanam

Gambar 15 Sistem sambungan kering yang dikembangkan di Indonesia



(a) Sambungan splice sleeve [20]

(b) Sambungan ankur lewatan [14]

Gambar 16 Sistem sambungan basah yang dikembangkan di Indonesia

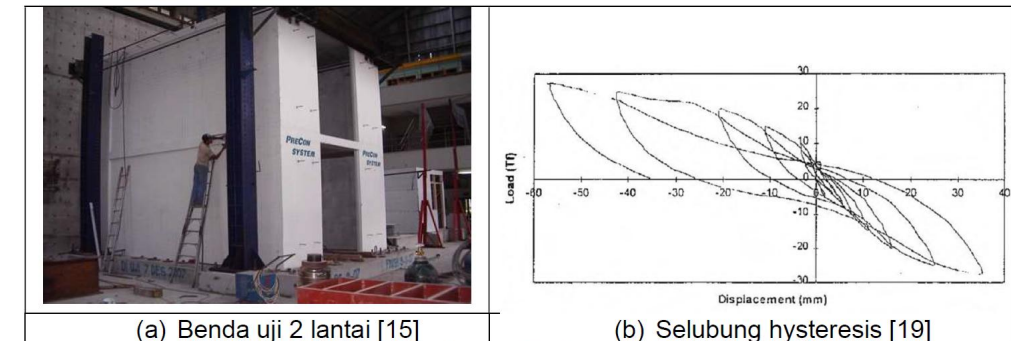


(a) Rumah tinggal

(b) Gedung bertingkat medium

(c) Gedung bertingkat tinggi

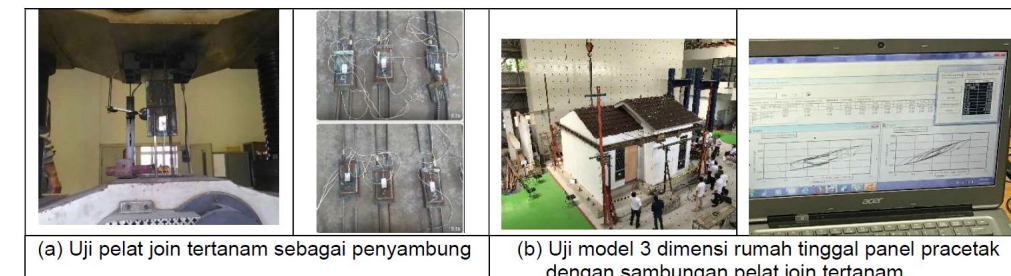
Gambar 17 Pengembangan sistem dinding penumpu pracetak tahun 2018



(a) Benda uji 2 lantai [15]

(b) Selubung hysteresis [19]

Gambar 18 Pengujian sistem dinding penumpu 1995 – 2007



(a) Uji pelat join tertanam sebagai penyambung

(b) Uji model 3 dimensi rumah tinggal panel pracetak dengan sambungan pelat join tertanam

Gambar 19 Pengujian sistem dinding penumpu 2018

# Penerapan pada berbagai struktur dinding pemikul pracetak di Indonesia

LHU NO: 71-S/LHU/LB.14/2018

## LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Uji Statik Lateral Siklik  
Struktur Dinding Geser Pracetak Rumah Satu Lantai  
(PERUMNAS)



Bandung, September 2018

*TIM PENELITI*  
*PUSLITBANG PERUMAHAN DAN PERMUKIMAN*

 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
LABORATORIUM PENGUJIAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERUMAHAN DAN PERMUKIMAN  
Jl. Panyusunan - Cileunyi Wetan - Kabupaten Bandung 40393  
Telp: (022) 7798393 (4lines) Fax: (022) 7798392 E-mail: [info@puskim.pu.go.id](mailto:info@puskim.pu.go.id) Website: <http://puskim.pu.go.id>

No. LHU: 20-S/LHU/Lb.14/2019

## LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Uji Statik Lateral Siklik  
Struktur Bangunan Gedung Dua Lantai dengan Dinding Geser  
Pracetak  
(PT. MODERN PANEL)



Bandung, Maret 2019

*TIM PENELITI*  
*PUSLITBANG PERMUKIMAN*

 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
LABORATORIUM PENGUJIAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERUMAHAN DAN PERMUKIMAN  
Jl. Panyusunan - Cileunyi Wetan - Kabupaten Bandung 40393  
Telp: (022) 7798393 (4lines) Fax: (022) 7798392 E-mail: [info@puskim.pu.go.id](mailto:info@puskim.pu.go.id) Website: <http://puskim.pu.go.id>

LHU NO.: 21-S/LHU/Lb.14/2019

## LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Uji Statik Lateral Siklik  
Struktur Bangunan Gedung Dua Lantai dengan Dinding Geser Pracetak  
(PT. REKA ENJINERING INDONESIA)



Bandung, Maret 2019

*TIM PENELITI*  
*PUSLITBANG PERMUKIMAN*

 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
LABORATORIUM PENGUJIAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERUMAHAN DAN PERMUKIMAN  
Jl. Panyusunan - Cileunyi Wetan - Kabupaten Bandung 40393  
Telp: (022) 7798393 (4lines) Fax: (022) 7798392 E-mail: [info@puskim.pu.go.id](mailto:info@puskim.pu.go.id) Website: <http://puskim.pu.go.id>



# 07 - Penutup

# VI. Penutup

- Regulasi SNI Komplementer Pracetak dan Prategang diperlukan untuk melengkapi SNI 2847:2019 dan SNI 1729:2019, sebagaimana ACI komplementer yang melengkapi ACI 318-14 yang menjadi referensi SNI 2847:2019
- Referensi SNI komplementer umumnya diambil dari ACI komplementer terkait, dengan pengecualian untuk desain dan uji sistem dinding pemikul untuk non-engineering building (rumah tinggal 1 – 2 lantai)
- Di lapangan regulasi komplementer ini sebagian besar sudah diterapkan, sehingga perlu diketahui oleh anggota IAPPI yang akan memegang SKA

# Epilog

- Sistem Pracetak dalam SNI 1729, dari sejak SNI 03-1729-2002 sampai SNI 1729:2019 masuk dalam Tabel R, Cd,  $\Omega_0$  Sistem Pemikul Gaya Seismik

Tabel 12 – Faktor R,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D*	E*	F*
<b>A. Sistem dinding penumpu</b>								
1. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>gh</sup>	5	2½	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>g</sup>	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail <sup>g</sup>	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa <sup>g</sup>	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah <sup>g</sup>	4	2½	4	TB	TB	12'	12'	12'
6. Dinding geser pracetak biasa <sup>g</sup>	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	2½	2½	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	1½	TB	48	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
11. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
<b>B. Sistem rangka bangunan</b>								
1. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2½	2	TB	10	TI	TI	TI
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditunjukkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
16. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditunjukkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2	TB	TB	10	TI	TI
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canal dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3½	TB	TB	20	20	20
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10'	TI*	TI*
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI'	TI'	TI'
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>gh</sup>	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pambautan <sup>g</sup>	3½	3 <sup>g</sup>	3½	10	10	10	10	10
<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan</b>								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>gh</sup>	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>g</sup>	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel 12 – Faktor R,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D*	E*	F*
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
<b>E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan</b>								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus <sup>g</sup>	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI
2. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>gh</sup>	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5½	2½	4½	TB	TB	48	30	TI
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3½	2½	3	TB	TB	TI	TI	TI
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>g</sup>	5½	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
<b>F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa<sup>g</sup></b>								
	4½	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
<b>G. Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk:</b>								
1. Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	2½	1½	2½	10	10	10	10	10
2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	1½	1½	1½	10	10	TI'	TI'	TI'
3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>gh</sup>	2½	1½	2½	10	10	10	10	10
4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1½	1½	1½	10	10	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1½	1	10	TI	TI	TI	TI
6. Rangka kayu	1½	1½	1½	10	10	10	TI	TI
<b>H. Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismik, tidak termasuk sistem kolom kantilever</b>								
	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

Tabel 12 – Faktor R,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D*	E*	F*
<b>CATATAN</b>								

Pengaturan yang lebih detail dilakukan dalam SNI 2847:2019

# Epilog

## • Persyaratan Struktur Pracetak Tahan Gempa pada Pasal 18 SNI 2847:2019

### 18.2 - Umum

#### 18.2.1 Sistem Struktur

**18.2.1.1** Semua struktur harus dikenakan suatu kategori desain seismik (KDS) sesuai 4.4.6.1.

**18.2.1.2** Semua komponen struktur harus memenuhi persyaratan Pasal 1 hingga 17 dan Pasal 19 hingga 26. Struktur yang dikenakan KDS B, C, D, E, atau F juga harus memenuhi 18.2.1.3 hingga 18.2.1.7, sesuai keberlakuannya. Bila Pasal 18 bertentangan dengan pasal lain pada standar ini, maka Pasal 18 yang harus diikuti.

**18.2.1.3** Struktur yang dikenakan KDS B harus memenuhi 18.2.2.

**18.2.1.4** Struktur yang dikenakan KDS C harus memenuhi 18.2.2 dan 18.2.3.

**18.2.1.5** Struktur yang dikenakan KDS D, E, atau F harus memenuhi 18.2.2 hingga 18.2.8, dan 18.12 hingga 18.14.

**18.2.1.6** Sistem-sistem struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem pemikul gaya seismik harus dibatasi hanya untuk

### R18.2 - Umum

Struktur yang masuk dalam KDS A tidak perlu memenuhi Pasal 18 tetapi harus memenuhi semua persyaratan lain yang berlaku dalam standar ini. Struktur yang masuk dalam KDS B hingga F harus memenuhi persyaratan Pasal 18 sebagai tambahan terhadap semua persyaratan lainnya yang berlaku dalam standar ini.

Pasal 18.2.1.3 hingga 18.2.1.5 mengidentifikasi bagian-bagian Pasal 18 yang berlaku untuk bangunan berdasarkan KDS-nya, terlepas dari elemen-elemen vertikal yang menjadi bagian dari sistem pemikul gaya seismik yang dipilih. Definisi elemen vertikal yang diizinkan sebagai bagian dari sistem pemikul gaya seismik terdapat dalam SNI 1726. Penjelasan R18.2 selebihnya merangkum maksud SNI 2847 terkait tipe elemen vertikal yang diizinkan pada gedung berdasarkan KDS-nya. Pasal 18.2.1.6 mendefinisikan persyaratan untuk elemen vertikal yang menjadi bagian sistem pemikul gaya seismik.

Persyaratan desain dan pendetailan seharusnya disesuaikan dengan tingkat respons inelastik yang diasumsikan dalam perhitungan gaya gempa desain. Istilah "biasa", "menengah" dan "khusus"

### STANDAR

sistem-sistem struktur yang telah ditetapkan dalam SNI 1726, atau ditentukan oleh pihak lain yang berwenang. Kecuali untuk KDS A, dimana Pasal 18 tidak berlaku, a) hingga h) di bawah ini harus dipenuhi untuk setiap sistem struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem pemikul gaya seismik, sebagai tambahan terhadap 18.2.1.3 hingga 18.2.1.5:

- Sistem rangka pemikul momen biasa harus memenuhi 18.3.
- Dinding struktural beton bertulang biasa tidak perlu memenuhi ketentuan pendetailan Pasal 18, kecuali yang disyaratkan oleh 18.2.1.3 atau 18.2.1.4.
- Sistem rangka pemikul momen menengah harus memenuhi 18.4
- Dinding struktural pracetak menengah harus memenuhi 18.5.
- Sistem rangka pemikul momen khusus harus memenuhi 18.2.3 hingga 18.2.8 dan 18.6 hingga 18.8.
- Sistem rangka pemikul momen khusus untuk beton pracetak harus memenuhi 18.2.3 hingga 18.2.8 dan 18.9.
- Dinding struktural khusus harus memenuhi 18.2.3 hingga 18.2.8 dan 18.10.
- Dinding struktural khusus untuk beton pracetak harus memenuhi 18.2.3 hingga 18.2.8 dan 18.11.

### PENJELASAN

digunakan untuk memfasilitasi kesesuaian antara pendetailan dengan tingkat respons inelastik yang diasumsikan. Untuk setiap elemen atau sistem struktur yang digunakan, istilah "biasa", "menengah" dan "khusus" mengandung makna adanya peningkatan persyaratan pendetailan dan perancangan agar kapasitas deformasi meningkat sesuai yang diharapkan. Struktur yang masuk dalam KDS B tidak diharapkan terkena guncangan tanah yang kuat, tetapi mungkin terkena guncangan yang rendah pada interval waktu yang panjang. Standar ini menyediakan beberapa persyaratan untuk elemen balok dan kolom pada sistem rangka pemikul momen biasa agar kapasitas deformasi meningkat.

Struktur yang masuk dalam KDS C dapat terkena guncangan tanah menengah (*moderately strong*). Sistem pemikul gaya seismik yang dipilih, lazimnya terdiri dari beberapa kombinasi dinding struktural biasa cor ditempat, dinding struktural pracetak menengah, dan rangka pemikul momen menengah. SNI 1726 juga memberikan ketentuan untuk penggunaan sistem pemikul gaya seismik lainnya dalam KDS C. Ketentuan 18.2.1.6 mendefinisikan persyaratan untuk sistem apapun yang dipilih.

Struktur yang masuk dalam KDS D, E atau F dapat terkena guncangan tanah

# Epilog

## Persyaratan Struktur Pracetak Tahan Gempa pada Pasal 18 SNI 2847:2019

10.2.0 dan 10.11.

**18.2.1.7** Sistem struktur beton bertulang yang tidak memenuhi ketentuan pasal ini diizinkan jika dapat diperlihatkan melalui bukti eksperimental dan analisis bahwa sistem yang diusulkan tersebut memiliki kekuatan dan ketegaran (*toughness*) yang minimal sama dengan yang dimiliki struktur beton bertulang monolit setara yang memenuhi ketentuan pasal ini.

Struktur yang masuk dalam KDS D, E atau F dapat terkena guncangan tanah yang kuat. Berdasarkan ketentuan SNI ini, sistem struktur beton pemikul gaya seismik yang berlaku untuk KDS D, E atau F adalah rangka pemikul momen khusus, dinding struktural khusus atau kombinasi keduanya. Sebagai tambahan terhadap 18.2.2 hingga 18.2.8, sistem struktur tersebut juga diperlukan untuk memenuhi persyaratan inspeksi rutin (26.13.1.4), diafragma dan rangka batang (18.12), fondasi (18.13), dan elemen-elemen pemikul gaya gravitasi yang tidak ditetapkan sebagai bagian dari sistem pemikul gaya seismik (18.14). Ketentuan ini diberlakukan agar struktur memiliki kapasitas deformasi yang memadai untuk menghadapi tuntutan yang tinggi pada kategori desain seismik ini.

SNI 1726 juga mengizinkan penggunaan rangka pemikul momen menengah sebagai bagian dari sistem ganda untuk beberapa

**Tabel R18.2 – Bagian pasal 18 yang harus dipenuhi dalam penerapan pada umumnya <sup>[1]</sup>**

Komponen yang menahan pengaruh gempa, kecuali jika dinyatakan sebaliknya	Kategori Desain Seismik			
	A (Tidak ada)	B (18.2.1.3)	C (18.2.1.4)	D, E, F (18.2.1.5)
Persyaratan analisis dan desain		18.2.2	18.2.2	18.2.2, 18.2.4
Material		Tidak ada	Tidak ada	18.2.5 hingga 18.2.8
Komponen sistem rangka pemikul momen		18.3	18.4	18.6 hingga 18.9
Dinding struktural dan balok kopel		Tidak ada	Tidak ada	18.10
Dinding struktural pracetak	Tidak ada	Tidak ada	18.5	18.5 <sup>[2]</sup> , 18.11
Diafragma dan rangka batang ( <i>trusses</i> )		Tidak ada	Tidak ada	18.12
Fondasi		Tidak ada	Tidak ada	18.13
Komponen struktur rangka pemikul momen yang tidak ditetapkan sebagai sistem pemikul gaya seismik		Tidak ada	Tidak ada	18.14
Angkur		Tidak ada	18.2.3	18.2.3

<sup>[1]</sup> Sebagai tambahan terhadap persyaratan Pasal 1 hingga 17, 19 hingga 26, dan ACI 318.2, kecuali yang dimodifikasi oleh Pasal 18. Pasal 14.1.4 juga berlaku pada KDS D, E, dan F

<sup>[2]</sup> Sebagaimana diizinkan oleh SNI 1726

# Epilog

- Apakah ada batas ketinggian untuk Sistem Pracetak dalam SNI 1726:2019 ?

Tabel 12 – Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>d</sup>					
				Kategori desain seismik					
				B	C	D*	E*	F*	
<b>A. Sistem dinding penumpu</b>									
1. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>9h</sup>	5	2½	5	TB	TB	48	48	30	
2. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>9</sup>	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI	
3. Dinding geser beton polos didetail <sup>9</sup>	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI	
4. Dinding geser beton polos biasa <sup>9</sup>	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI	
5. Dinding geser pracetak menengah <sup>9</sup>	4	2½	4	TB	TB	12'	12'	12'	
6. Dinding geser pracetak biasa <sup>9</sup>	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI	
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30	
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	2½	2½	TB	TB	TI	TI	TI	
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	1½	TB	48	TI	TI	TI	
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI	
11. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI	
12. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI	
13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2½	2	TB	10	TI	TI	TI	
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI	
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditunjukkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20	
16. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditunjukkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20	
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2	TB	TB	10	TI	TI	
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canal dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3½	TB	TB	20	20	20	
<b>B. Sistem rangka bangunan</b>									
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30	
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30	
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3½	2	3½	TB	TB	10'	10'	TI'	
4. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>9h</sup>	6	2½	5	TB	TB	48	48	30	
5. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>9</sup>	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI	
6. Dinding geser beton polos detail <sup>9</sup>	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI	
7. Dinding geser beton polos biasa <sup>9</sup>	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI	
8. Dinding geser pracetak menengah <sup>9</sup>	5	2½	4½	TB	TB	12'	12'	12'	
9. Dinding geser pracetak biasa <sup>9</sup>	4	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI	
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30	
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4½	TB	TB	48	48	30	
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI	
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6½	2½	5½	TB	TB	48	48	30	
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30	
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI	
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4	TB	TB	48	48	30	
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI	
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2	TB	48	TI	TI	TI	

Tabel 12 – Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>d</sup>					
				Kategori desain seismik					
				B	C	D*	E*	F*	
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI	
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI	
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI	
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22	
23. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22	
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB	
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30	
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30	
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>									
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI	
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10'	TI'	TI'	
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI'	TI'	TI'	
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>9h</sup>	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI	
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI	
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI	
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI	
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI	
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan <sup>9</sup>	3½	3 <sup>9</sup>	3½	10	10	10	10	10	
<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan</b>									
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
3. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>9h</sup>	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
4. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>9</sup>	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI	
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB	
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB	
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB	
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI	
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB	
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI	
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB	
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB	

Tabel 12 – Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>d</sup>					
				Kategori desain seismik					
				B	C	D*	E*	F*	
<b>E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan</b>									
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus <sup>9h</sup>	6	2½	5	TB	TB	48	48	30	
2. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>9h</sup>	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30	
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI	
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI	
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5½	2½	4½	TB	TB	48	30	TI	
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3½	2½	3	TB	TB	TI	TI	TI	
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI	
8. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>9</sup>	5½	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI	
<b>F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa<sup>9</sup></b>									
4½	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI	TI	
<b>G. Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk:</b>									
1. Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	2½	1½	2½	10	10	10	10	10	
2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	1½	1½	1½	10	10	TI'	TI'	TI'	
3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>9h</sup>	2½	1½	2½	10	10	10	10	10	
4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1½	1½	1½	10	10	TI	TI	TI	
5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1½	1	10	TI	TI	TI	TI	
6. Rangka kayu	1½	1½	1½	10	10	10	TI	TI	
<b>H. Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismik, tidak termasuk sistem kolom kantilever</b>									
3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI	TI	

**CATATAN**

Batas ketinggian tergantung dari sifat sistem pracetak (SPRMK/SPRMM/SPRD atau SDK SDM/SDB, Dual system).

Anggota IAPPI yang sudah ber SKA harus bisa mensosialisasikan ini tanpa keraguan