

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

Oleh:

*Prof. Ir. Binsar Hariandja, M.Eng., Ph.D*

*DR.Ir. Hari Nugraha Nurjaman,MT*

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

*Ir. Sutadji Yuwasdiki, Dipl. E. Eng*

*Ir. HR. Sidjabat, MPCI*

*Ir. Felicia Simarmata*

*Ir. Ryanto Rivky*

*Ir. Yesualdus Put*

**IAPPI**  
**IKATAN AHLI PRACETAK DAN PRATEGANG INDONESIA**  
**INDONESIAN ASSOCIATION OF PRECAST AND PRESTRESSED ENGINEERS**

Home

About Us

Organization

Activities

Gallery »

Individual Member

Partners

Paper

Contact Us »

JUN  
13

Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jalan Layang Non Tol DKI Jakarta dengan Menggunakan Box Girder Segmental Pracetak dan Prategangan sebagai Metode

JUN  
13

Galeri Video

**ANALISIS KEBIJAKAN PENDAYAGUNAAN TEKNOLOGI DAN SPESIFIKASI TEKNIS PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN SEWA**

**FOCUS GROUP DISCUSSION I KEMENTERIAN PERUMAHAN RAKYAT BUKIT INDAH PUNCAK HOTEL CIOTO**

19 - 21 JUNI 2014

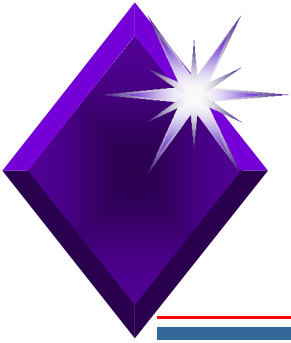
29 April 2014

JUN  
13

Keang Sapta Taruna Kementerian Pekerjaan Umum dan Pengerahan dan

APR  
02

gembangan Produk dan Pracetak dan

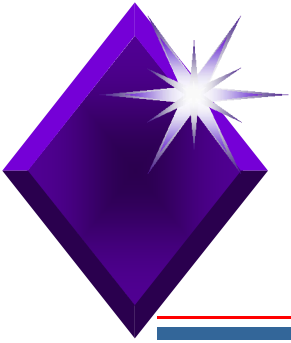


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

## **LINGKUP SAJIAN :**

- Lingkup/Judul
- Relevansi penyusunan SNI
- Kondisi Saat Ini
- Alternatif penyusunan
- SNI Indonesia yang baru
- Korespondensi SNI dengan ACI 318-08
- Substansi SNI Baru
- Penutup
- Contoh Penerapan



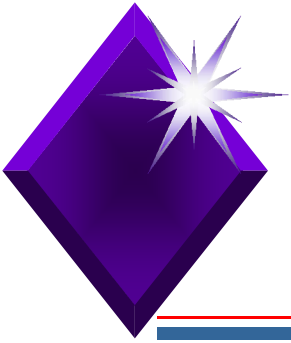
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

**LINGKUP/JUDUL :**

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

- Beton pracetak dan prategang merupakan sistem dengan karakter spesifik yang membedakannya dengan sistem konvensional :
  - “Stress controlled”, dengan perilaku yang tergantung tahapan pemasangan



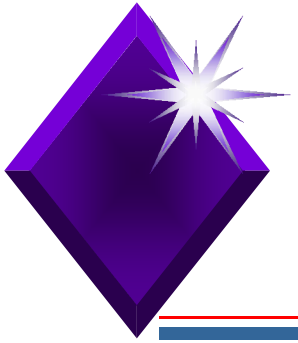
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

**LINGKUP/JUDUL :**

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

- Quality control yang baik karena 'built in' dalam tiap tahapan konstruksi
- Perilaku struktur ditentukan sistem penyambungan.
- Beton pracetak juga banyak diterapkan selain untuk **bangunan gedung**. Tetapi, agar judul dan lingkup konsisten dengan awal, perkataan ini dipertahankan.

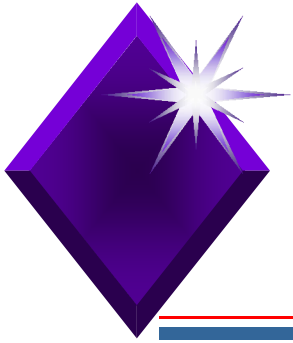


## SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG

---

### **RELEVANSI PENYUSUNAN SNI:**

1. Konstruksi Pracetak dan Prategang untuk Bangunan Gedung banyak digunakan oleh pemerintah maupun swasta dalam 2 dekade ini karena keunggulan mutu, kecepatan dan ekonomis
2. Dengan itu, perlu penataan perencanaan dan pelaksanaan pembangunan dengan SNI, agar masyarakat dapat secara optimal memanfaatkan keunggulan sistem pracetak

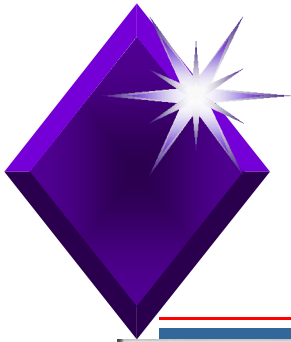


## SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG

---

### KONDISI SAAT INI:

1. Belum ada peraturan atau pedoman yang dapat digunakan dalam perencanaan maupun pelaksanaan
2. SNI 03-2847-2002, *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung* didasarkan atas ACI 318-99
3. SNI tersebut masih belum direvisi untuk mengacu kepada ACI 318 versi terbaru, karenanya sangat sedikit membahas konstruksi pracetak dan prategang
4. Dengan itu, terbitnya tata cara perencanaan dan **pelaksanaan sistem beton pracetak sangat urgen**



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



MINISTER FOR PUBLIC WORKS  
REPUBLIC OF INDONESIA

### KEYNOTE SPEECH

“Toward Sustainable Development in Indonesia  
Construction Industry”

in

The 6<sup>th</sup> Civil Engineering Conference in Asia  
Region (CECAR-6)

Promoted by:

Indonesia Structure Engineering Society (HAKI)

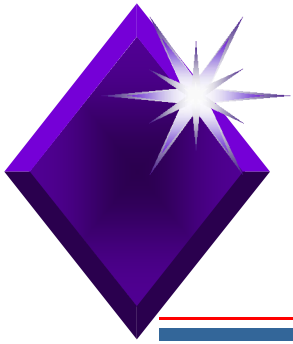
Jakarta, 20 – 22 August 2013

Dearest : - Gregory E. Diloreto, P.E., F.ASCE  
President American Society of Engineering  
Association;  
- Dr. Dradjat Hudajanto, Chairman of  
Indonesia Structural Engineering  
Community (HAKI);

### Distinguished Guests Ladies and Gentlemen,

Construction industry is, generally, still struggling with the problem of inefficiency in the implementation of the construction process. The amount of waste resulted by construction activities has still been considered relatively big. Learning from the manufacturing industry, a lean construction concept should certainly be applied to manage the production process in order to reduce the amount of the waste and in the same time, to increase the expected green values.

An example of lean construction is the application of precast concrete. Until 2010, precast concrete occupied a market share of approximately 25% of the total market share. The Government strongly encourages the use of precast systems since it will improve the production efficiency in the construction industry nationwide. The precast industry is expected to contribute at least 50% market share of the construction market in the future. Indonesia precast construction industry is now even able to compete at an international market, with a success in some projects, such as in Algeria, Kenya, Timor Leste, and currently in Saudi Arabia and Myanmar.



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

### Proyeksi pertumbuhan market size sektor ekonomi

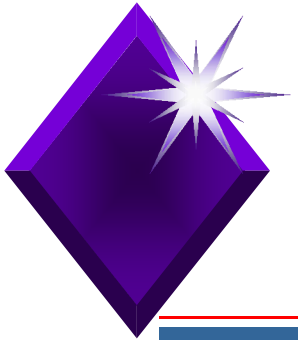
Jenis Pekerjaan	2004	2005	2006	2007	2008	2009*
Konstruksi Bangunan Gedung	23,377,654	28,197,067	31,374,730	34,612,257	33,078,407	40,050,649
Konstruksi Bangunan Sipil	21,499,912	24,378,724	26,049,107	28,615,500	46,241,921	46,596,400
Konstruksi Khusus	11,126,972	14,742,128	14,519,472	18,447,216	22,695,272	24,184,988
<b>TOTAL</b>	<b>56,004,538</b>	<b>67,317,918</b>	<b>71,943,309</b>	<b>81,674,973</b>	<b>102,015,600</b>	<b>110,832,037</b>

\*) Angka Sementara  
Sumber : BPS 2010

Pangsa pasar Industri prefab 25%

Slide 8

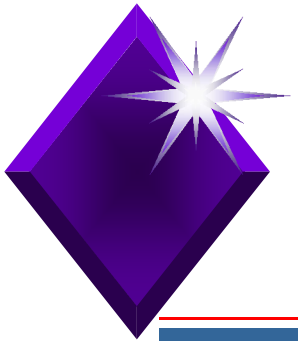




## SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG

---

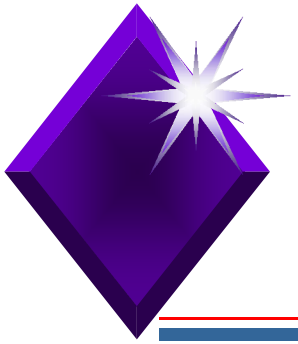
1. **GNP Indonesia US \$ 846 milyar (2011)**
2. **Sektor konstruksi 10.6% GNP**
3. Perbandingan sektor pemerintah : sektor swasta = 41% : 59%
4. Pada bangunan gedung, porsi pemerintah jauh lebih sedikit dibandingkan swasta. Salah satu bangunan negara yang paling banyak dibangun dan massal adalah rusunawa.
5. **Pemilihan sistem pracetak pada waktu dikembangkan program rusunawa (1995) adalah untuk menjaga kualitas bangunan yang akan dibangun massal di seluruh Indonesia.**



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

---

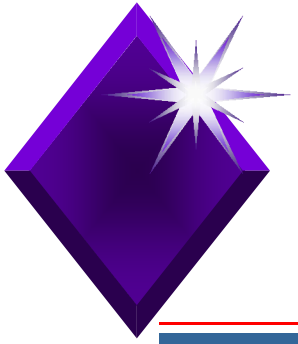
6. Pada masa itu (1995) sudah ada indikasi sistem konvensional tidak mampu mendeliver produk yang tepat mutu dan waktu. Hal ini terbukti dari beberapa kejadian gempa di Sumatera Barat, Yogyakarta, Padang, dan Jawa Barat, dimana terkuak banyak ketidaktepatan mutu yang berakibat fatal.
7. Dengan kebijakan penggunaan sistem pracetak, Kementerian PU berhasil membina suatu pelaku konstruksi yang kreatif dan profesional dalam mendukung programnya.
8. Saat ini sudah ada 62 inovasi yang diuji, 59 yang lolos uji tahan gempa dan 39 sistem yang aktif . Sampai saat ini telah dibangun 571 rusunawa dengan jumlah 55.838 unit.



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

---

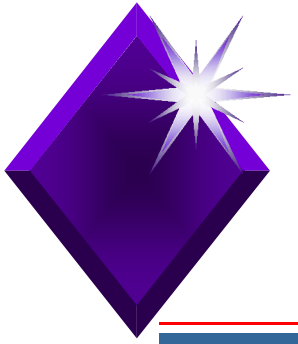
9. Saat ini banyak masukan dari pengguna jasa (terutama swasta) bahwa pembangunan dengan sistem konvensional semakin menurun kualitasnya, pelaku yang profesional semakin berkurang, dan waktu konstruksi sering tidak juga dapat dipenuhi
10. Kementerian PU menginstruksikan para pelaku sistem pracetak yang selama ini sudah dibina, melakukan langkah-langkah strategis agar juga dapat melayani sektor swasta.
11. Penyusunan SNI ini adalah salah satu langkah strategis, agar publik luas dapat mempunyai jaminan legal untuk memanfaatkan kelebihan sistem pracetak.
12. Sosialisasi SNI adalah langkah yang harus dilakukan agar para pelaku konstruksi dapat mampu secara aktual untuk melakukan kegiatan konstruksi pracetak secara optimal.



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

---

- ◆ Film Rempoa Part 1
- ◆ Film Rempoa Part 2

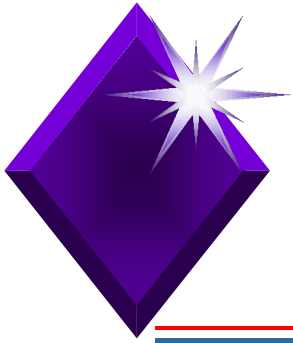


## SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG

---

### Alternatif penyusunan:

- ◆ Disusun baru sama sekali (butuh penelitian)
- ◆ Disusun sebagai terjemahan Code asing
- ◆ Disusun berdasarkan Code asing dan modifikasi

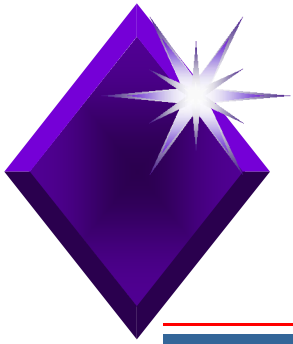


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

## SNI Indonesia yang baru

- Disusun berdasarkan ACI 318-08.
- Dengan demikian, lebih maju dari peraturan beton saat ini
- Disusun berdasarkan alternatif 3

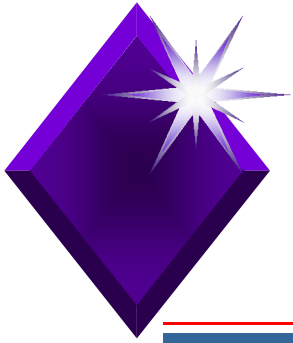


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

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

**SNI 7833:2012 dilengkapi dengan penjelasan (Commentary) Slide 15**



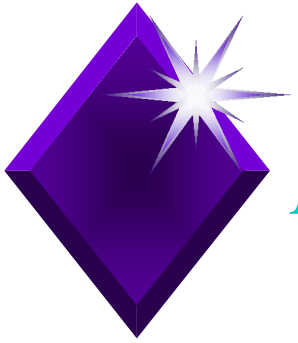
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

**SUBSTANSI SNI BARU:**

- Substansi **SNI 7833:2012** yang baru, mengandung perbedaan substansi antara SNI 03-2847-2002 yang didasarkan atas versi ACI 318-99, dengan ACI 318-08.
  - Karakter yang membutuhkan metoda kontrol tegangan dinyatakan dalam SNI 7833:2012 Pasal 4.2.1 Desain komponen struktur beton pracetak dan sambungan-sambungan harus mencakup kondisi pembebanan dan kekangan dari saat pabrikasi awal sampai akhir penggunaan pada struktur, termasuk pembongkaran cetakan, penyimpanan, pengangkutan dan ereksi.





# KONSEP STRESS CONTROL

## 1) Tahap Transfer.

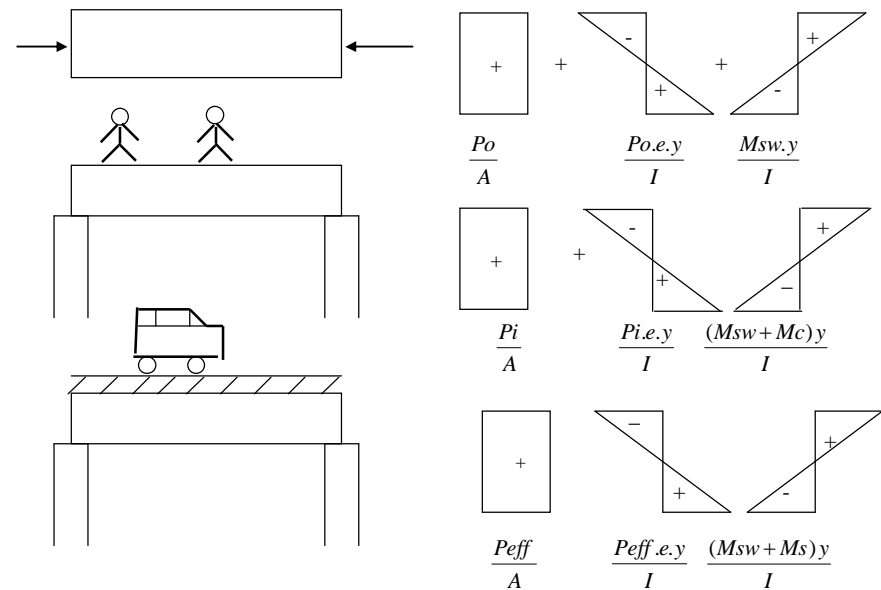
Pada tahap ini gaya prategang bekerja penuh, beban yang bekerja adalah berat sendiri, dan kekuatan beton belum termobilisasi penuh.

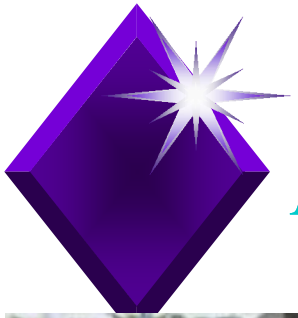
## 2) Tahap Pemasangan

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

## 3) Tahap layan

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





# KONSEP STRESS CONTROL



1. Penulangan



2. Stressing



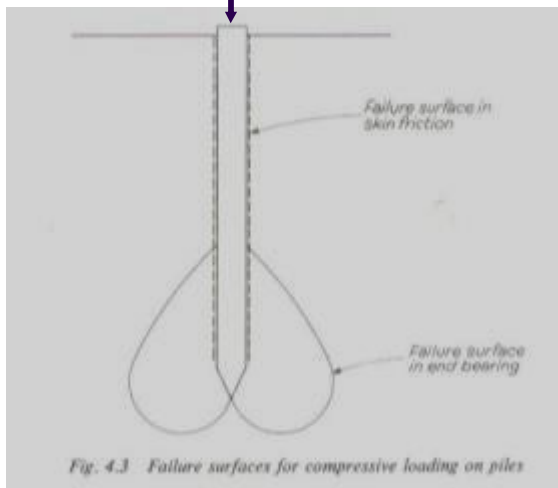
3. Demoulding



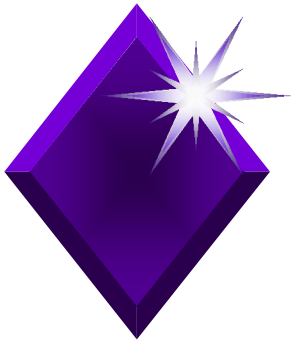
4. Stocking



5. Pемancangan



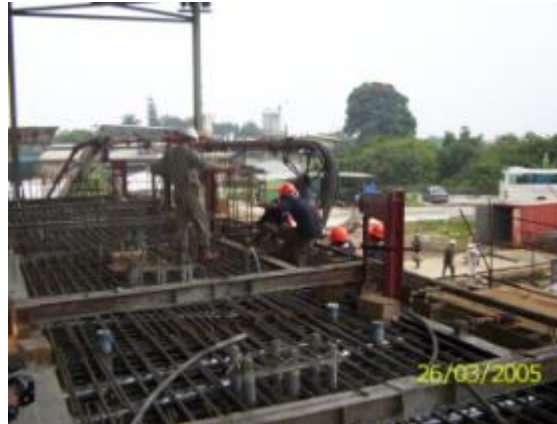
6. Masa Layan



# KONSEP STRESS CONTROL



1. Penulangan



2. Pengecoran



3. Stocking



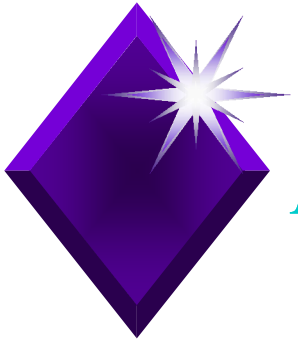
6. Masa Layan



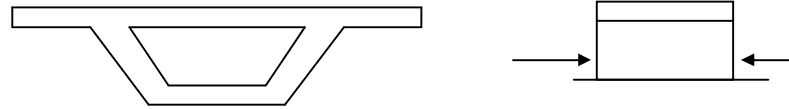
5. Erection - Stressing



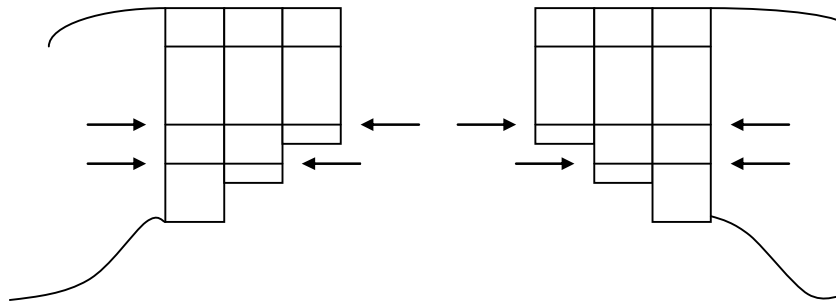
4. Transportasi



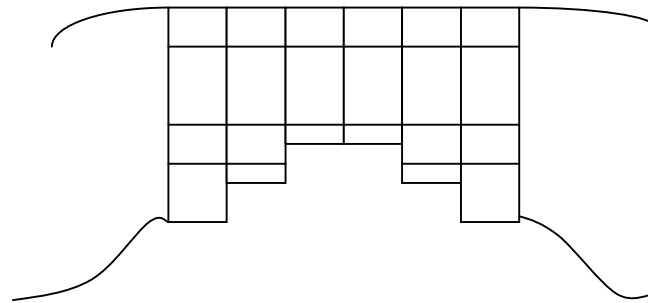
# KONSEP STRESS CONTROL



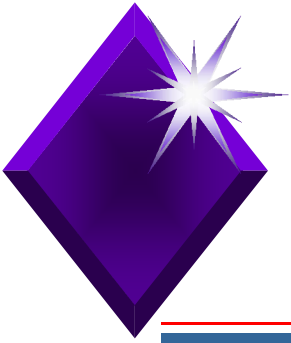
(I) Stressing tiap elemen (kondisi balok dua perletakan)



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



(III) Masa layan (kondisi jepit-jepit)

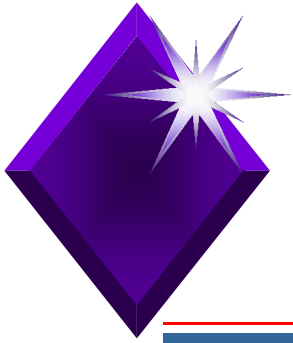


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

**SUBSTANSI SNI BARU:**

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



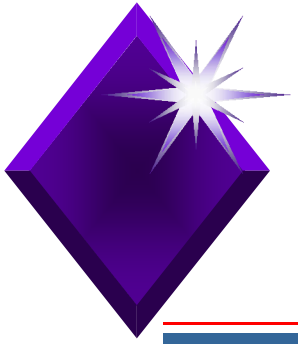
***SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG***

Project		<b>Q.C PASSED</b>		
Type of Panel		P.T.S.I	Man. Con.	Consultant
Casting Date				



Dokumen No. : F-QCL-007  
Revisi : 1  
Tanggal Terbit : September 25, 2008

**Produk yang dikirim ke lapangan harus tidak boleh cacat !**



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



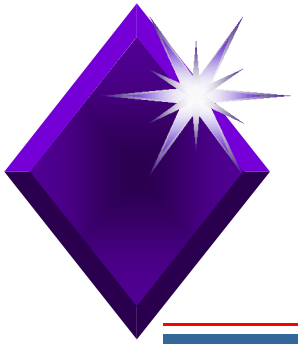
Komponen keropos ---  
bisa direpair sebelum  
dipasang



Komponen retak dan lendut melebihi  
toleransi --- reject



**Slide 23**



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

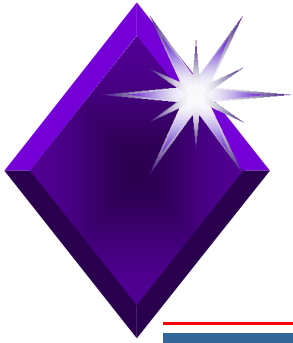
---



Komponen yang cacat  
sangat mudah terdeteksi

**Slide 24**



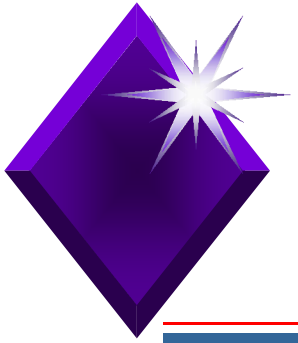


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

SUBSTANSI SNI BARU:

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



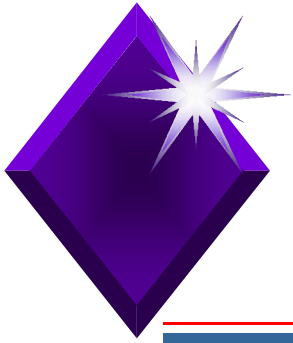
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---



**Kegagalan sistem prategang di lapangan ---Zero Tolerance--- langsung reject**

**Slide 26**



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

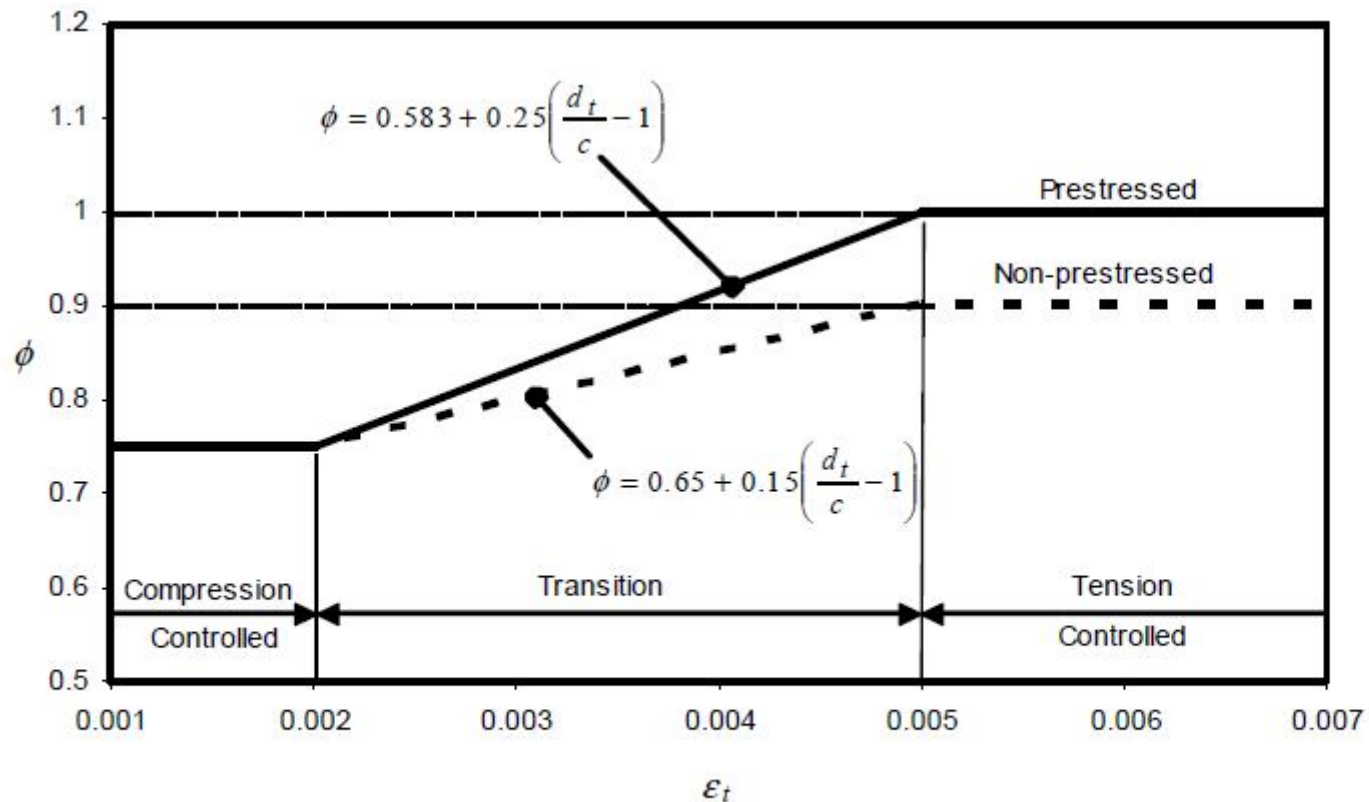
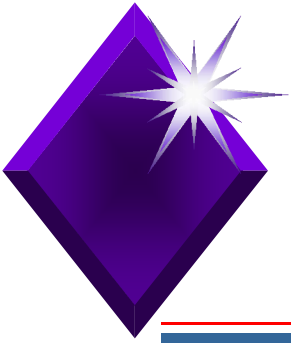


Figure C5.5.4.2.1-1—Variation of  $\phi$  with Net Tensile Strain  $\epsilon_t$  and  $d_t/c$  for Grade 60 Reinforcement and for Prestressing Steel

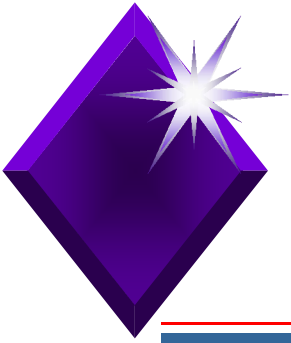


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

SUBSTANSI SNI BARU:

- Faktor kepastian mutu yang lebih baik diberikan pada
  - faktor beban yang lebih kecil dari perancangan sistem konvensional,
    - SNI 7833:2012 pada Pasal 4.10.1.2.1
      - (a)  $1.15 D + 1.5 L$  dan
      - (c)  $1.3 D$
    - Dibandingkan SNI 03-2847-2002 Pasal 11.2.1
      - (5)  $1.2 D + 1.6 L$  dan
      - (4)  $1.4 D$ .

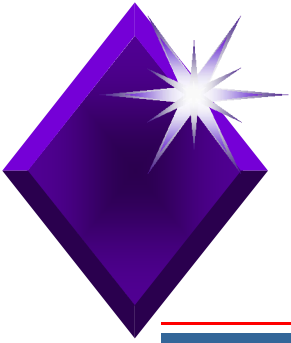


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

SUBSTANSI SNI BARU:

- Faktor kepastian mutu yang lebih baik diberikan pada
  - faktor beban yang lebih kecil dari perancangan sistem konvensional,
    - SNI 7833:2012 pada Pasal 4.10.1.2.1
      - (a)  $1.15 D + 1.5 L$  dan
      - (c)  $1.3 D$
    - Dibandingkan SNI 03-2847-2002 Pasal 11.2.1
      - (5)  $1.2 D + 1.6 L$  dan
      - (4)  $1.4 D$ .

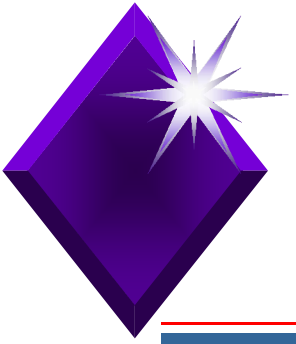


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

SUBSTANSI SNI BARU:

- Faktor kepastian mutu yang lebih baik diberikan pada
  - Faktor reduksi kekuatan  $\phi$  pada SNI 7833:2012 untuk penampang terkontrol tarik pada
    - Pasal 6.8.1.3.1  $\phi = 0.9$
    - lebih besar dari pada SNI 03-2847-2002 pada
      - Pasal 11.3.2.1 yaitu  $\phi = 0.8$ .
  - Perilaku sistem pracetak yang ditentukan oleh sambungan
    - Pasal 4.6 Desain sambungan dan tumpuan dan
    - Pasal 4.7 Benda-benda tertanam sesudah pengecoran beton

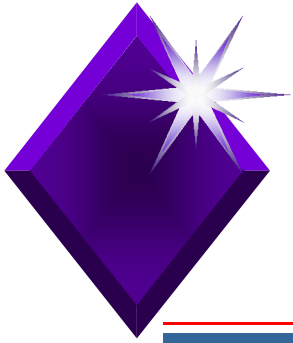


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

SUBSTANSI SNI BARU (lanjutan):

- Peraturan lama dalam aspek gempa dengan acuan.....*should be designed as strong, if not stronger than the monolithic*.....kurang mengadaptir perbedaan perilaku hakiki antara sistem beton monolit vs sistem beton pracetak.
- Dalam peraturan baru aspek gempa, kekuatan dan kelayakan sistem pracetak diassess pada sambungan, yang dianggap sebagai pemicu perbedaan perilaku hakiki antara sistem beton monolit vs sistem beton pracetak



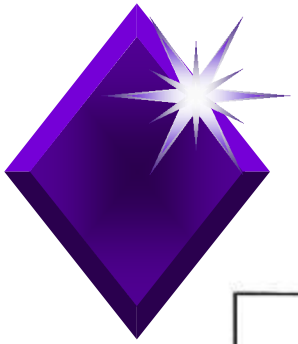
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

SUBSTANSI SNI BARU:

- Dalam SNI 7833-2012 baru, rangka kaku (portal) dan dinding digolongkan atas kelas **biasa**, **menengah** dan **khusus**.
- Sambungan digolongkan atas 3 kategori, **daktail**, **kuat** dan **khusus**.





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

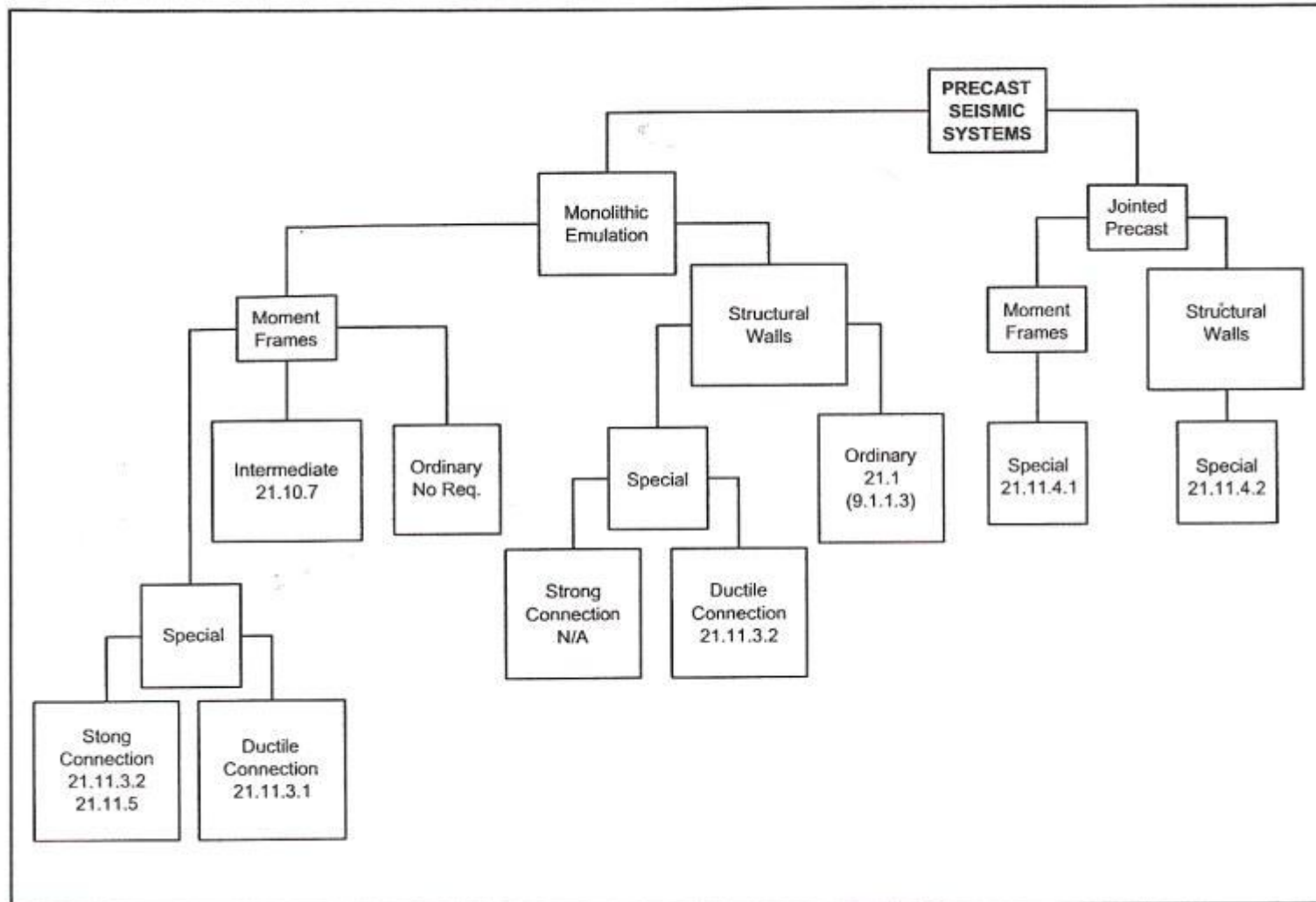
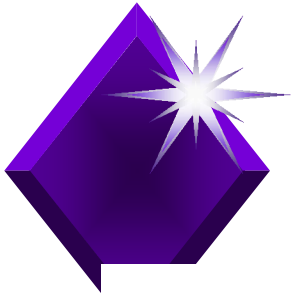


Fig. 1. NEHRP 2000 requirements concerning precast concrete seismic systems.



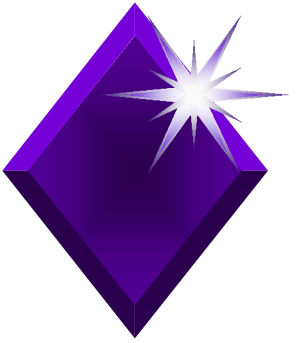
***SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG***

**Tabel R7.1.1 Pasal 7 yang harus dipenuhi dalam aplikasi tipikal**

Komponen penahan efek gempa, kecuali dinyatakan lain	Kategori Desain Gempa			
	A (tidak ada)	B (7.1.1.4)	C (7.1.1.5)	D, E, F (7.1.1.6)
Persyaratan analisis dan desain	tidak ada	7.1.2	7.1.2	7.1.2, 7.1.3
Material		tidak ada	tidak ada	7.1.4 - 7.1.7
Komponen struktur portal		7.2	7.3	7.5, 7.6, 7.7, 7.8
Dinding struktural dan balok kopel		tidak ada	tidak ada	7.9
Dinding struktural pracetak		tidak ada	7.4	7.4, <sup>†</sup> 7.10
Diafragma struktural dan rangka batang		tidak ada	tidak ada	7.11
Fondasi		tidak ada	tidak ada	7.12
Komponen struktur portal tidak diproporsikan untuk menahan gaya induksi oleh gerakan gempa		tidak ada	tidak ada	7.13
Angkur		tidak ada	7.1.8	7.1.8

\* Selain persyaratan Bab 1 sampai 19 ACI 318-08, kecuali seperti dimodifikasi oleh Bab 7, Pasal 22.10 ACI 318-08 juga berlaku pada KDG D, E, dan F.

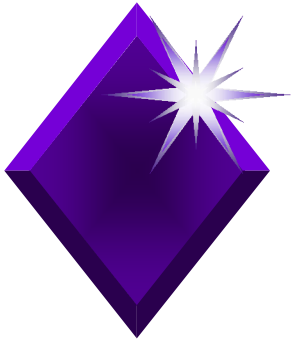
<sup>†</sup> Seperti diijinkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku di mana standar ini membentuk suatu bagian.



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

- Pasal 7.4      Dinding Struktural Pracetak Menengah
- Pasal 7.8      Portal Khusus yang terbuat dari Beton Pracetak
- 7.8.2    Sambungan Daktail
  - 7.8.3    Sambungan Kuat
  - 7.8.4    Sambungan diluar 7.8.3 dan 7.8.4
- Pasal 7.10     Dinding Struktural Khusus yang terbuat dari  
Beton Pracetak

$f_y$



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

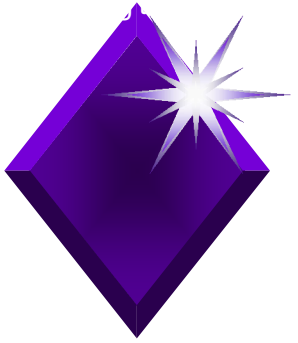
## Dinding Struktural Pracetak Menengah

Persyaratan 7.4 berlaku untuk dinding struktural pracetak menengah sebagai bagian dari sistem penahan gaya gempa.

**7.4.2** Pada sambungan antara panel-panel dinding atau antara panel dinding dan pondasi, leleh harus dibatasi hanya terjadi pada elemen baja atau tulangan.

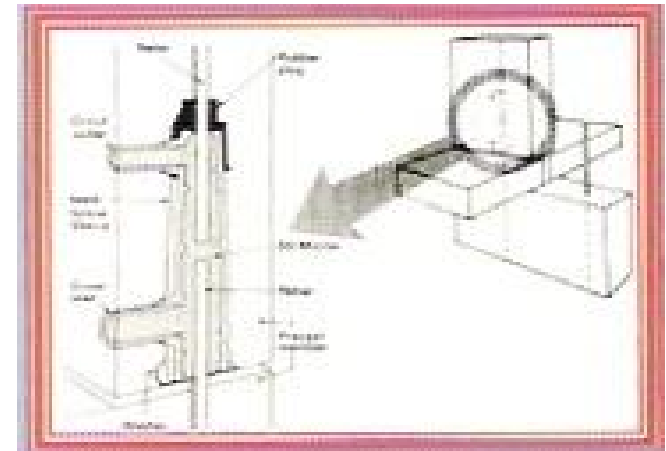
7.4.3 Elemen sambungan yang tidak didesain mencapai leleh harus mengembangkan paling sedikit  $1,5 S_y$ .

$f_y$



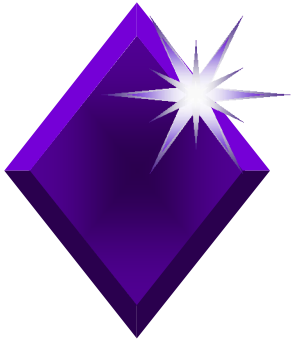
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

**Dinding Struktural Pracetak Menengah**



*NMB Splice Sleeve System*



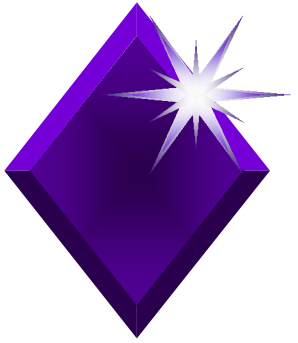


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

## Portal Khusus Pracetak :Sambungan Daktail

**7.8.2** Portal khusus dengan sambungan daktail dan menggunakan beton pracetak harus memenuhi (a) dan (b) serta semua persyaratan untuk portal khusus yang terbuat dari beton yang dicor setempat, dan ketentuan berikut ini:

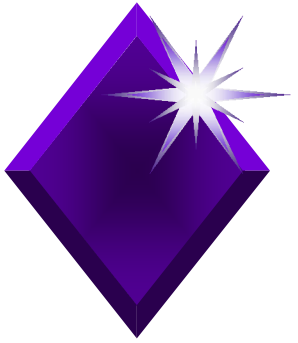
- (a)  $V_n$  untuk sambungan yang dihitung menurut 5.5.3.4.1 (**11.6.4 ACI 318-08**) tidak boleh kurang dari  $2V_e$  di mana  $V_e$  dihitung menurut 7.5.4.1 atau 7.6.5.1;
- (b) Sambungan mekanis tulangan balok harus ditempatkan tidak lebih dekat dari  $h/2$  dari muka joint, serta memenuhi persyaratan 7.1.6.



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

## Portal Khusus Pracetak :Sambungan Daktail

Sistem portal pracetak disusun dari elemen-elemen beton dengan sambungan daktail yang diharapkan mengalami leleh lentur pada daerah sambungan. Tulangan pada sambungan daktail dapat dibuat menerus dengan menggunakan sambungan mekanis Tipe 2 atau teknik lainnya yang memberi pengembangan dalam tarik atau tekan sedikitnya 125 persen dari kekuatan leleh yang disyaratkan  $f_y$  dari batang tulangan dan kekuatan tarik yang disyaratkan dari batang tulangan. <sup>21.37 - 21.40</sup>  $f_y$  Persyaratan untuk sambungan mekanis yang merupakan tambahan pada 7.1.6 dan dimaksudkan untuk menghindari pemusatan regangan disepanjang suatu panjang terpendek dari tulangan yang berdekatan dengan alat splice. Persyaratan tambahan untuk kekuatan geser yang diberikan dalam 7.8.2 untuk mencegah sliding/gelincir pada muka-muka sambungan. Portal pracetak yang disusun dari elemen-elemen dengan sambungan-sambungan daktail dapat dirancang untuk mengembangkan leleh di lokasi yang tidak bersebelahan terhadap joint



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

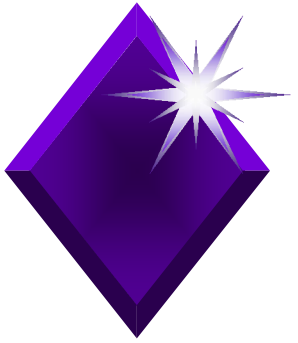
## Portal Khusus Pracetak :Sambungan Kuat

**7.8.3** Portal khusus dengan sambungan kuat serta terbuat dari beton pracetak harus memenuhi semua ketentuan untuk portal khusus yang terbuat dari beton cor di tempat, dan ketentuan berikut ini:

- a) Ketentuan 7.5.1.2 berlaku bagi segmen antara lokasi di mana leleh lentur diinginkan terjadi akibat perpindahan desain;
- b) Kekuatan desain sambungan kuat,  $\phi S_n$ , tidak boleh kurang dari  $S_e$ ;
- c) Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melewati sambungan dan harus disalurkan di luar sambungan kuat dan daerah sendi plastis; dan
- d) Untuk sambungan kolom-ke-kolom,  $\phi S_n$  tidak boleh kurang dari  $1,4S_e$ . Pada sambungan kolom-ke-kolom,  $\phi M_n$  tidak boleh kurang dari  $0,4M_{pr}$  untuk kolom dalam tinggi tingkat, dan  $\phi V_n$  sambungan tidak boleh kurang dari  $V_e$  yang ditentukan dengan 7.6.5.1.

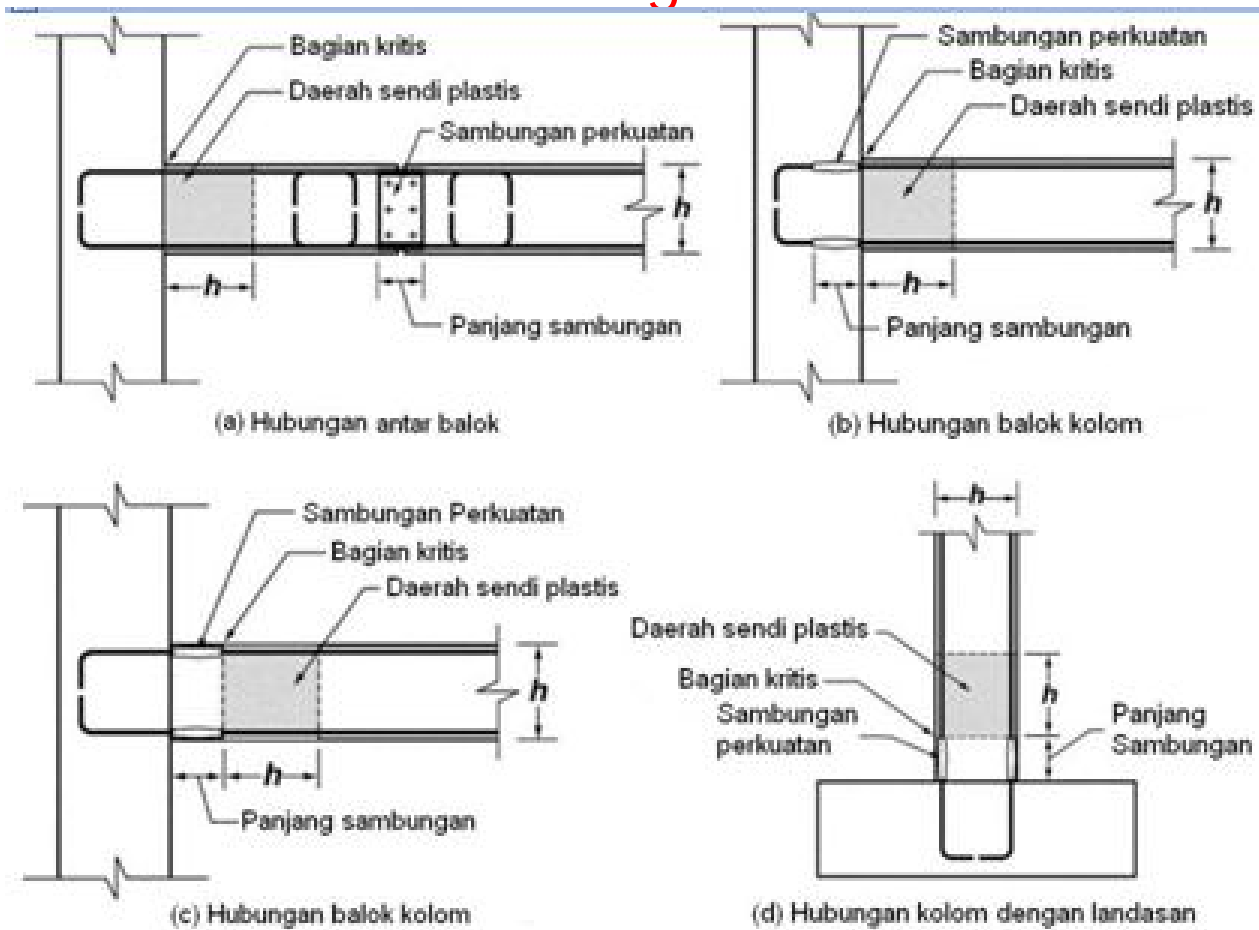


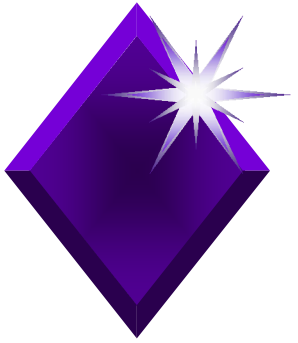
$f_y$



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

Portal Khusus Pracetak :Sambungan Kuat



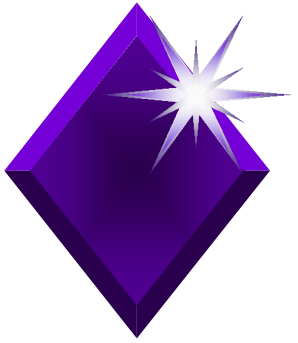


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

## Portal Khusus Pracetak :Sambungan Kuat

Sistem portal beton pracetak yang disusun dari elemen-elemen yang dihubungkan menggunakan sambungan kuat adalah dimaksudkan mengalami leleh lentur di luar sambungan. Sambungan kuat mencakup panjang dari perangkat coupler seperti diperlihatkan dalam Gambar R7.8.3. Teknik desain-kapasitas yang digunakan dalam 7.8.3(b) untuk memastikan sambungan kuat tetap elastis pembentukan dari sendi plastis yang berikut. Persyaratan kolom tambahan diberikan untuk menghindari sendi dan penurunan kekuatan dari sambungan kolom-ke-kolom.

Pemusatan regangan yang telah diamati yang menyebabkan retak getas dari penguatan batang tulangan di muka sambungan mekanis di laboratorium uji dari sambungan kolom-balok pracetak.<sup>21.41</sup> Lokasi sambungan kuat harus dipilih secara hati-hati atau ukuran lain harus diambil, misal debonding dari penguatan batang tulangan pada daerah ditegangkan tinggi, untuk menghindari pemusatan regangan yang dapat menghasilkan retak prematur tulangan.



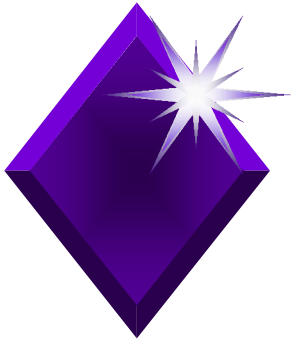
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

Portal Khusus Pracetak : Jointed Precast

Dibuatkan  
SNI Khusus  
SNI 7834:2012

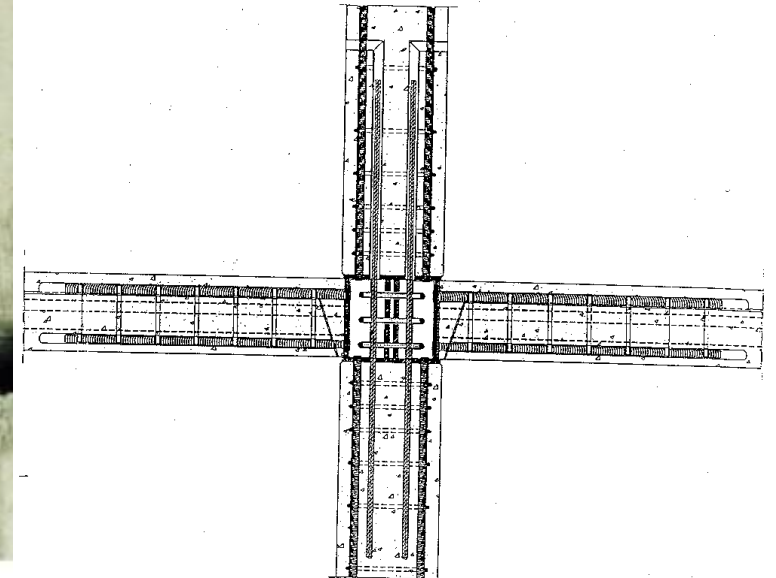
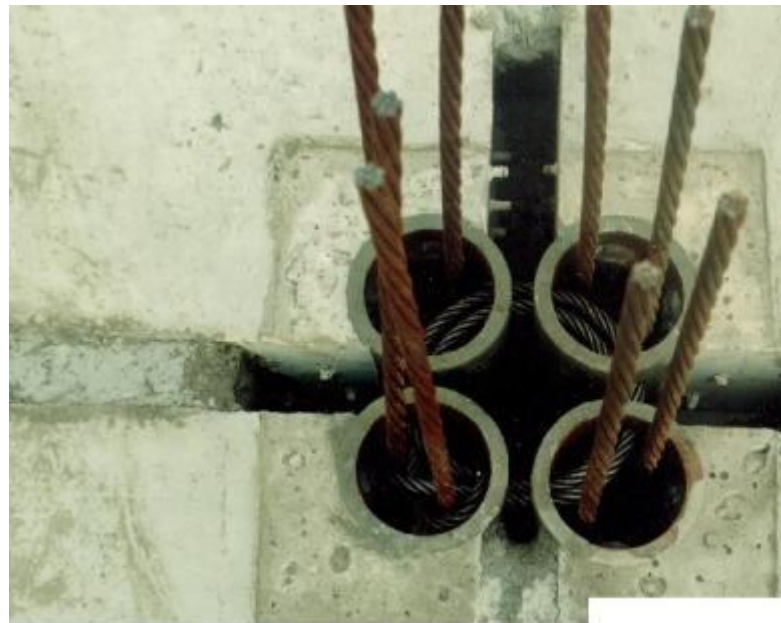
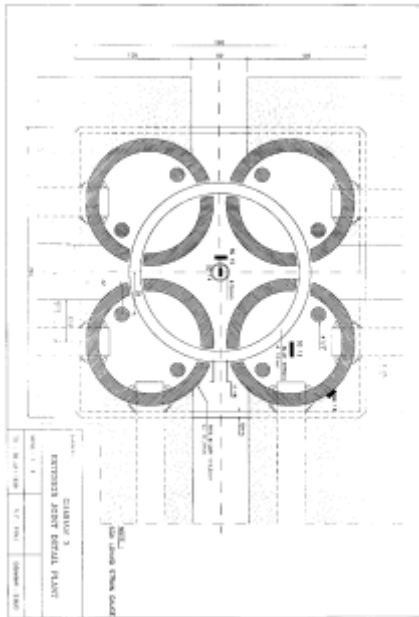
**7.8.4** Portal khusus yang dibuat dengan beton pracetak dan tidak memenuhi ketentuan dalam 7.8.2 atau 7.8.3 harus memenuhi persyaratan ACI 374.1 dan ketentuan (a) dan (b) berikut ini:

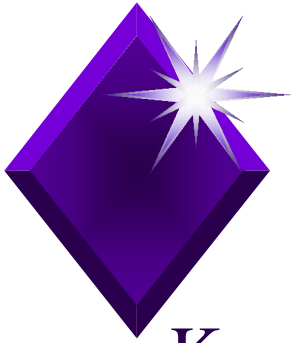
- (a) Detail dan bahan yang digunakan dalam spesimen uji harus mewakili dari yang digunakan dalam struktur; dan
- (b) Prosedur desain dalam mengatur spesimen uji harus mendefinisikan mekanisme bagaimana portal menahan pengaruh gravitasi dan gempa, dan harus menetapkan nilai kriteria penerimaan dalam mendukung mekanisme tersebut. Bagian dari mekanisme yang mendevisiasi dari persyaratan peraturan harus dicakup dalam spesimen uji dan harus diuji untuk menentukan batas atas nilai kriteria penerimaan.



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

Konsep Jointed Precast : Sistem yang terbanyak  
dikembangkan di Indonesia



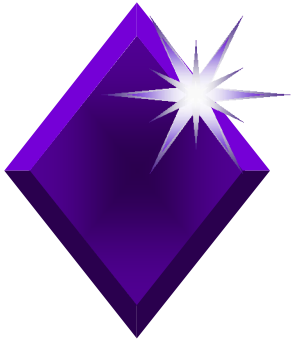


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

Konsep Jointed Precast : Sistem yang terbanyak dikembangkan di Indonesia



$f_y$



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

Portal Khusus Pracetak : Jointed Precast dengan Prategang Paskatarik Unbonded

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.

ACI T1.2-03

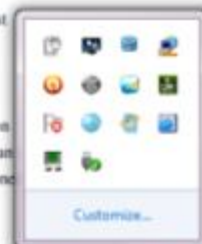
Akan diadopsi  
menjadi SNI

### **Special Hybrid Moment Frames Composed of Discretely Jointed Precast and Post-Tensioned Concrete Members**

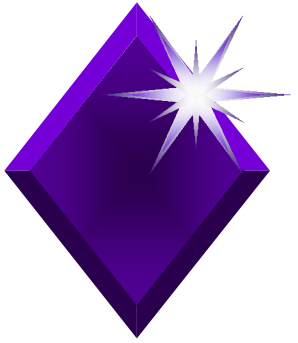
Reported by ACI Innovation Task Group 1 and Collaborators

#### *Innovation Task Group 1*

Michael E. Kregar	Norman L. Scott Chair	James R. Libby Leslie D. Martin	Neil M. Hawkins Secretary	Robert F. Mast
Geraldine S. Cheok S. K. Ghosh H. S. Lew		<i>Collaborators</i> Suzanne Nakaki M. J. Nigel Priestley Joseph C. Sanders *David C. Seagren		John F. Stanton Dean E. Stephan William C. Stone



$f_y$



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

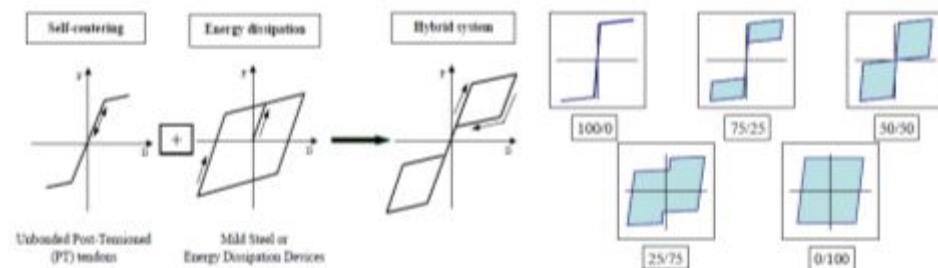
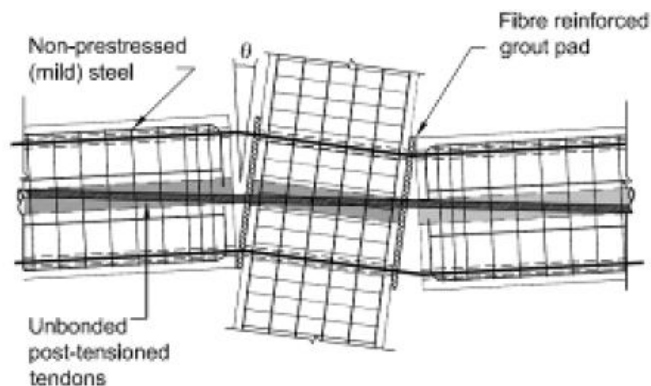
### Portal Khusus Pracetak : Jointed Precast dengan Prategang Paskatarik Unbonded

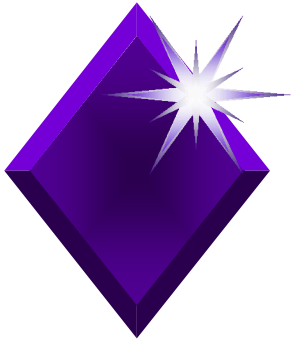
mempunyai kemampuan “self centering”, sehingga dapat mencegah kerusakan komponen sekunder  
Sistem ini dapat dikombinasikan dengan perilaku daktail, yang dikenal sebagai System Hybrid.  
Rekomendasi 60 : 40

**A revolutionary alternative technological solution capable of achieving high-performance (low-damage) at low cost. (Stefano Pampanin, penulis buku PRESSS Design Handbook (2011))**

**BANGUNAN BISA DIRENCANAKAN TIDAK RUSAK  
MESKIPUN TERKENA GEMPA KUAT**

**PRECAST BECAME ONE STOP SOLUTION ☺**





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

### Dinding Struktural Khusus yang terbuat dari Beton Pracetak

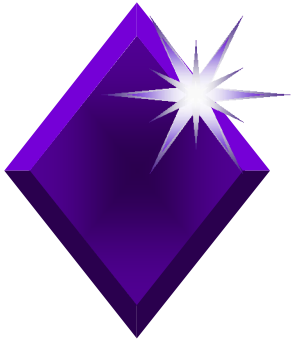
Persyaratan 7.10 berlaku bagi dinding struktural khusus yang terbuat dari beton pracetak sebagai bagian dari sistem penahan gaya gempa.

**7.10.2** Dinding struktural khusus yang terbuat dari beton pracetak harus memenuhi semua persyaratan 7.9 selain 7.4.2 dan 7.4.3.

**7.10.3** Dinding struktural khusus yang terbuat dari beton pracetak dan tendon pasca-tarik tanpa lekatan dan yang tidak memenuhi persyaratan 7.10.2, diperkenankan asalkan dinding tersebut memenuhi persyaratan ACI ITG-5.1.

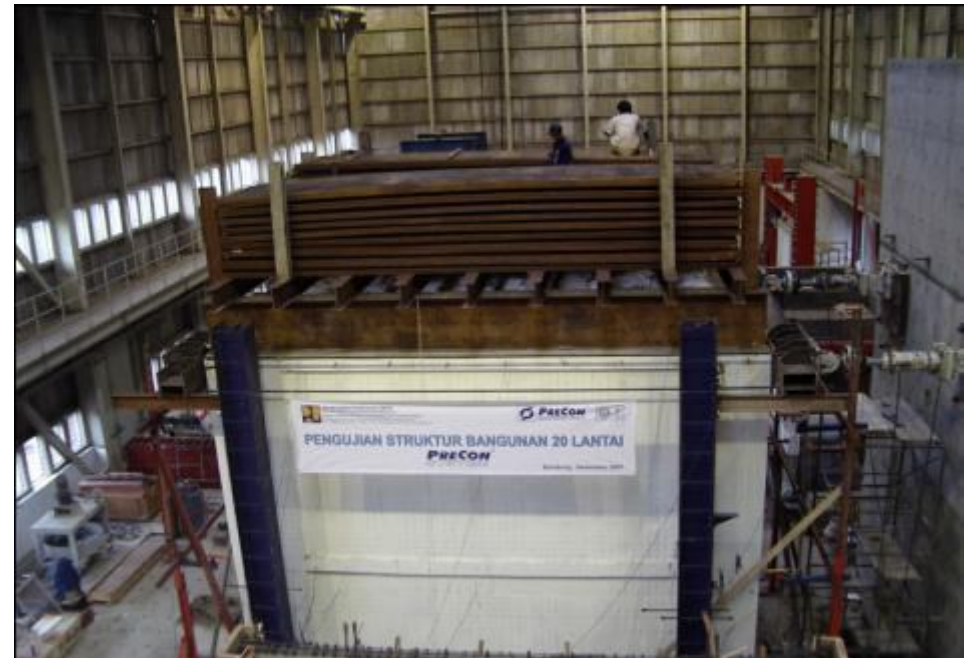
**R7.10.3** Studi eksperimental dan studi analisis<sup>21.54-21.56</sup> memiliki bukti bahwa beberapa tipe dari pasca-tarik dinding-dinding struktural pracetak dengan tendon tanpa lekatan, dan yang tidak memenuhi persyaratan yang ditunjuk Bab 7, memberi karakteristik kinerja gempa yang memuaskan. ACI ITG-5.1 menjelaskan suatu peraturan resmi untuk menetapkan prosedur desain, dibenarkan melalui analisis dan uji laboratorium, untuk seperti dinding, dengan atau tanpa balok kopel.

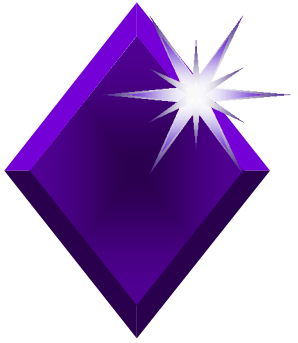




*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

Dinding Struktural Khusus yang terbuat dari Beton Pracetak





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

### Dinding Struktural Khusus yang terbuat dari Beton Pracetak

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

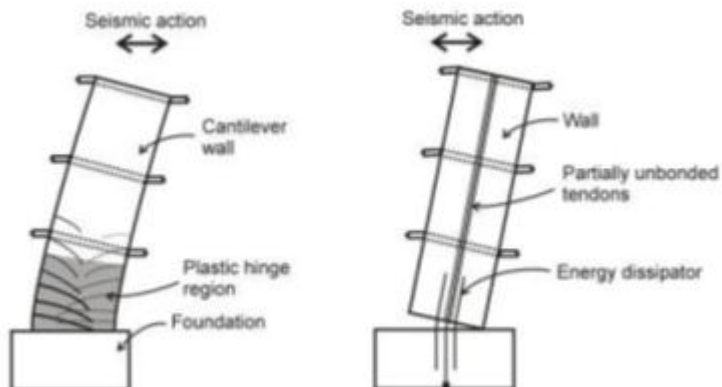
Charles W. Dolan  
Chair

Attila B. Beres  
Neil M. Cleland  
Neil M. Hawkins

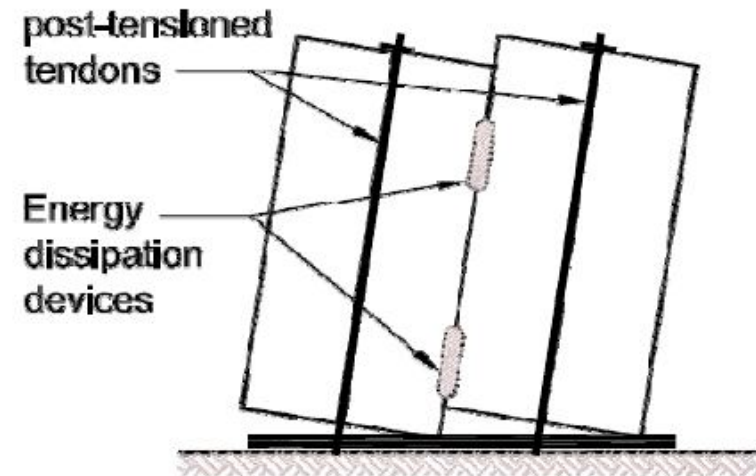
Ronald Klonosic  
Vito S. Majumdar  
Susanne Dow Nakaki

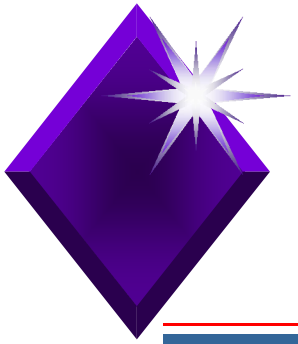
Stephen P. Proski  
Carol K. Stiehl

John  
Loring



Akan diadopsi menjadi SNI



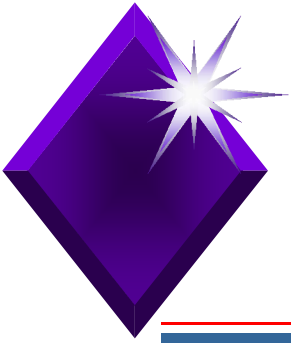


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BSNI 7833:2012  
TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

## PENUTUP

- Konstruksi pracetak dan prategang untuk bangunan gedung telah berkembang pesat dalam dua dekade ini karena mempunyai keunggulan dalam hal kualitas, kecepatan dan ekonomis dibanding dengan sistem konvensional
- Konstruksi pracetak dan prategang mempunyai karakter spesifik yang membedakannya dengan sistem konvensional, sehingga diperlukan regulasi khusus agar keunggulan sistem pracetak dapat dimanfaatkan secara optimal
- Saat ini SNI 03-2847-2002, belum mengandung hal-hal yang mengatur karakter spesifik dalam hal reward terhadap kontrol kualitas yang baik serta desain pracetak dan prategang tahan gempa

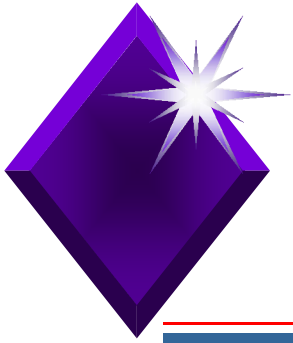


## *SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

### PENUTUP

- SNI 7833:2012 disusun berdasarkan ACI 318-08 dengan mengambil item-item yang memuat konstruksi pracetak dan prategang, termasuk desain tahan gempa
- SNI 7833:2012 sudah melingkupi desain bangunan tahan gempa dengan metoda sambungan prategang paskatarik unbonded, yang dapat memberikan bangunan yang dapat tidak rusak walaupun terkena gempa kuat dengan harga yang ekonomis
- Jika SNI 03-2847-2002, *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung* telah *direvisi* dan didasarkan atas ACI 318-08 secara menyeluruh, SNI beton pracetak juga akan direvisi sesuai ACI 318 yang terbaru

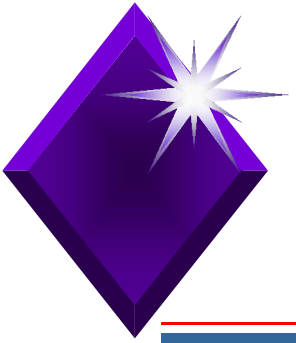


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

## **CONTOH PENERAPAN**

- 1. PERENCANAAN PELAT KONVENSIONAL DAN PRACETAK**
- 2. SIMULASI PENENTUAN JENIS SISTEM PRACETAK YANG DIGUNAKAN DAN VARIASINYA DENGAN TIPE STRUKTUR LAIN PADA BEBERAPA LOKASI PEMBANGUNAN DI INDONESIA BERDASARKAN SNI 1726:2012**

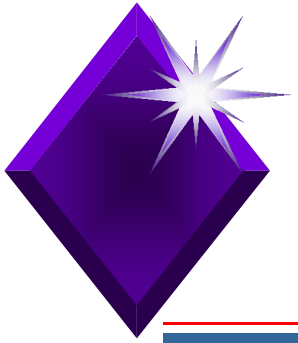


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

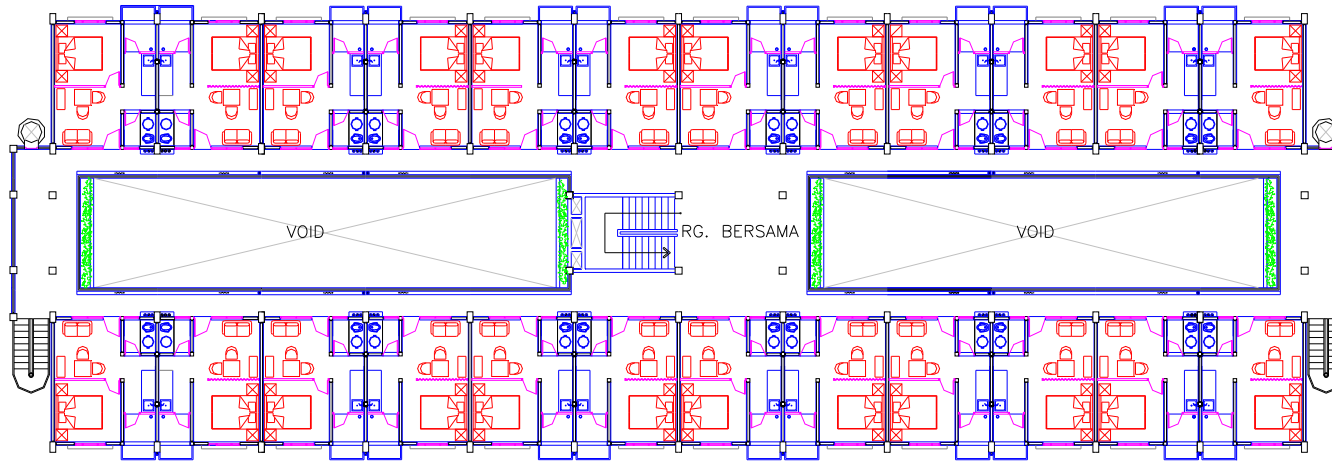
---

**1. PERENCANAAN PELAT**

- Pelat menahan beban gravitasi
- Pelat adalah komponen bervolume terbesar pada struktur. Efisiensi perencanaan pada komponen ini berpengaruh besar pada efisiensi struktur secara keseluruhan
- Contoh penerapan dilakukan pada desain pelat rusunawa T-24 Kementerian Pekerjaan Umum
- Desain dilakukan pada pelat konvensional berdasarkan SNI 03-2847-2002 dan pada pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012



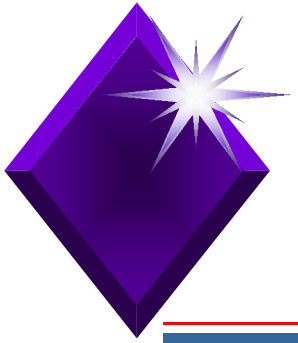
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*



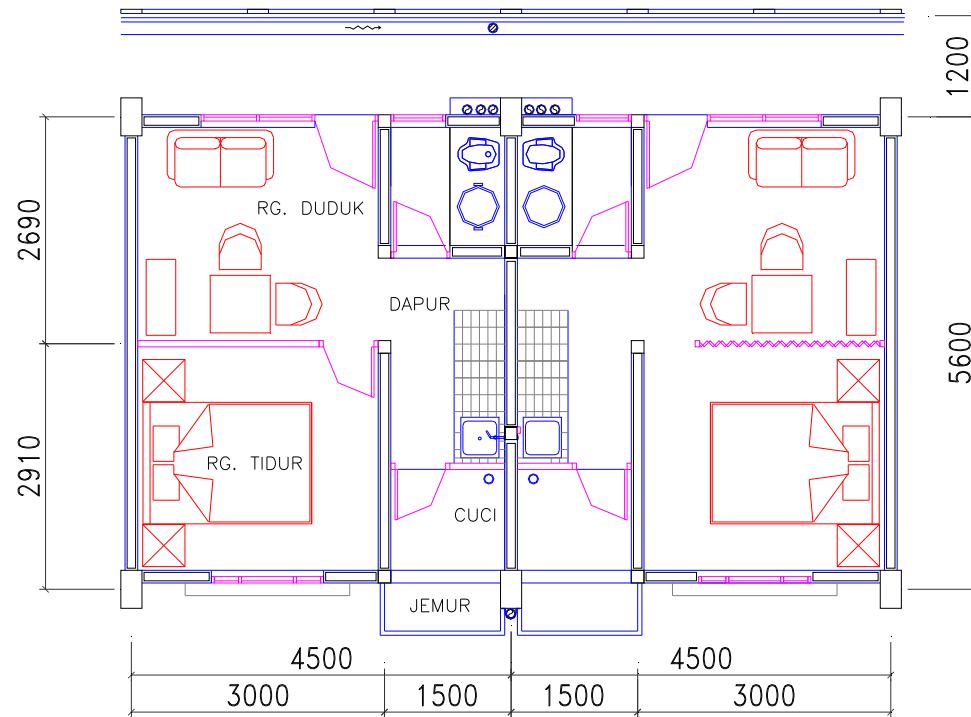
Rusunawa T24  
Kemen PU



Slide 55



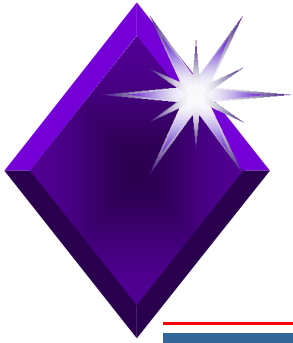
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*



**Dimensi Pelat 4.5 x 5.4 m**

**Slide 56**



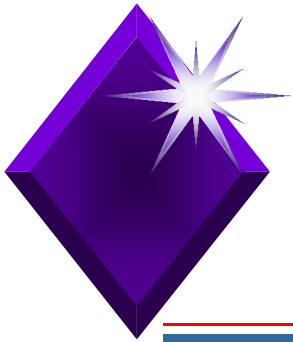


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

Perencanaan pelat konvensional berdasarkan SNI 03-2847-2002

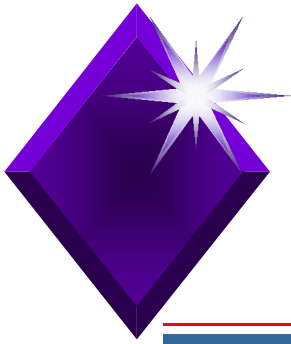
1. Tidak membutuhkan metoda kontrol tegangan
2. Metoda yang umum digunakan adalah :
  - a) Tentukan tebal pelat berdasarkan persyaratan lendutan dalam rumusan 17 pada pasal 11.5.3.2
  - b) Momen-momen dicari dari metoda amplop  
Faktor beban : Pasal 11.2.1 (5)  $1.2 D + 1.6 L$  dan (4)  $1.4 D$ .
  -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



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

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





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

PELAT				
Luas Lantai	24,300	m <sup>2</sup>		
tebal	0,130	m		
volume total	3,159	m <sup>3</sup>		
Jumlah	1			
Pelat / ukuran	4500	x	5400	mm
p	5,4	m	:	5400
l	4,5	m	:	4500
tebal	0,130	m	:	130
dia.	10			
As	78,54	mm <sup>2</sup>		
s	200	mm	Pendek	
l	200	mm	Panjang	
Berat (satu tul.)	0,613	kg/m		
dia.	10			
As	78,54	mm <sup>2</sup>		
s	240	mm	Pendek	
l	240	mm	Panjang	
Berat (satu tul.)	0,613	kg/m		
<b>arah pendek</b>				
n - tul atas	28	bh		
n - tul bawah	24	bh		
tot. pjg	234	m		
Berat	143,35	kg		
Waste (5%)	7,17	kg		
<b>Total Berat</b>	<b>150,52</b>	<b>kg</b>		
<b>arah panjang</b>				
n - tul atas	24	bh		
n - tul bawah	20	bh		
tot. pjg	237,6	m		
Berat	145,55	kg		
Waste (5%)	7,28	kg		
<b>Total Berat</b>	<b>152,83</b>	<b>kg</b>		
<b>Vol. Baja Ws</b>	<b>303</b>	<b>kg</b>		
<b>Vol. Beton Vc</b>	<b>3,159</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		
Vol/A	0,1300	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>		
Ws/Vc	96	kg/m <sup>3</sup>		

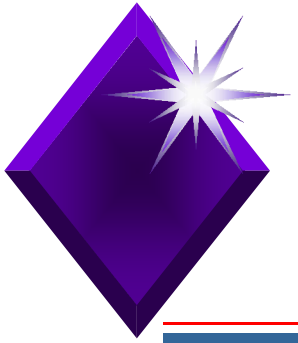
26 Daftar dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang

### 4.2.b Pelat – Umum

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

Skema	Penyusunan beban berdasarkan beraturan 'sekitar empat' kali $w_u \cdot l_x \cdot l_y$	$\frac{l_x}{l_y}$	$\frac{l_x}{l_y}$							
			1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	41	54	67	79	87	97	100	117
			41	35	31	28	26	25	24	23
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	25	34	42	49	53	58	62	65
			25	22	18	15	15	14	14	
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	51	63	72	78	81	82	83	83
			51	54	55	54	54	53	51	49
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	30	41	52	61	67	72	80	83
			30	27	23	22	20	19	19	19
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	68	84	97	106	113	117	122	124
			68	74	77	77	77	76	73	71
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	24	36	49	63	74	85	100	113
			33	33	32	29	27	24	21	20
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	32	40	47	52	55	58	62	65
			24	20	18	17	17	17	16	16
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	69	76	80	82	83	83	83	83
			31	45	58	71	81	90	106	115
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	39	37	34	30	27	25	24	23
			91	102	108	111	113	114	114	114
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	39	47	57	64	70	75	81	84
			31	25	21	21	20	19	19	19
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	25	36	47	57	64	70	79	83
			28	27	23	20	18	17	16	16
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	54	72	88	100	108	114	121	124
			60	69	74	76	76	76	75	71
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	28	37	45	50	54	58	62	65
			25	21	19	18	17	17	16	16
		$\frac{l_x}{l_y} \geq 2$ $\frac{l_x}{l_y} < 2$	60	70	76	80	82	83	83	83
			54	55	55	54	53	53	51	49

Slide 60

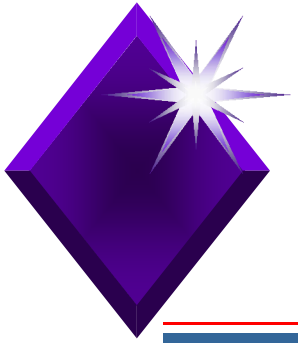


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

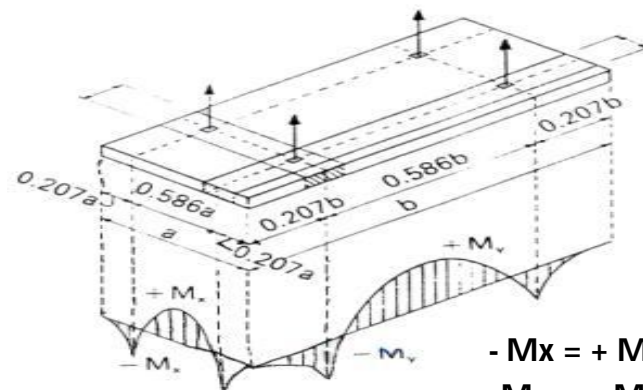
---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012

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

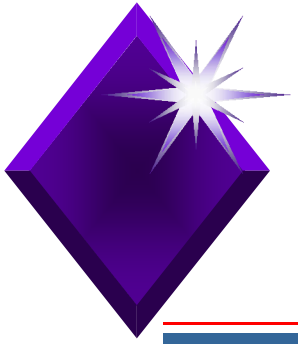


## *SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*



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

**Slide 62**



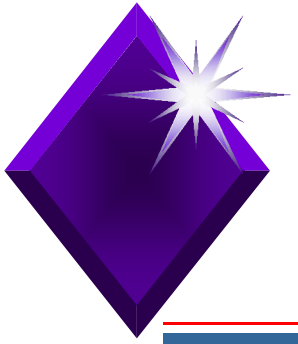
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012

2. Menggunakan metoda kontrol tegangan

b. Pelat dipasang pada usia 3 hari (mutu beton 60%  $f_c'$ ), dengan kondisi kekangan sederhana di kedua ujung dan ditopang 1 tumpuan di tengah bentang. Beban adalah berat sendiri dan beban konstruksi 100  $\text{kg/m}^2$

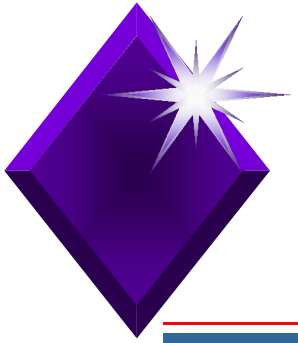


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---







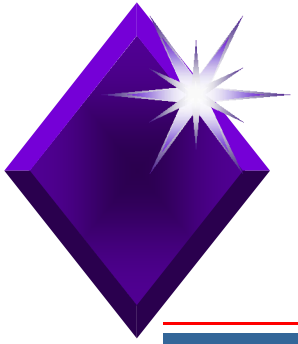
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012

2. Menggunakan metoda kontrol tegangan

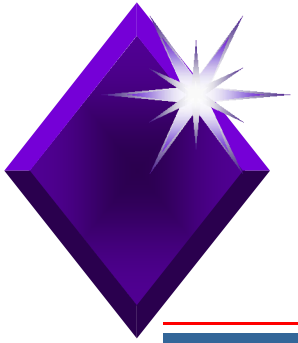
C. Pelat pada masa layan (mutu beton penuh  $f_c'$ ), dengan kondisi kekangan menerus. Beban adalah berat sendiri dan beban layan rusuna  $200 \text{ kg/m}^2$



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



**Slide 66**



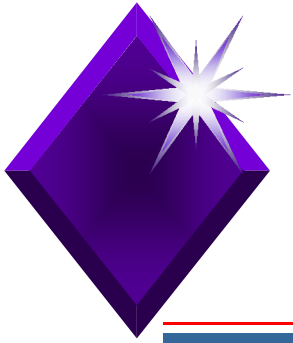
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

Perencanaan pelat pracetak berdasarkan SNI 7833:2012

3. Faktor kepastian mutu yang lebih baik diberikan pada

- a) faktor beban Pasal 4.10.1.2.1 (a)  $1.15 D + 1.5 L$  dan (c)  $1.3 D$
- b) faktor reduksi kekuatan  $\phi$  untuk penampang terkontrol tarik pada Pasal 6.8.1.3.1  $\phi = 0.9$ .



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

### Perhitungan Pelat Precast

Proyek :

Lokasi :

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

#### A PENULANGAN LAPANGAN (TULANGAN BAWAH)

Tulangan Utama

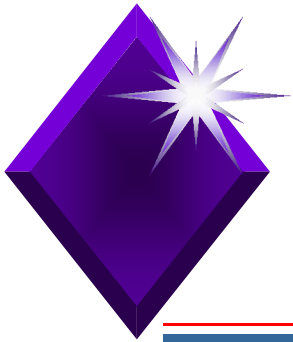
Perhitungan Momen / m'

Q <sub>LL</sub>	=	250 kg/m	
Q <sub>DL</sub>	=	120 kg/m	
Q <sub>PLAT</sub>	=	312 kg/m	
Q <sub>ULT</sub> (1.15D + 1.5L)	=	872 kg/m	psl 4.10.1.2.1a SNI 7833:2012
Q <sub>ULT</sub> (1.3D)	=	562 kg/m	psl 4.10.1.2.1b SNI 7833:2012
M <sub>ULT</sub> lapangan	=	1.103 kgm	( 1/16ql <sup>2</sup> )
	=	11.033.719 Nm	

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

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

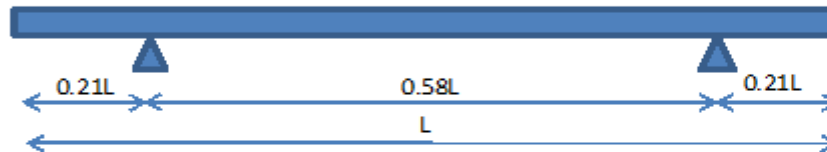
> *M ult beban luar Ok!*



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

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

### C CEK PADA SAAT HANDLING

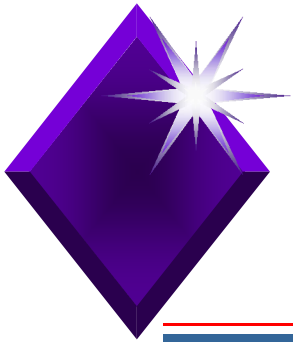


#### Perhitungan Momen / m'

$Q_{SLAB}$	=	312 kg/m
$Q_{total}$	=	312 kg/m
$M_{ULT} = 0.0107QL^2$	=	67,60 kgm
	=	676.026 Nmm

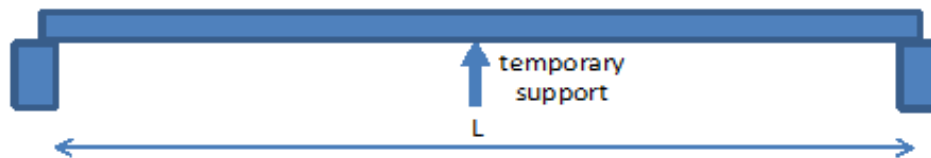
#### Kapasitas Momen / m' tebal slab 13cm

b	=	1000 mm	
h	=	130 mm	
momen tahanan, W	=	$1/6 b h^2$	
	=	2816666,667 mm <sup>3</sup>	
tegangan yg terjadi, f	=	$M / W$	
	=	0,24	
tegangan ijin, fr	=	$0.62\lambda\sqrt{f_c'}$	psl.6.3.5.1.2 (12) SNI 7833:2012
$f_c' = 0.4f_c' (1 \text{ hari})$	=	11,62 Mpa	
fr	=	2,11 Mpa	> tegangan yg terjadi Ok!



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

### B CEK PADA SAAT ERECTION

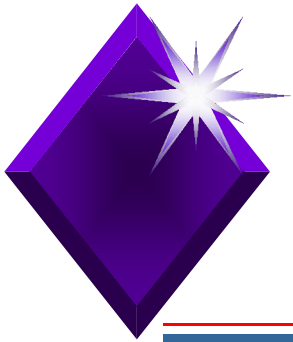


#### Perhitungan Momen / m'

Bentang (L)	=	4,5 m	
$Q_{LL}$	=	100 kg/m	(beban pekerja + alat kerja)
$Q_{SLAB}$	=	312 kg/m	
$Q_{total}$	=	412 kg/m	
$M_{ULT} = 0.125Q(L/2)^2$	=	260,72 kgm	
	=	2.607.188 Nmm	

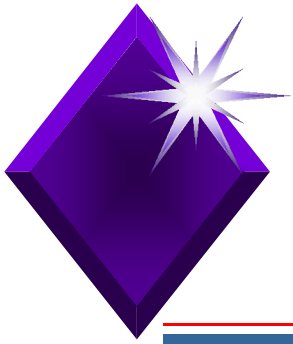
#### Kapasitas Momen / m' tebal slab 13cm

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



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

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



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

### D CEK LENDUTAN PELAT

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

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

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

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

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

$$\lambda = \frac{2}{1 + 50 \cdot 0.0036}$$

$$\lambda = 1,69$$

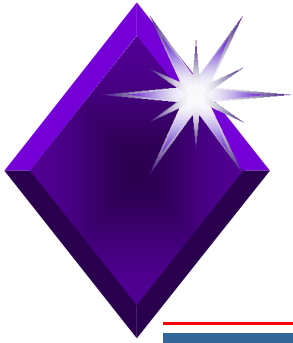
$$\begin{aligned}
 \text{Lendutan yg terjadi} &= \frac{5 Q L^4}{384 E I} \times \lambda \\
 &= 8,43 \quad \text{mm} < 9,38 \quad \dots \text{ok}
 \end{aligned}$$

### E VOLUME

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

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



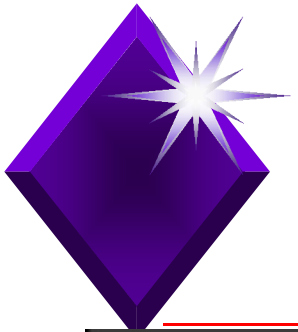


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

## **CONTOH 2**

**SIMULASI PENENTUAN JENIS SISTEM PRACETAK  
BERBENTUK RANGKA YANG DIGUNAKAN DAN  
VARIASINYA DENGAN TIPE STRUKTUR LAIN  
PADA BEBERAPA LOKASI PEMBANGUNAN DI  
INDONESIA BERDASARKAN SNI 1726:2012**

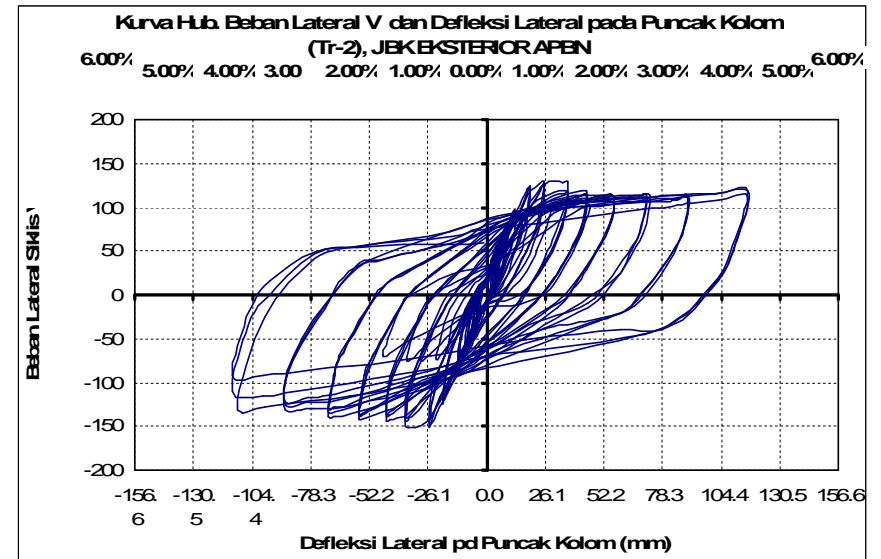
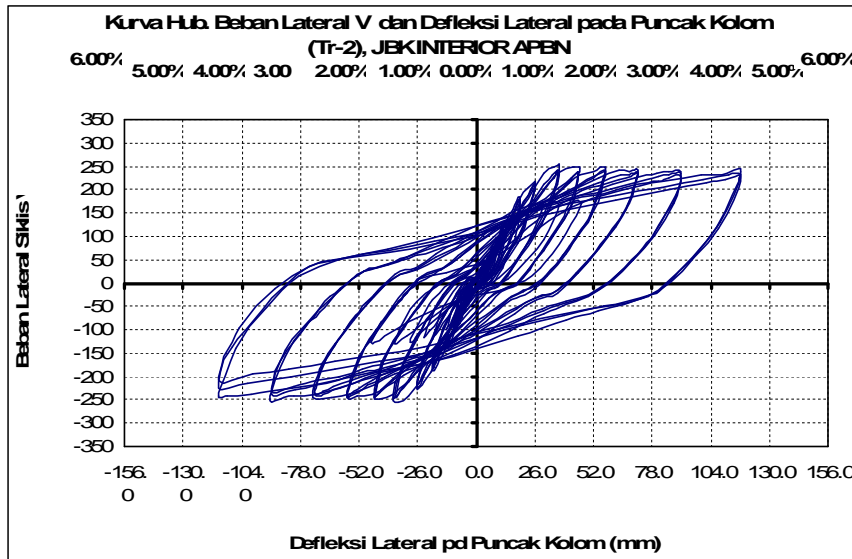


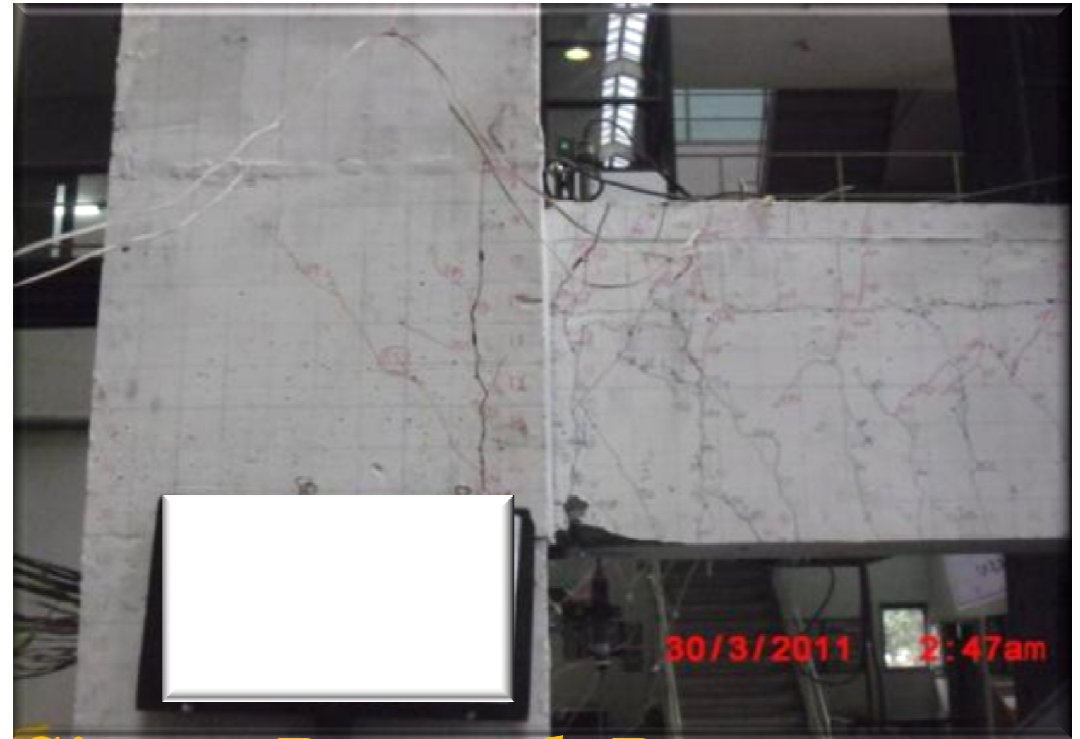
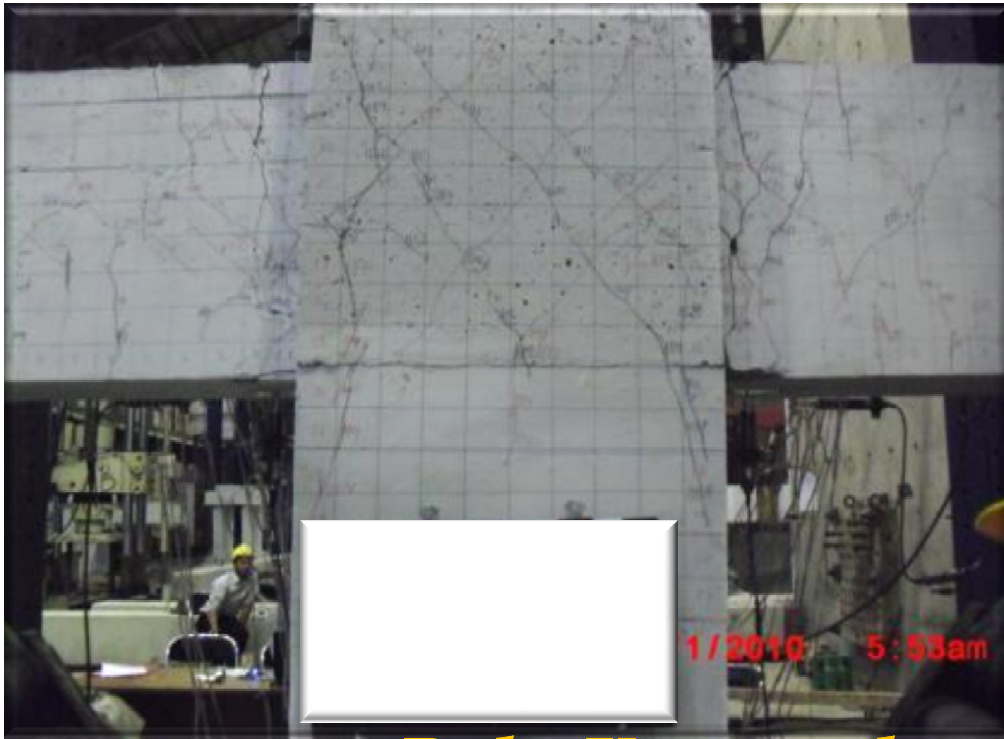
## SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG



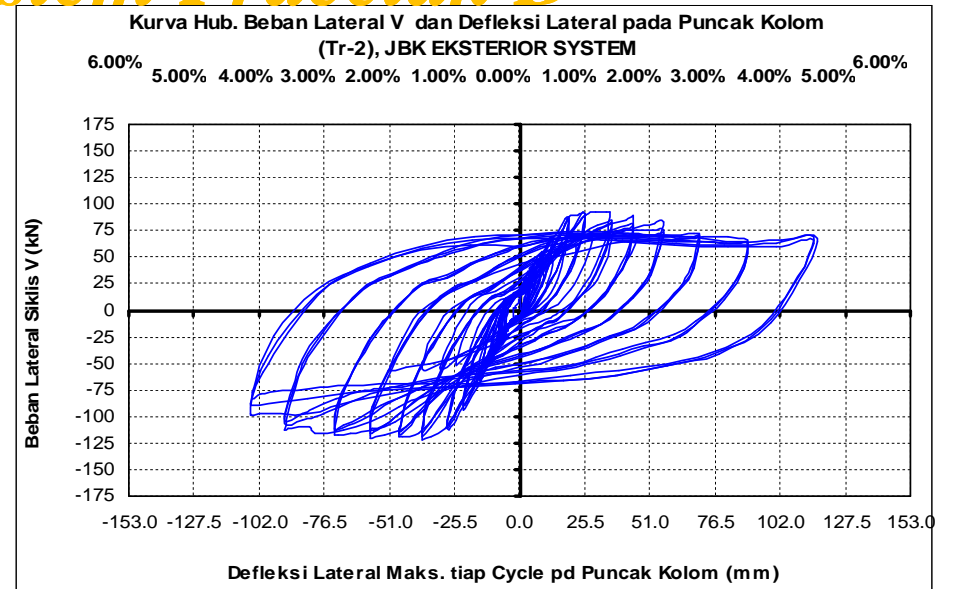
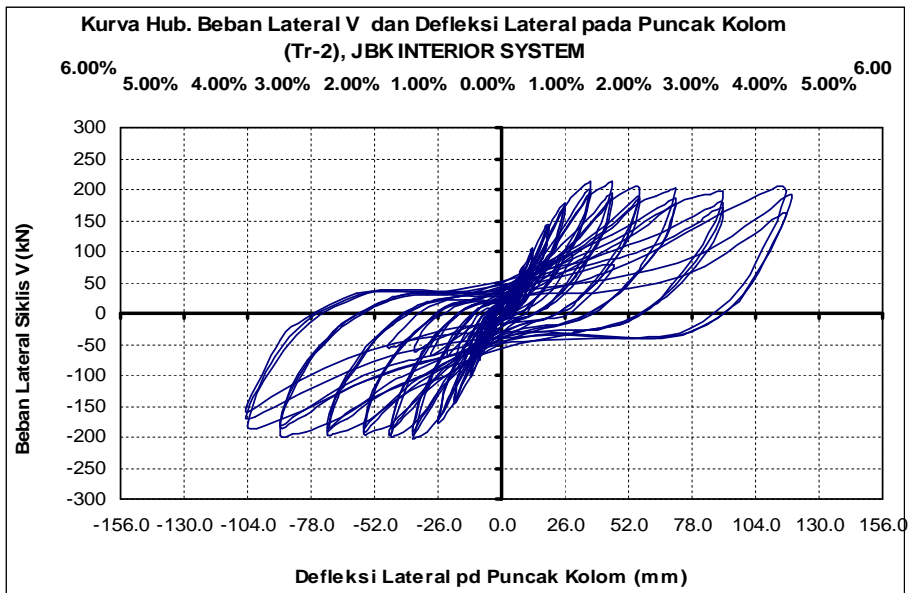


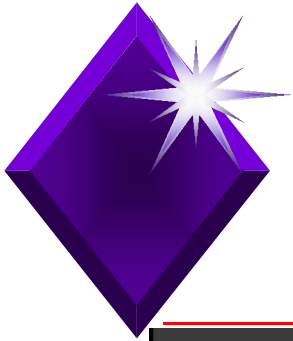
## *Pola Keruntuhan Sistem Pracetak A*





## *Pola Keruntuhan Sistem Pracetak B*

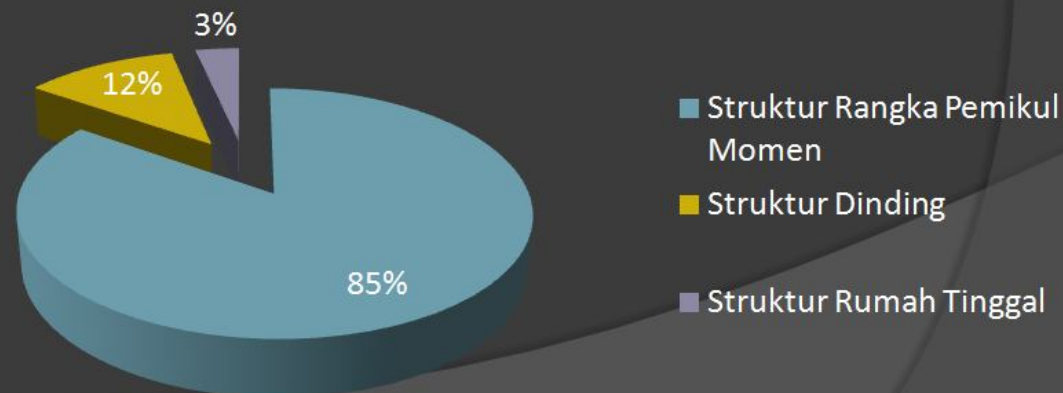


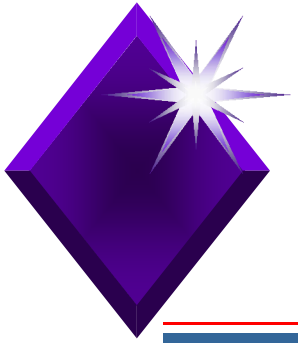


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

- Sejak 1999 hingga 2013 : **62 sistem struktur** telah diuji dan **59 sistem diterbitkan sertifikat pengujian**
- Umumnya berupa **sistem rangka pemikul momen**

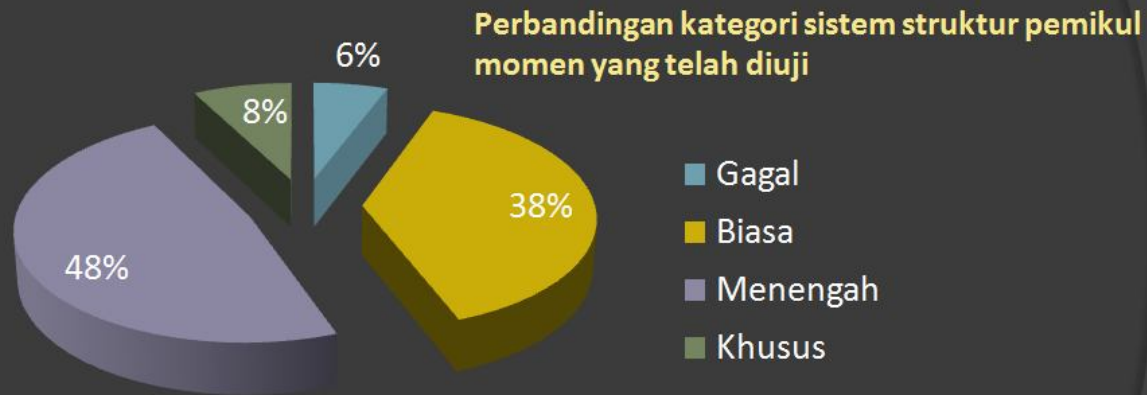
Sertifikat Pengujian yang telah diterbitkan berdasarkan jenis struktur



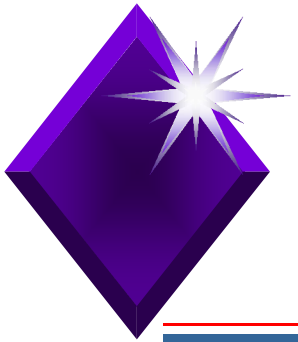


*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*


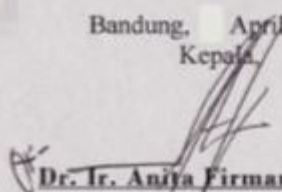
Dari sekian banyak pengujian, **baru 4 sistem** yang memenuhi **Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)**.....

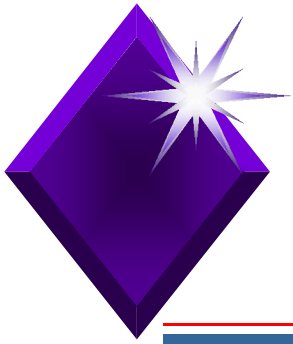


Peluang menghasilkan sistem struktur pracetak yang memenuhi **SRPMK** masih **sangat luas...**



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

	<b>KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM</b>
	<b>BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERMUKIMAN</b>
Jln. Panyaungan - Cileunyi Wetan - Kab. Bandung 40393 - PO Box: 812 - Bandung 40008 Telp. 022 - 7798393 ( 4 saluran); Fax. 022 - 7798392; Website: <a href="http://puskim.go.id">http://puskim.go.id</a>	
<b><u>SERTIFIKAT PENGUJIAN</u></b>	
No. _____	
Berdasarkan hasil pengujian terhadap model uji struktur pracetak <i>joint</i> balok kolom _____ SYSTEM dari P.T. _____ di Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum, maka dengan ini dinyatakan bahwa:	
<b><u>SYSTEM</u></b> _____	
Telah diuji berdasarkan ACI 374.1-05. Berdasarkan hasil evaluasi, sistem tersebut termasuk kategori Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) beton bertulang serta dapat diterapkan pada bangunan gedung bertingkat hingga 10 lantai dan dalam perancangannya harus mengikuti ketentuan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) sesuai dengan standar - standar perencanaan terkait.	
Sertifikat ini hanya berlaku jika pelaksanaannya sesuai dengan spesifikasi model uji yang diuji di laboratorium seperti yang tertuang dalam "Laporan Akhir Pengujian Struktur Pracetak <i>Joint</i> Balok Kolom _____"	
<b>“Tanggung jawab pemegang paten”</b>	Bandung, _____ April 2011
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Implementasi di lapangan</b></li><li>• <b>Tindak lanjut terhadap penyimpangan</b></li></ul>	Kepala  <b>Dr. Ir. Anita Firmanti., M.T.</b> NIP. 19600615 198703 2 001



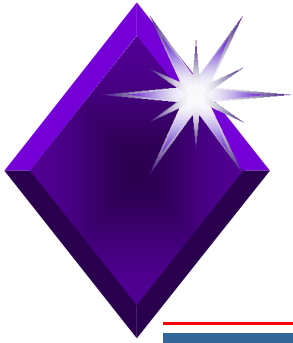
*SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON  
PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG*

---

**SISTEM PRACETAK A :** memenuhi kriteria SNI 7834:2012 Pasal 9.a.1 sampai dengan Pasal 9.a.3 sehingga dapat digunakan pada sistem struktur rangka pemikul momen beton bertulang pracetak dengan Katagori Desain Seismik (KDS) D,E, atau F dalam SNI 2847:2012 atau yang dikenal sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

**SISTEM PRACETAK B :** memenuhi kriteria SNI 7834:2012 Pasal 9.b, yaitu Benda Uji yang tidak memenuhi salah satu kriteria Pasal 9.a.1 sampai 9.a.3 hanya dapat digunakan pada sistem struktur rangka pemikul momen beton bertulang pracetak dengan Katagori Desain Seismik (KDS) A,B, atau C dalam SNI 2847:2012 selama dapat dibuktikan dengan metoda eksperimental dan analisis yang dapat dipertanggungjawabkan. Sistem ini termasuk katagori Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).





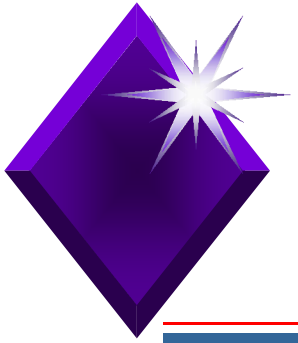
## SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG

**Tabel 9-Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)**

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
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 <sup>h,i</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	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	3½	3 <sup>o</sup>	3½	10	10	10	10	10

Alternatif penerapan sistem pracetak rangka pemikul momen

Slide 81

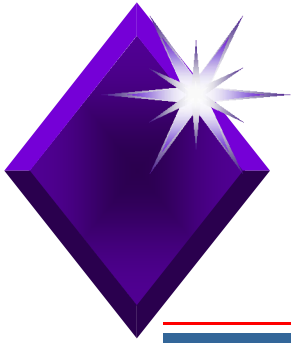


## SNI 7833:2012 TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG

**Tabel 9-Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)**

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa 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	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	6	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
<b>E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan</b>								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI <sup>AA</sup>
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30

Alternatif penerapan sistem pracetak rangka pemikul momen yang dikombinasikan dengan dinding geser



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

**Tabel 9-Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)**

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
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 <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	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	3½	3 <sup>o</sup>	3½	10	10	10	10	10
<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan balina sedikit 25 persen gaya gempa yang</b>								