

CONCRETE STRUCTURE BEHAVIOUR

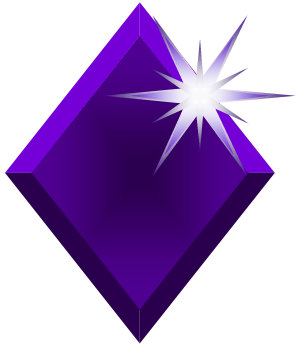


OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

**PRECAST & PRESTRESSED CONCRETE
DESIGN TECHNOLOGY AND APPLICATION**

GARUDA INFRASTRUCTURE

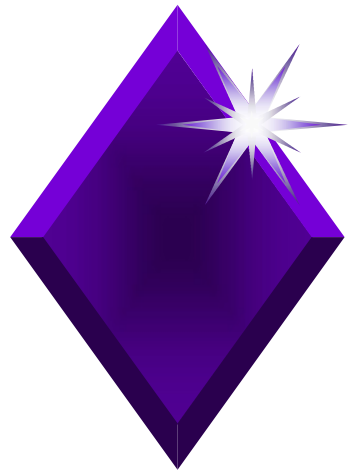


DAFTAR ISI

- Pendahuluan
- **Katagori Struktur Beton**
- Konsep Analisis dan Perencanaan Elemen Struktur
- Ukuran efisiensi perencanaan
- **Perilaku fisik elemen penyusun struktur beton**
- Perilaku komponen struktur beton bertulang
- Perencanaan tahan gempa struktur beton
- Penutup

CONCRETE STRUCTURE BEHAVIOUR

1. PENDAHULUAN

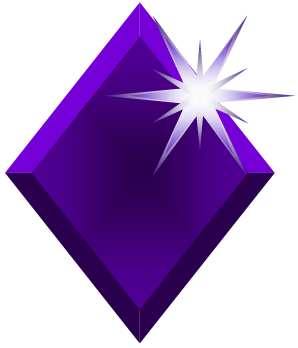


OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

**PRECAST & PRESTRESSED CONCRETE
DESIGN TECHNOLOGY AND APPLICATION**

GARUDA INFRASTRUCTURE

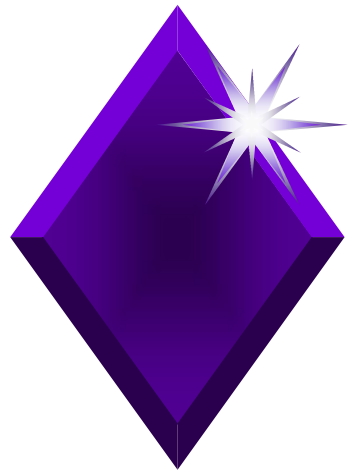


PENDAHULUAN

- Struktur beton adalah material yang paling populer di Indonesia karena materialnya sebagian besar ada di dalam negeri dan dapat dilakukan dengan “mudah” dan fleksibel
- Perilaku struktur beton menjadi penting dipahami agar pemakaiannya dapat sesuai dengan kebutuhan dan efisien
- Pengetahuan dan pemahaman terhadap code terbaru adalah penting agar konstruksi dapat memenuhi aspek legal-teknis

CONCRETE STRUCTURE BEHAVIOUR

2. KATAGORI STRUKTUR BETON

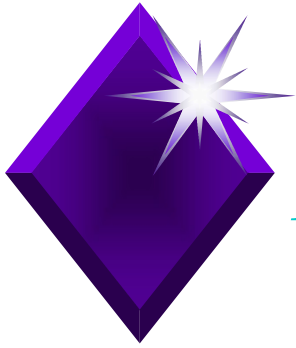


OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

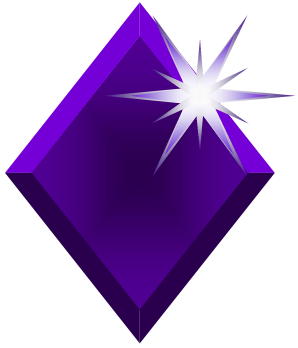
**PRECAST & PRESTRESSED CONCRETE
DESIGN TECHNOLOGY AND APPLICATION**

GARUDA INFRASTRUCTURE



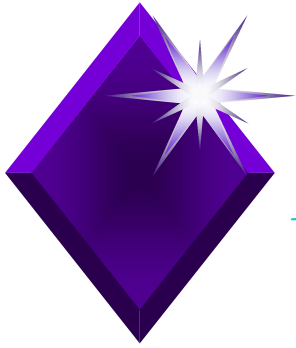
MATERIAL BETON - BAJA

No	Sifat	Beton	Baja
1.	Kekuatan	Baik ditekan. Lemah ditarik	Lemah ditekan Kuat ditarik
2.	Jenis material	Geologik ~ Heterogen	Logam ~ Homogen
3.	Sifat keruntuhan	Getas	Daktail
4.	Durabilitas	Baik	Buruk (berkarat)
5.	Penghantar panas	Buruk (Isolator) Tahan api	Baik (konduktor) Tak tahan api
6.	Harga	Murah	Mahal



MATERIAL BETON-BAJA

- **Struktur Beton Bertulang**
 - Beton dan Baja tulangan lunak
 - Tulangan diletakkan di daerah tarik beton
 - Tegangan tekan ditahan beton
 - Tegangan tarik ditahan tulangan baja
- **Struktur Beton Prategang**
 - Beton mutu tinggi dan baja mutu tinggi
 - Kelemahan tarik beton dikompensasi oleh tegangan prakompresi yang diberi melalui sistem prategang
- **Struktur komposit**
 - Beton dan baja profil
 - Perilaku mendekati struktur baja



MATERIAL BETON - BAJA

	Beton bertulang	Beton Prategang	Komposit
1. Material	Beton normal Baja tulangan lunak & pasif	Beton mutu tinggi Baja mutu tinggi & aktif	Beton normal Baja profil
2. Sifat	Daktail pada kondisi underreinforced	Getas	Daktail
3. Performa	Kondisi retak pada beban layan	Kondisi utuh pada beban layan	Kondisi elastik pada beban layan
4. Cara Perencanaan	Umumnya metoda kekuatan batas	Metoda elastik Pengaruh sifat jangka panjang beton & baja Stress control	Metoda elastik
5. Metoda Pelaksanaan	Mudah	Perlu spesialis	Sedang
6. Biaya	Murah	Pratarik ~ murah Pasca tarik ~ mahal	Mahal

CONCRETE STRUCTURE BEHAVIOUR
3. KONSEP ANALISIS DAN PERENCANAAN
ELEMEN STRUKTUR

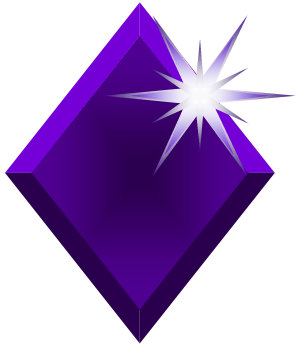


OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

**PRECAST & PRESTRESSED CONCRETE
DESIGN TECHNOLOGY AND APPLICATION**

GARUDA INFRASTRUCTURE

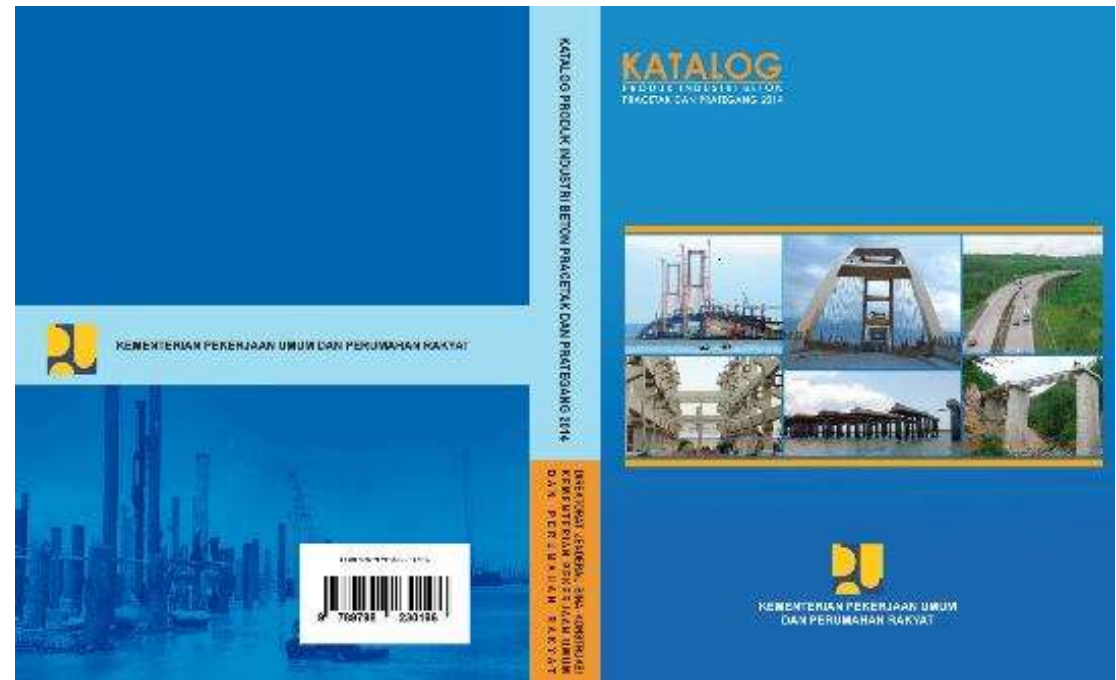


KONSEP ANALISIS DAN PERENCANAAN ELEMEN STRUKTUR

- Bangunan
 - Fungsi (beban mati, beban hidup)
 - Beban eksternal (gempa, angin)
- Analisis Struktur
 - Gaya-gaya dalam
 - Perubahan bentuk
- Desain elemen struktur
 - Berdasarkan mode gaya-gaya dalam dan geometrik elemen
 - CUKUP kuat, CUKUP kaku, CUKUP stabil



- Pada tahun 2019 dan 2020 Badan Standar Nasional mengeluarkan 3 SNI major dalam bidang konstruksi :
 - SNI 1726:2019 (Gempa)
 - SNI 2847:2019 (Beton)
 - SNI 1727:2020 (Pembebanan)
- IAPPI dan AP3I segera melakukan kajian terhadap seluruh produk untuk melakukan penyesuaian
- Penyesuaian dilakukan pada tiap produk yang tercantum dalam katalog
 - Produk terkait Bangunan Gedung
 - Produk terkait Pekerjaan Infrastruktur





Code dan Referensi

SNI 1726:2019



Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

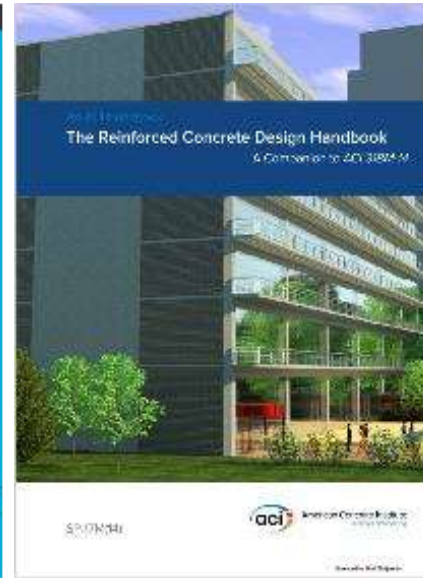
SNI 2847:2019



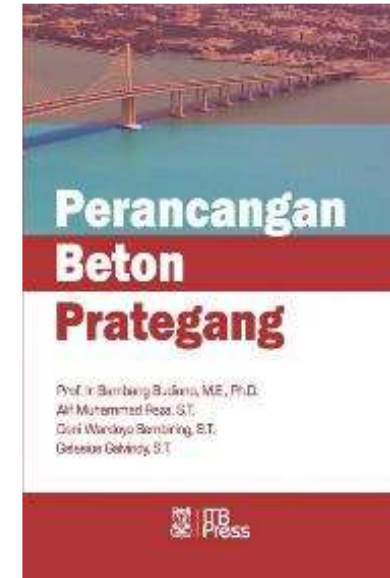
Pesyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan jembatan



Design Handbook 8th



ACI 318 Design Handbook



Perancangan Beton Prategang



SNI 1727:2020

Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain

SNI 1727:2020



SNI 2052:2017

Baja tulangan beton

SNI 2052:2017



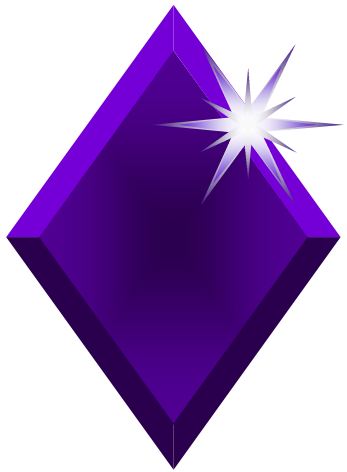
Sejarah Regulasi

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 mewadahi perkembangan yang sangat pesat di lapangan

Sejarah Regulasi

PERKEMBANGAN DALAM SNI BETON



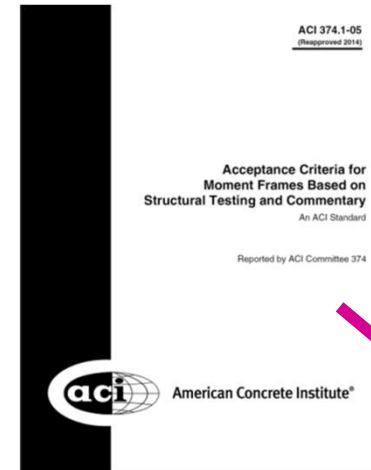
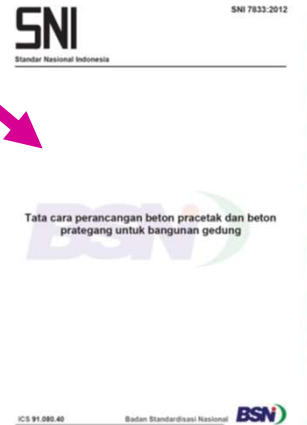
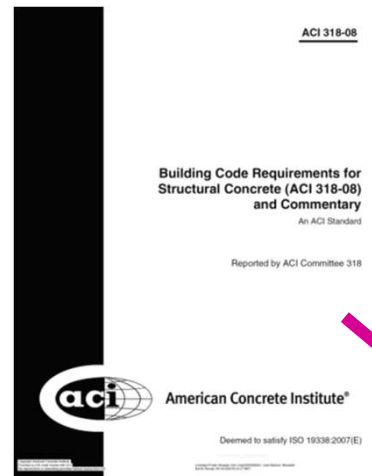
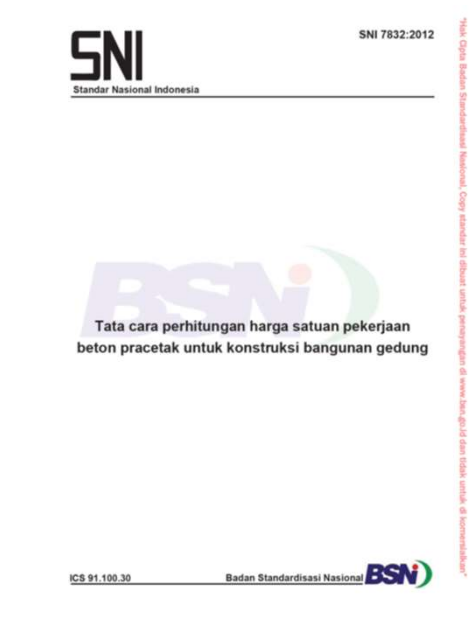
6. SNI 2847 direvisi pada tahun SNI 2847:2013 yang merupakan adopsi dari ACI 318-11. SNI tentunya sudah lebih maju dari referensi ACI 318-08 yang jadi referensi SNI 7833:2012, hanya saja SNI 2847:2013 tidak menyertakan commentary ACI 318-11. Pada commentary banyak hal tentang sistem pracetak yang mengkaitkan 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

Perkembangan dalam SNI Beton

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



Dibuat dari penelitian IAPPI

Slid



Sejarah Regulasi

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

301M-10
An ACI Standard

Specifications for Structural Concrete

Recorded by ACI Committee 301

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.

ACI American Concrete Institute®

SNI
Standar Nasional Indonesia

SNI 6880:2016

Spesifikasi beton struktural

ICS 91.080.40 Badan Standardisasi Nasional BSN

PCI Certification
for plants, personnel, and product erection

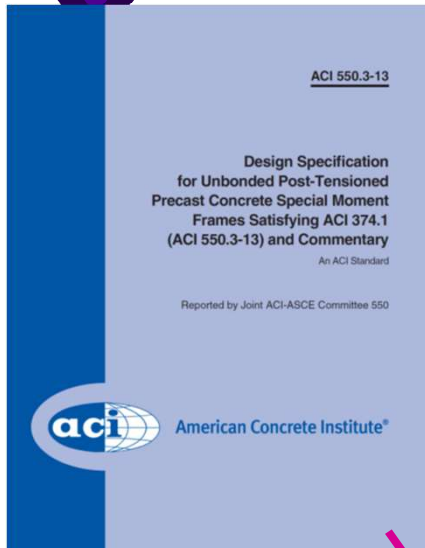
Over 40 years of excellence

PCI Certification - Based on the Body of Knowledge for the Precast Concrete Structures Industry

Saat ini AP3I sedang mengadopsi Manual PCI Certification



Sejarah Regulasi



Spesifikasi perancangan rangka pemikul momen khusus beton pracetak pascatarik tanpa lekatan



"Halaman ini adalah dokumen standar nasional yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional, Badan Standardisasi Nasional, Badan Standardisasi Nasional, dan Badan Standardisasi Nasional."/>



Analisis harga satuan pekerjaan beton pracetak insitu untuk konstruksi bangunan gedung



"Halaman ini adalah dokumen standar nasional yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional, Badan Standardisasi Nasional, Badan Standardisasi Nasional, dan Badan Standardisasi Nasional."/>

6.19 Ereksi 1 buah komponen untuk pelat pracetak

Tabel 15 – Ereksi 1 buah komponen untuk pelat pracetak

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Solar	L	6,676
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
	Kepala tukang	OH	0,067
	Mandor	OH	0,067

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



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 Concr

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 C

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 Coi

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



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

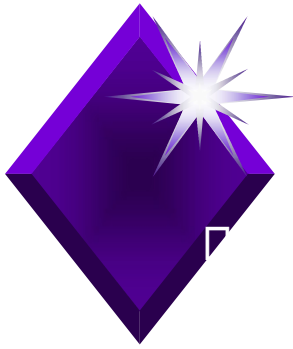


RSNI2 RSN2 XXXX-20XX
Rancangan Standar Nasional Indonesia 2

Panduan desain untuk komponen penyambung
sistem pracetak

Rencana dikonsensuskan 2021

Sudah dikonsensuskan 9 Desember 2019

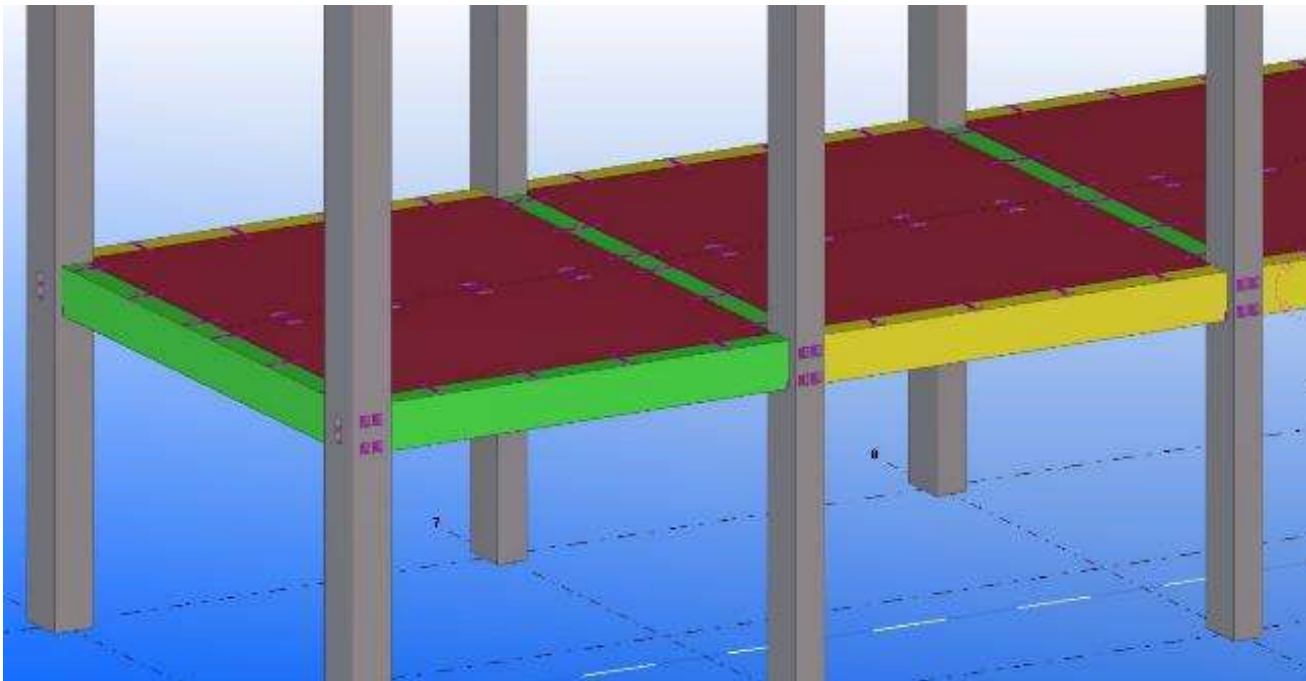


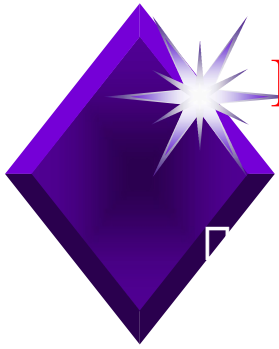
KOMPONEN UTAMA BANGUNAN GEDUNG

Bangunan Gedung bertingkat

Penahan beban gravitasi : berat sendiri dan beban layan

- Pelat
- Balok
- Kolom



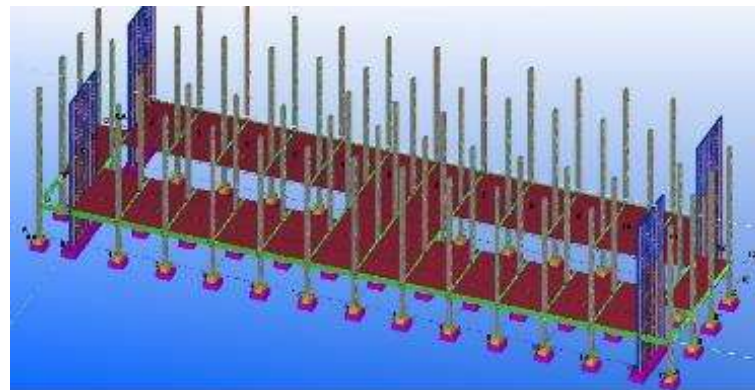


KOMPONEN UTAMA BANGUNAN GEDUNG

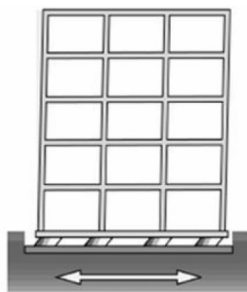
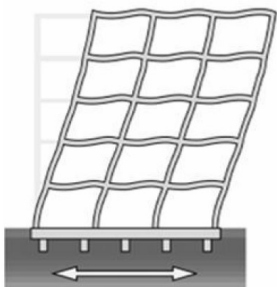
Bangunan Gedung bertingkat

Penahan beban lateral : gempa/angin → terpusat di massa pelat lantai dan disalurkan secara diafragma ke penahan vertikal

- Kolom
- Dinding geser
- Bracing



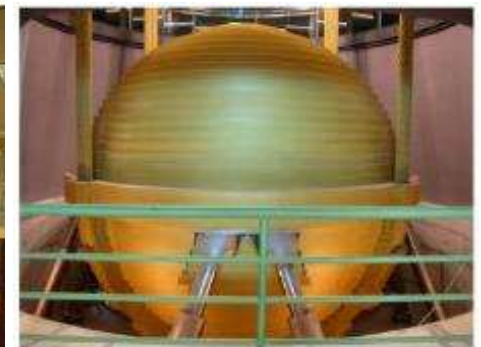
Alternatif : base isolation , peredam massa, peredam bracing

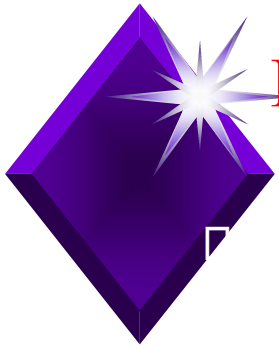


Elastomeric Bearing



Figure 20 Base insulation concept [7]



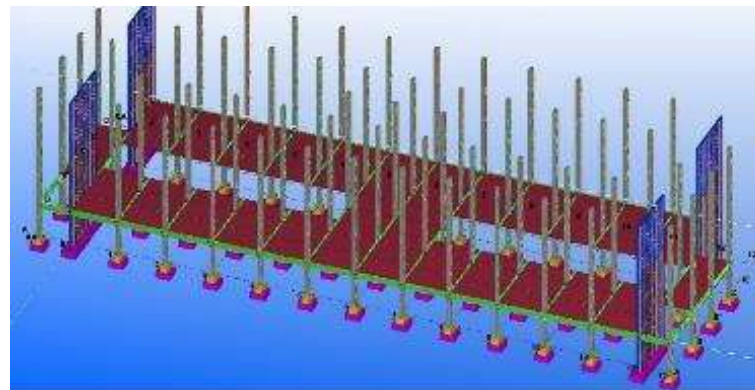


KOMPONEN UTAMA BANGUNAN GEDUNG

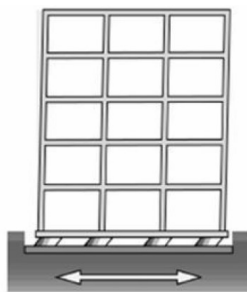
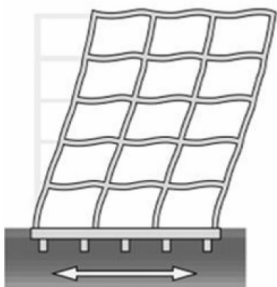
Bangunan Gedung bertingkat

Penahan beban lateral : gempa/angin → terpusat di massa pelat lantai dan disalurkan secara diafragma ke penahan vertikal

- Kolom
- Dinding geser
- Bracing



Alternatif : base isolation , peredam massa, peredam bracing



Elastomeric Bearing



Figure 20 Base insulation concept [7]



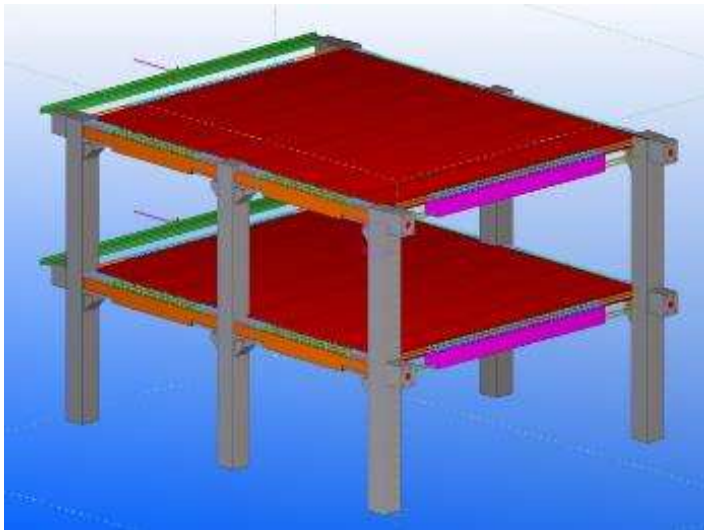
2. KOMPONEN UTAMA BANGUNAN GEDUNG

Struktur rangka

- Pelat
- Balok
- Kolom

Struktur dinding pemikul

- Dinding geser
- Pelat

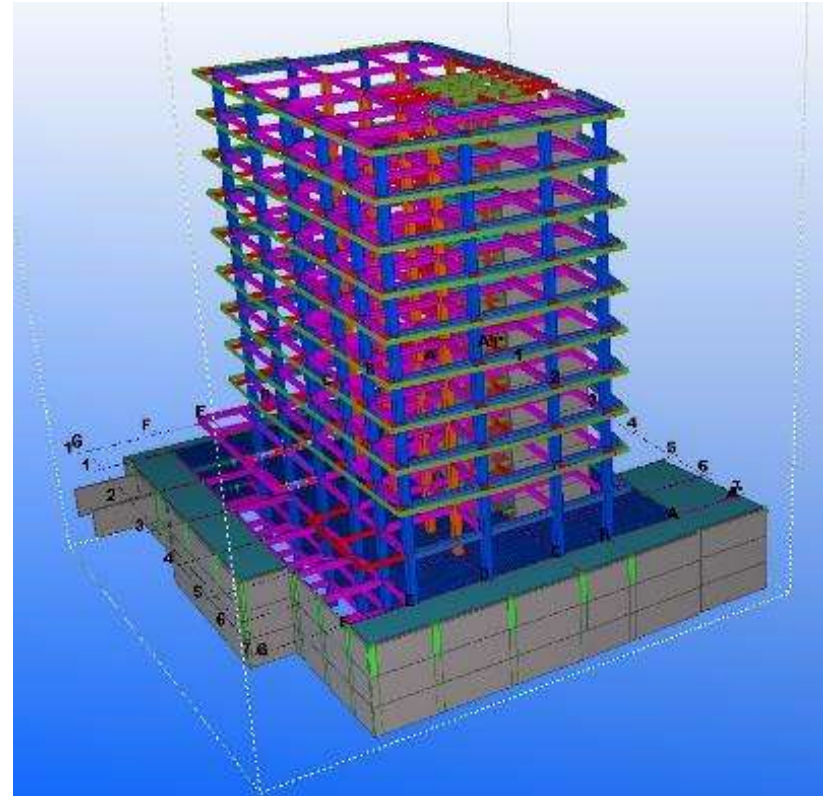


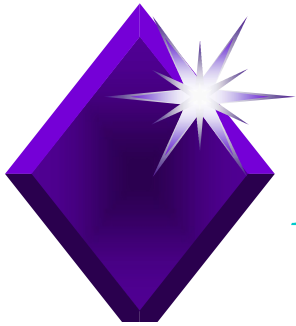
2. KOMPONEN UTAMA BANGUNAN GEDUNG

Sistem Rangka dan Dual System

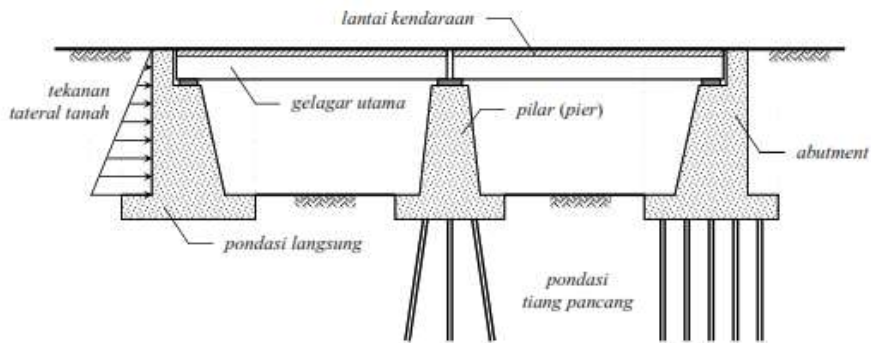
- Dinding geser
- Sistem Rangka
- Pelat

Cangkang,
Geometrik





KOMPONEN UTAMA JEMBATAN



Gambar 1.5 Pondasi dan Struktur Bawah Jembatan

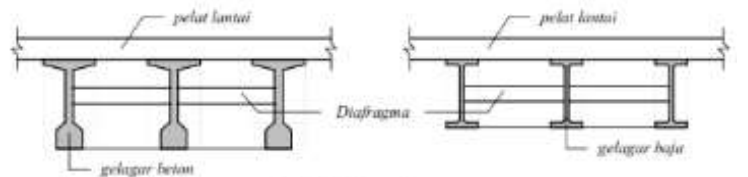


Solid Slab

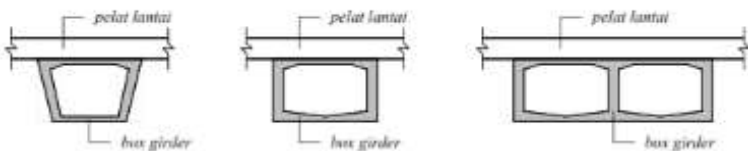
Voided Slab

Coffered Slab

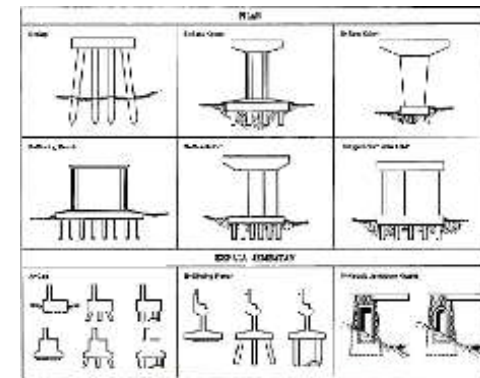
Gambar 1.2 Bentuk – Bentuk Lantai Jembatan



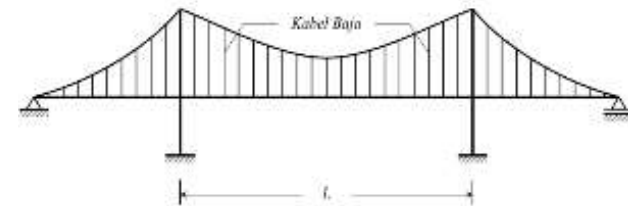
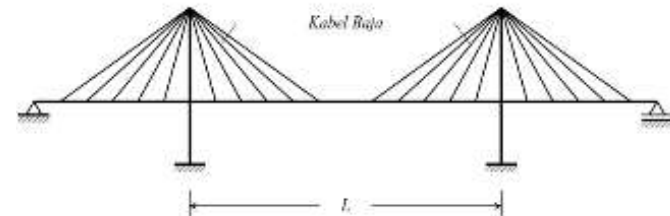
Balok (Gelagar)



Box Girder

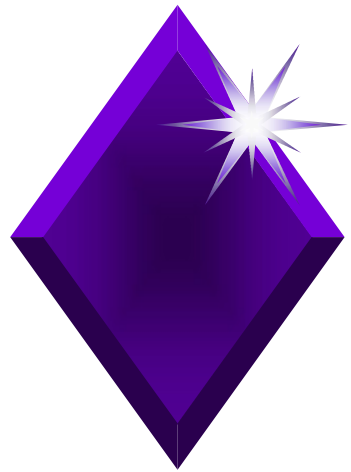


Gambar 18 Jenis-jenis jembatan dan pilar



CONCRETE STRUCTURE BEHAVIOUR

4. UKURAN EFISIENSI PERENCANAAN

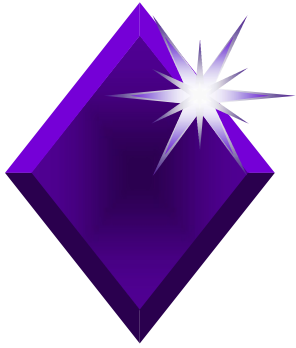


OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

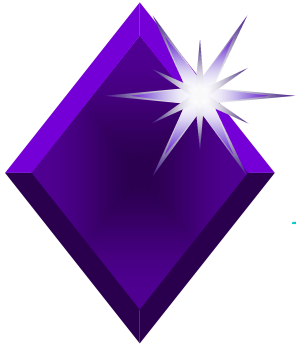
**PRECAST & PRESTRESSED CONCRETE
DESIGN TECHNOLOGY AND APPLICATION**

GARUDA INFRASTRUCTURE

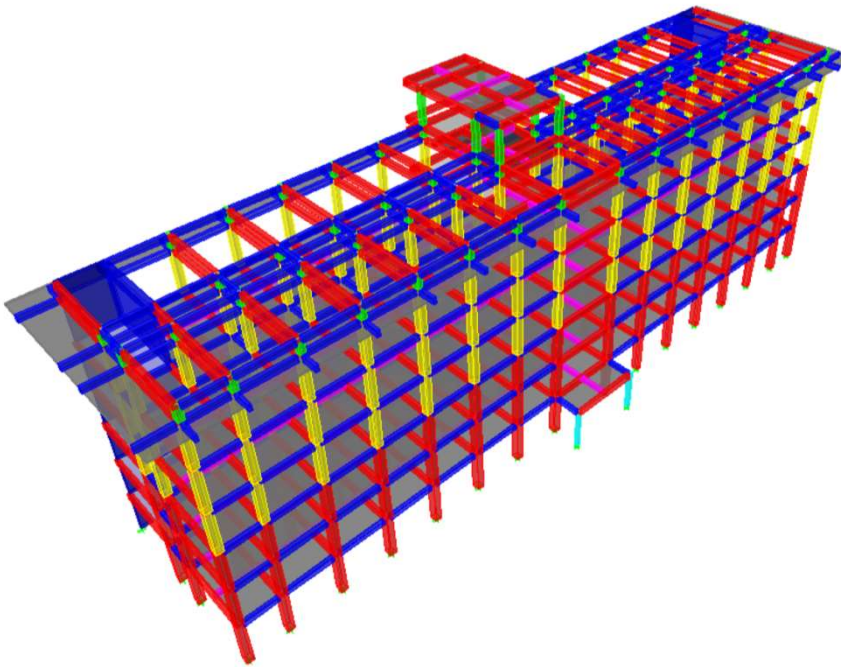


PARAMETER EFISIENSI

- Parameter efisiensi
 - Volume beton per luas bangunan (V_c/A) m^3/m^2
 - Rasio berat besi/volume beton (W_s/V_c) kg/m^3
 - Dengan parameter ini, dapat diperkirakan biaya konstruksi per m^2 bangunan dengan mengalikannya dengan harga satuan beton, bekisting, dan baja
- Parameter ini dapat diterapkan pada tiap komponen bangunan (pelat, balok, kolom, dinding, pile cap, sloof) untuk menjustifikasi apakah desain sudah efisien



PARAMETER EFISIENSI



TOTAL REKAPITULASI VOLUME VC DAN WS KOMPONEN KOLOM	
VOLUME BETON (Vc)	345,156
VOLUME BESI TULANGAN (Ws)	77.124,789
LUAS AREA LANTAI (A)	5.297,00
VOLUME BETON / LUAS (Vc/A) (M3/M2)	0,065
VOLUME BESI TULANGAN / VOLUME BETON (WS/Vc) (KG/M3)	223,449

TOTAL REKAPITULASI VOLUME VC DAN WS KOMPONEN BALOK	
VOLUME BETON (Vc)	358,521
VOLUME BESI TULANGAN (Ws)	85.628,841
LUAS AREA LANTAI (A)	5.297,00
VOLUME BETON / LUAS (Vc/A) (M3/M2)	0,068
VOLUME BESI TULANGAN / VOLUME BETON (WS/Vc) (KG/M3)	248,816

TOTAL REKAPITULASI VOLUME VC DAN WS KOMPONEN PELAT	
VOLUME BETON (Vc)	718,454
VOLUME BESI TULANGAN (Ws)	78.391,998
LUAS AREA LANTAI (A)	5.297,00
VOLUME BETON / LUAS (Vc/A) (M3/M2)	0,136
VOLUME BESI TULANGAN / VOLUME BETON (WS/Vc) (KG/M3)	109,112

TOTAL REKAPITULASI VOLUME VC DAN WS KOMPONEN TANGGA	
VOLUME BETON (Vc)	59,03
VOLUME BESI TULANGAN (Ws)	8.260,06
LUAS AREA LANTAI (A)	5.297,00
VOLUME BETON / LUAS (Vc/A) (M3/M2)	0,01
VOLUME BESI TULANGAN / VOLUME BETON (WS/Vc) (KG/M3)	139,929

TOTAL REKAPITULASI VOLUME VC DAN WS KOMPONEN TANGGA	
VOLUME BETON (Vc)	128,44
VOLUME BESI TULANGAN (Ws)	41.086,801
LUAS AREA LANTAI (A)	5.297,00
VOLUME BETON / LUAS (Vc/A) (M3/M2)	0,02
VOLUME BESI TULANGAN / VOLUME BETON (WS/Vc) (KG/M3)	343,290



PARAMETER EFISIENSI

TOTAL REKAPITULASI (A+B+C+D)

VOLUME BETON (Vc)				1.609,609
VOLUME BESI TULANGAN (Ws)				293.492,505
LUAS AREA LANTAI (A)				5.297,00
VOLUME BETON / LUAS (Vc/A) (M3/M2)				0,304
VOLUME BESI TULANGAN / VOLUME BETON (WS/Vc) (KG/M3)				182,338
HARGA SATUAN BETON/M3	3.500.000			
HARGA SATUAN BESI/KG	16.000			
HARGA STRUKTUR	10.329.513.266			
HARGA STRUKTUR/m2	1.950.069			

A.1	LANTAI DASAR					1.292.005.519,46
1	Kolom K-1					
	- Beton K-350	51,84	M ³	1.713.983,64		88.852.911,77
	- Besi beton	14.249,58	Kg	16.402,87		233.733.951,80
	- Bekisting	327,36	M ²	244.290,75		79.971.019,92

PEKERJAAN STRUKTUR ATAS (UPPER STRUCTURE)					11.214.268.790,88
A.1	LANTAI DASAR	Rp		1.292.005.519,46	
A.2	LANTAI 2	Rp		1.891.966.869,35	
A.3	LANTAI 3	Rp		1.752.183.983,94	
A.4	LANTAI 4	Rp		1.643.851.593,99	
A.5	LANTAI 5	Rp		1.634.559.038,27	
A.6	LANTAI 6	Rp		1.632.942.338,05	
A.7	LANTAI DAK	Rp		651.453.330,78	
A.8	LANTAI RB	Rp		375.163.794,91	
A.9	LANTAI ATAP	Rp		145.887.822,13	
A.10	RANGKA ATAP BAJA RINGAN	Rp		194.254.500,00	

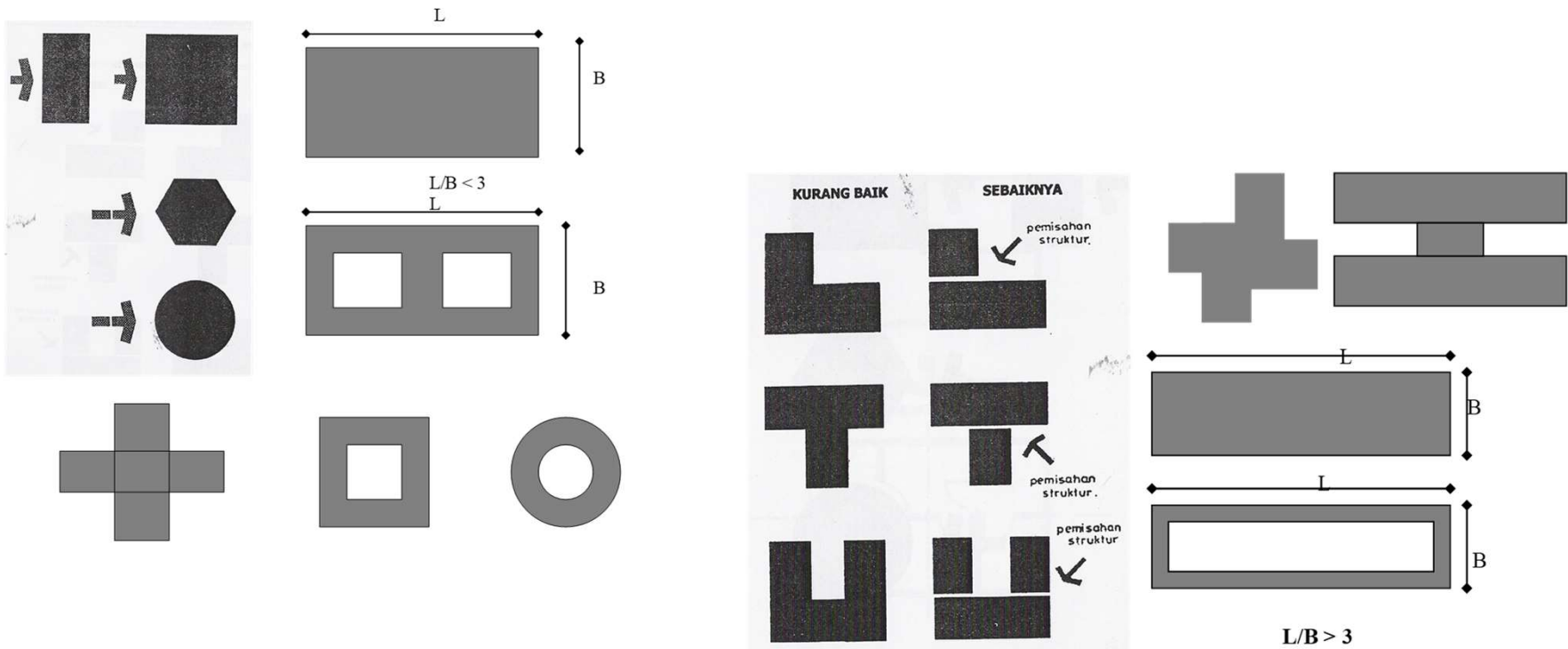
Harga struktur per m2 bangunan = Rp 2.117.098,-/m2 Slide-29

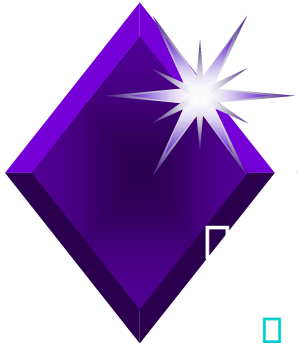


ANTARA EFISIENSI STRUKTUR DAN DESAIN ARSITEKTUR

Sistem struktur dan Arsitektur

- Reguler : ‘murah’ dan ‘nyaman’
- Tidak reguler : perlu usaha/biaya untuk membuat nyaman



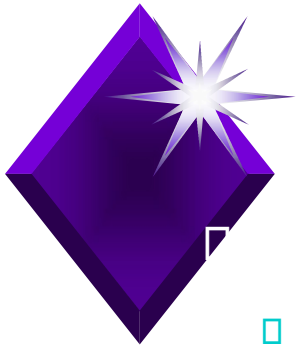


ANTARA EFISIENSI STRUKTUR DAN DESAIN ARSITEKTUR

Sistem struktur dan Arsitektur

- Integratif arsitektur-struktur





ANTARA EFISIENSI STRUKTUR DAN DESAIN ARSITEKTUR

Sistem struktur dan Arsitektur

- Iconic



CONCRETE STRUCTURE BEHAVIOUR
5. PERILAKU FISIK MATERIAL PENYUSUN
STRUKTUR BETON

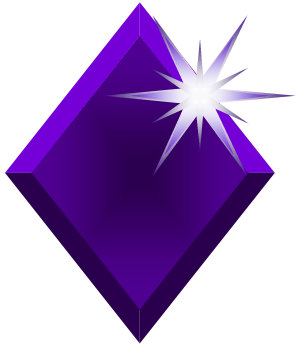


OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

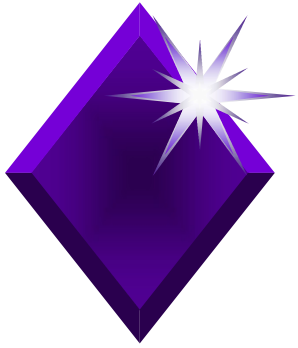
**PRECAST & PRESTRESSED CONCRETE
DESIGN TECHNOLOGY AND APPLICATION**

GARUDA INFRASTRUCTURE



PERILAKU FISIK

- Struktur beton terdiri 2 material utama
 - Material Beton
 - Material Baja
- Perilaku struktur beton akan ditentukan bagaimana cara mengkombinasikan Beton – Baja
- Seluruh formulasi perencanaan yang ada di code didasarkan perilaku fisik dasar ini



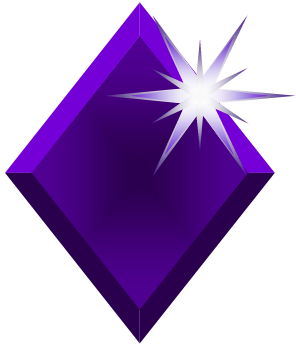
MATERIAL BETON

□ Umum

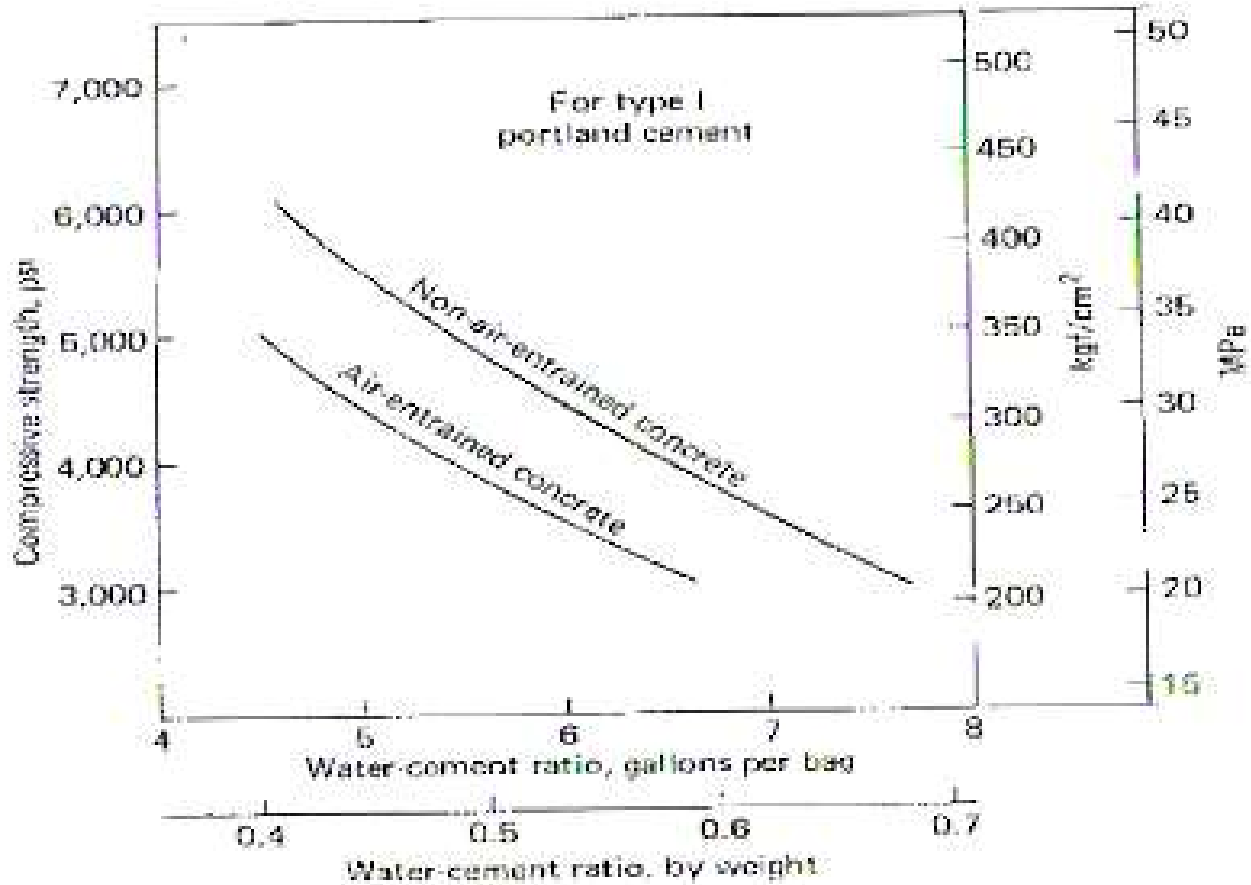
- Bahan : semen, air, agregat (kasar dan halus)
- Proses hidrasi semen + air mengikat agregat = material keras
- Batu buatan, heterogen, anisotropik, anorganik, geologik,
- Kuat di tekan, lemah di tarik

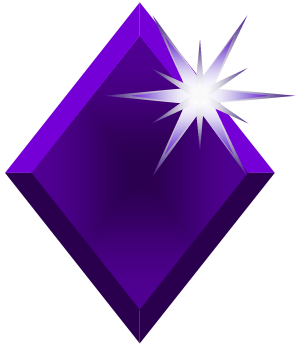
□ Aspek Kekuatan

- Parameter : Kuat tekan (f_c' , σ_{bk}), kuat tarik (f_t , f_r)
- Parameter campuran : w/c
- Sifat : riwayat waktu & variabel random



MATERIAL BETON



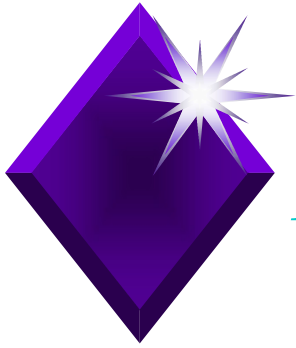


MATERIAL BETON

□ Aspek Kekuatan

□ Riwayat Kekuatan

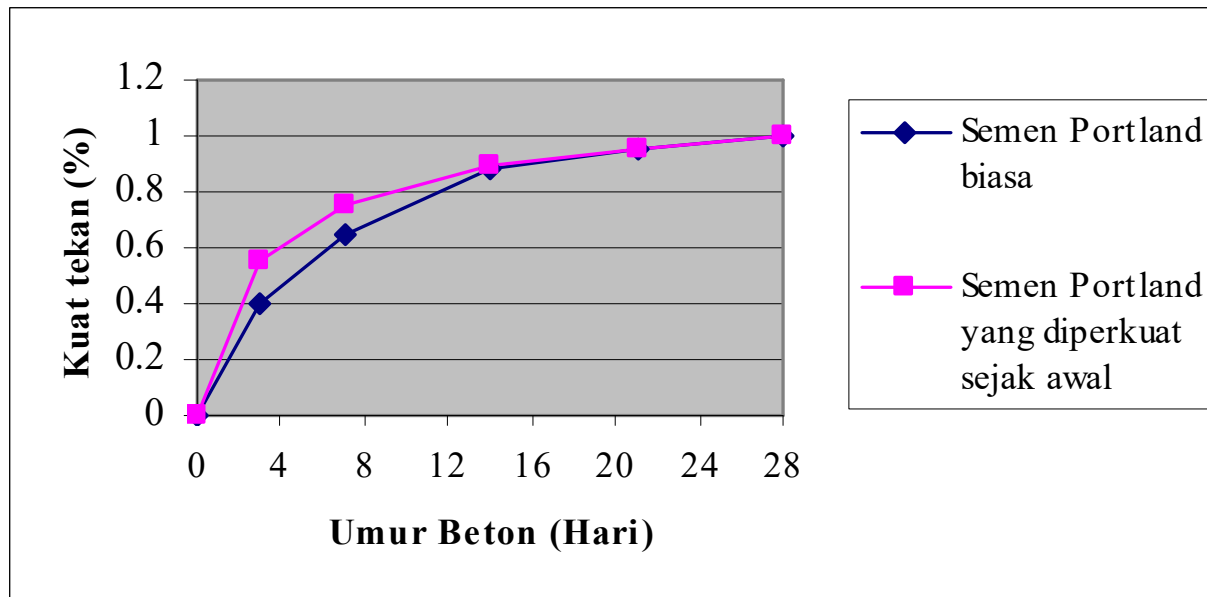
- Pencampuran --- kekuatan nol
- Proses hidrasi
 - setting s/d 72 jam pembentukan kerangka utama beton
 - pertumbuhan kekuatan cepat
 - Reaksi eksotermal
- Setelah kerangka utama struktur terbentuk pertumbuhan kekuatan melambat
- Disepakati usia 28 hari dijadikan standar



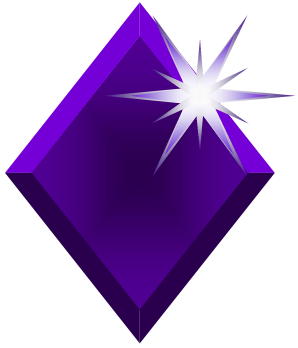
MATERIAL BETON

Referensi dari PBI 71

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

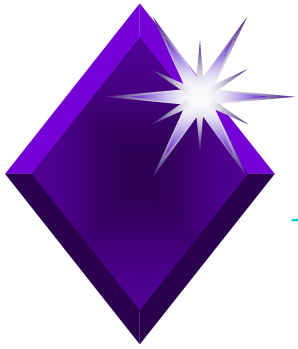


Pada SNI 2847:2019 tabel ini sudah tidak ada lagi → riwayat waktu sangat tergantung material tambahan , curing dll.



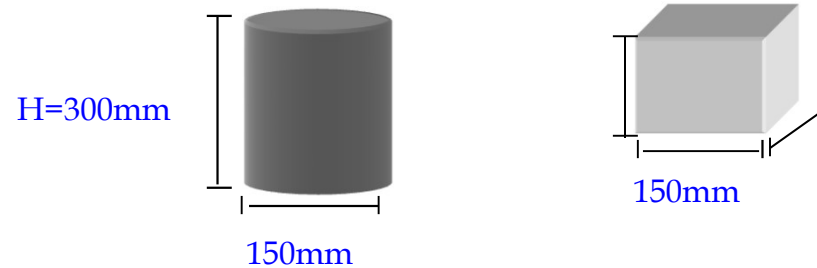
MATERIAL BETON

- Aspek Kekuatan
 - Kekuatan sebagai variabel acak
 - Konsekuensi dari sifat heterogen
 - Kuat tekan karakteristik (f_c') Diperoleh dari test benda uji silinder (SNI 2847:2019) → dulu kubus dalam PBI 71 (*sudah illegal sekarang*)
 - Parameter variabel acak : nilai rata2 dan standar deviasi



MATERIAL BETON

Benda Uji

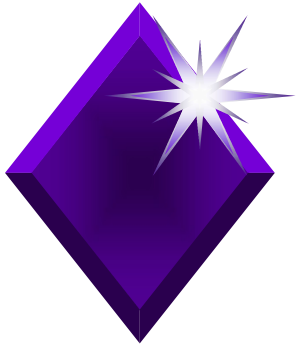


Sudah
illegal

$$f_c' = 0,83 \sigma_{bk}$$

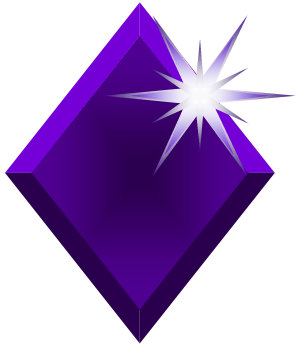
Hubungan kuat tekan karakteristik (kuat tekan yang mempunyai resiko kegagalan 5%), kuat tekan rata-rata dan standar deviasi

$$f_c' = f_c - 1,64 \delta f_c$$



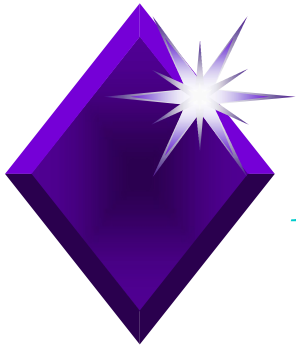
MATERIAL BETON

- Trial mix – uji komposisi campuran baru : sampel banyak (SNI 2847:2019)
- Proofing test, sampel secukupnya (SNI 2847:2019)
- Jika ada perubahan komposisi karena permasalahan sumber material dan belum pernah ada presedennya --- trial mix ulang



MATERIAL BETON

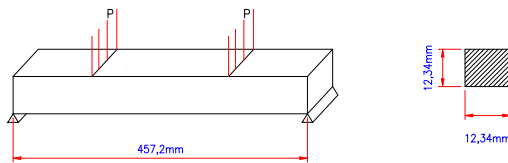
- Kalau ada indikasi tidak masuk (uji silinder tidak masuk atau ada gejala fisik (retak, lendut)
 - Field test : Test hammer, UPV atau core drill. (syarat di SNI 2847:2019)
 - Kalau tidak masuk juga load test
 - Kalau tidak masuk analisis ulang dengan mutu aktual
 - Masih OK
 - Beban dikurangi
 - Diperkuat
 - Hasil test lapangan tidak sama dengan kuat tekan karakteristik ideal yang didapat dari silinder test



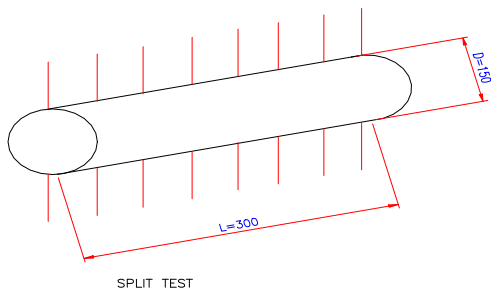
MATERIAL BETON

Aspek Kekuatan

- Kuat tarik : lentur (f_r) dan tarik belah (f_t)



$$f_r = \frac{M}{W} = \frac{6 Pa}{bh^2}$$

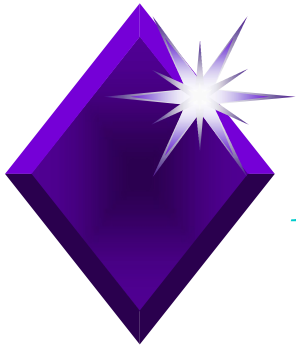


$$f_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

pasal 24.5.2 SNI 2847:2019

Perilaku penampang	Kelas	Batasan f_t
Tidak retak	$U^{[1]}$	$f_t \leq 0,62\sqrt{f_c'}$
Peralihan antara tak retak dan retak	T	$0,62\sqrt{f_c'} < f_t \leq 1,0\sqrt{f_c'}$
Retak	C	$f_t > 1,0\sqrt{f_c'}$

^[1]Pelat dua arah prategang direncanakan sebagai kelas U dengan $f_t \leq 0,50\sqrt{f_c'}$

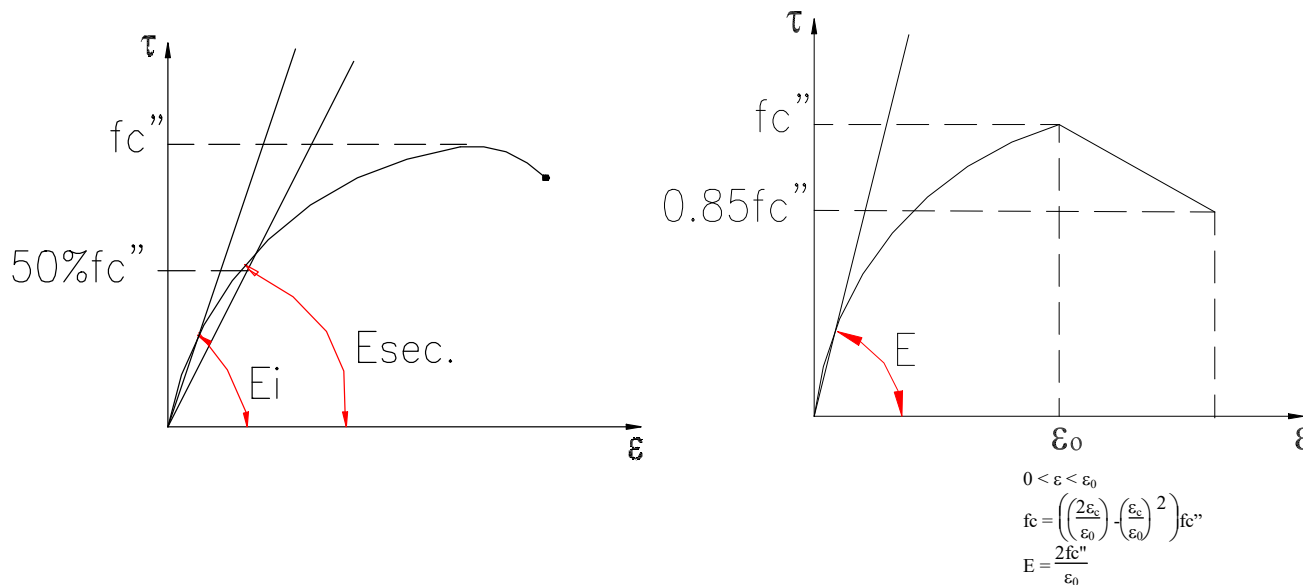


MATERIAL BETON

□ Aspek Hukum Konstitutif

□ Non linier dan Getas

□ Dianggap linier sampai 50% f_c' ---modulus sekan



19.2.2 Modulus elastisitas

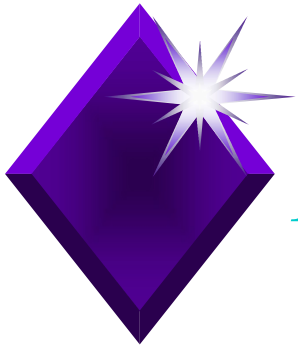
19.2.2.1 Modulus elastisitas beton, E_c , diizinkan untuk dihitung berdasarkan a) atau b):

a) Untuk nilai w_c di antara 1400 dan 2560 kg/m^3

$$E_c = w_c^{1.5} 0,043 \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)} \quad (19.2.2.1.a)$$

b) Untuk beton normal

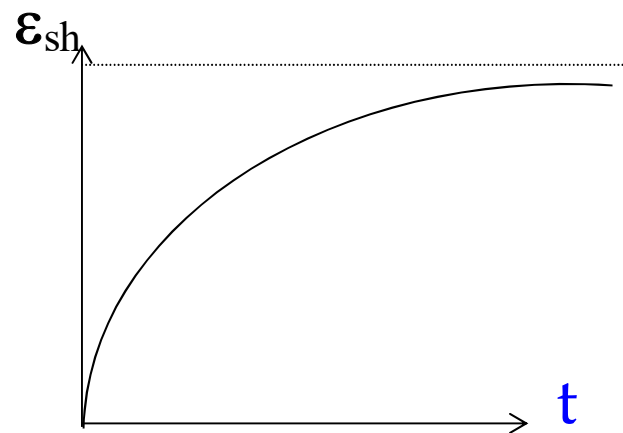
$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)} \quad (19.2.2.1.b)$$



MATERIAL BETON

□ Perilaku susut

- Selama proses hidrasi susut besar, beton bisa retak
- Biasanya ada sisa air yang tidak terikat semen selama proses hidrasi
- Air bisa menguap karena cuaca, volume berkurang, beton menyusut
- Harus diperhatikan dalam desain beton prategang

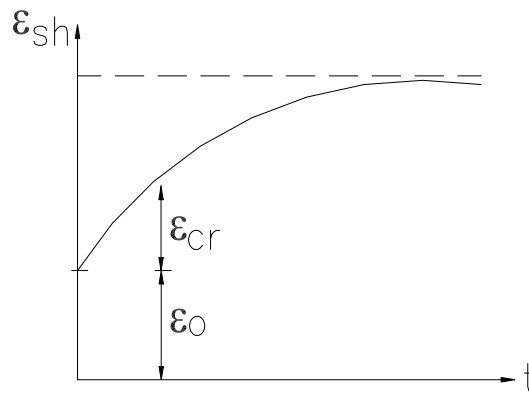


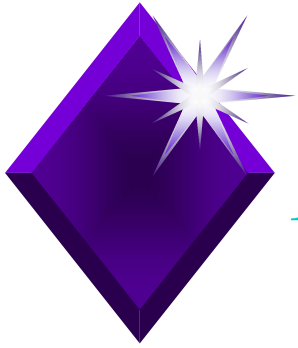
$$\epsilon_{sh} = 12,5^6 - 10^{-6} (90 - H)$$



MATERIAL BETON

- Perilaku rangkak
 - Merapatnya rongga-rongga beton karena beban tertahan (sustained load)
 - Beban tertahan : berat sendiri, beban mati tambahan, prategang
 - Harus diperhatikan dalam perencanaan prategang





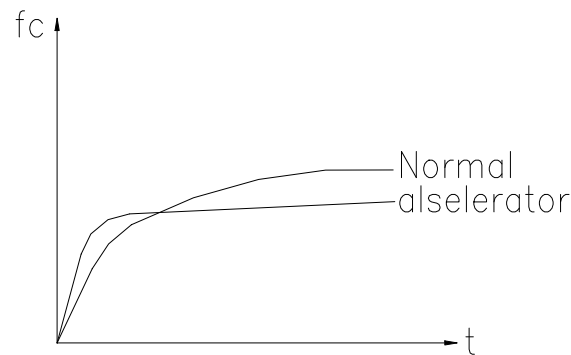
MATERIAL BETON

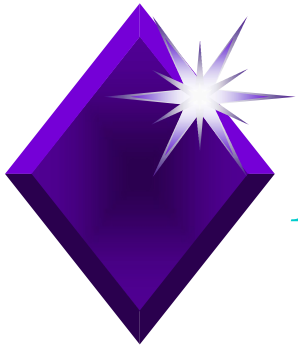
- Usaha memberi perilaku khusus pada beton
 - Kimia :
 - Akselerator
 - Retarder
 - Plastisizer
 - Fisika :
 - Beton ringan : agregat ringan, aerasi,
 - Perawatan beton : steam curing, wet curing
 - Kimia-Fisika : Beton kinerja tinggi



MATERIAL BETON

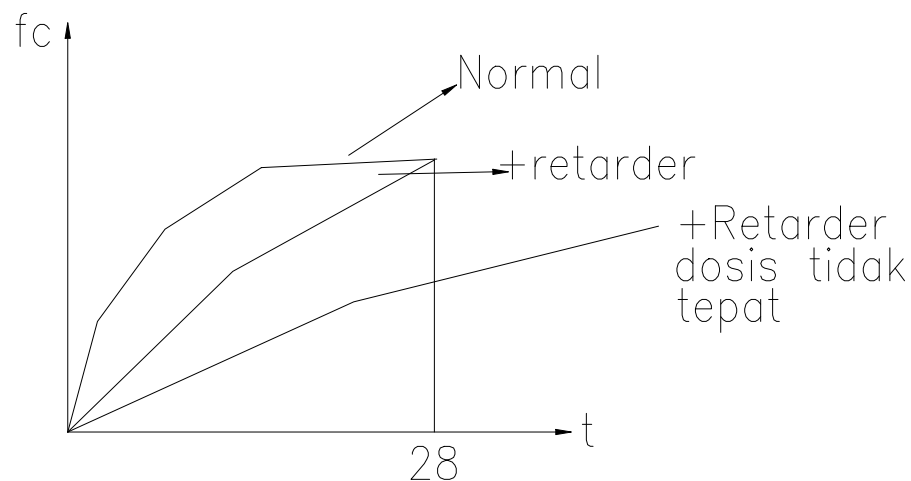
- Usaha memberi perilaku khusus pada beton secara kimia
 - Akselerator : mempercepat pengerasan beton
 - Industri pracetak
 - Mempercepat waktu konstruksi
 - Pertumbuhan kekuatan melambat dan jika tidak ada penyesuaian campuran kekuatan akhir $<$ kekuatan tanpa akselerator





MATERIAL BETON

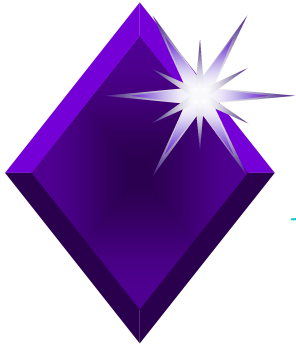
- Usaha memberi perilaku khusus pada beton secara kimia
 - Retarder : memperlambat pengerasan beton
 - Jika tempat pembuatan dan pengecoran jauh
 - Perhatikan baik-baik trial mix, kalau salah mutu tidak akan tercapai





MATERIAL BETON

- Usaha memberi perilaku khusus pada beton secara kimia
 - Plastisizer
 - Mempertinggi workability beton pada w/c rendah
 - Banyak digunakan pada beton mutu tinggi
 - Dosis harus tepat, pakai trial mix
 - Additif Kimia :
 - Tidak bisa dosis disuperposisi langsung untuk mendapatkan dua perilaku dari dua bahan
 - Perlu ada trial mix tersendiri untuk menggabungkan dua perilaku dari dua bahan additif

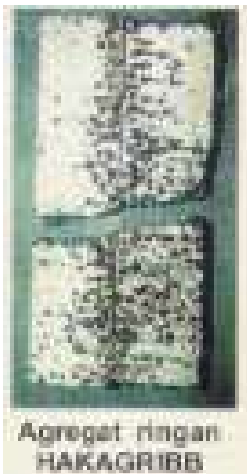


MATERIAL BETON

- Usaha memberi perilaku khusus pada beton secara fisika:
 - Beton ringan
 - Agregat ringan : bahan fly ash, clay shale ($\gamma = 12 - 18 \text{ kN/m}^3$)
 - Bahan aerasi : hebel, celcon ($\gamma < 10 \text{ kN/m}^3$)
 - Bahan serat : (steel, slug, polymer) : mempertinggi kuat tarik beton
 - Perawatan beton (Curing) :
 - Steam curing
 - Penggunaan uap panas : hangat dan lembab
 - Katalisator proses hidrasi, mempercepat pengerasan beton
 - Pertumbuhan kekuatan melambat setelah proses hidrasi
 - Wet Curing :
 - diperlukan untuk menjaga pertumbuhan kekuatan beton
 - Sebaiknya dilakukan sampai 2 minggu

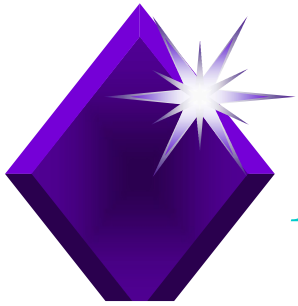


MATERIAL BETON

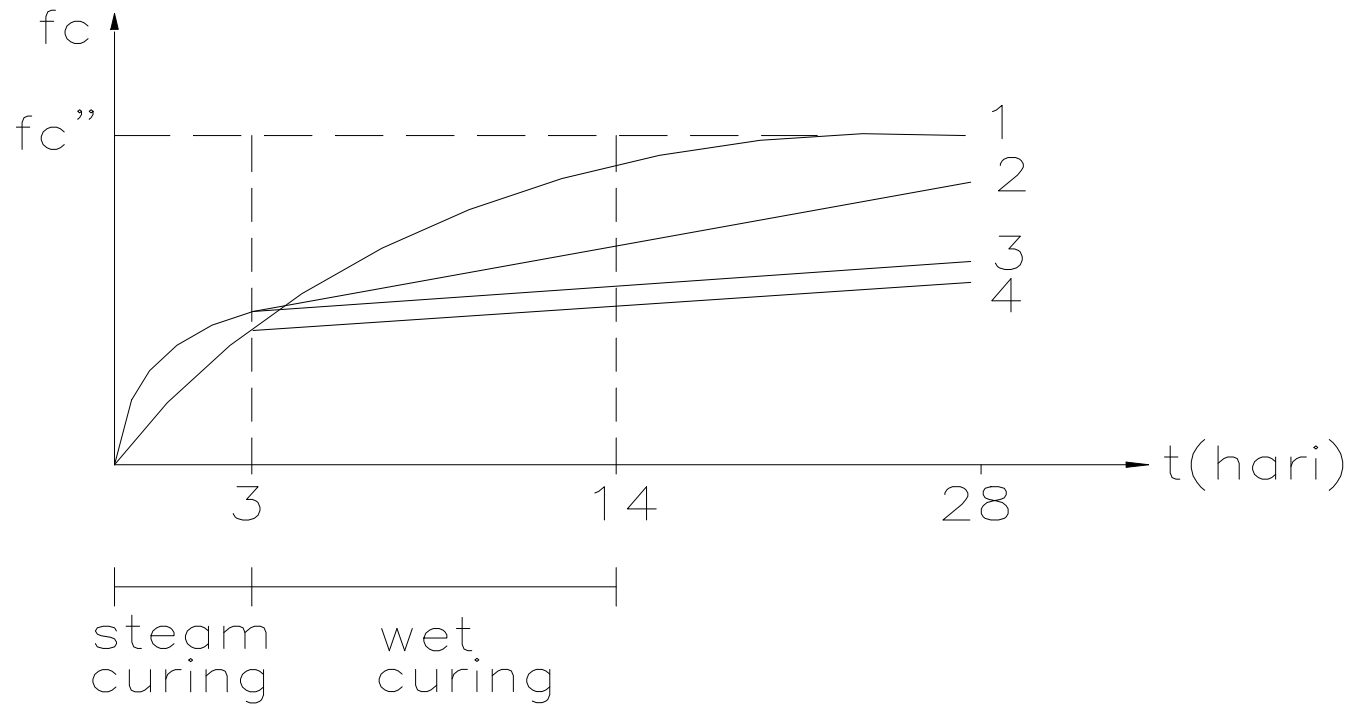


Rumah Tinggal Sistem bangunan he





MATERIAL BETON

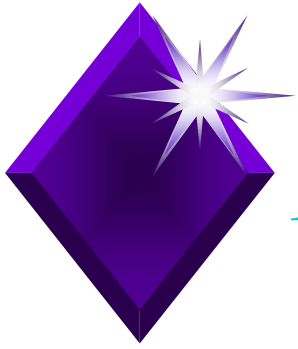


1. Beton normal (tanpa steam dengan wet curing)
2. Beton dengan steam & wet curing
3. Beton tanpa curing
4. Beton dengan steam curing tapi tanpa wet curing

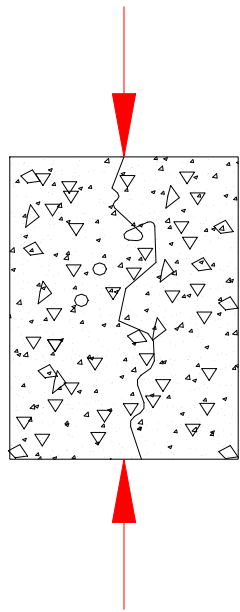


MATERIAL BETON

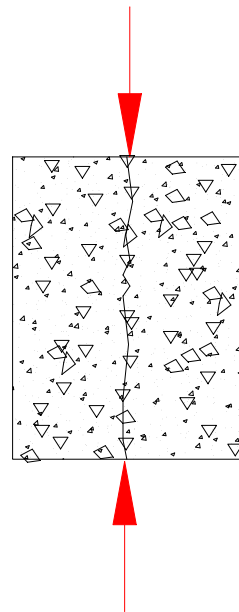
- Usaha memberi perilaku khusus pada beton secara kimia + Fisika
 - Membuat beton kinerja tinggi
 - Bahan berbasis silikat seperti fly ash dan silicafume :
 - Material yang lebih halus dari semen memperbaiki gradasi (fisika)
 - Material mengikat kapur mati sisa proses hidrasi (kimia)
 - Beton mutu tinggi --- keruntuhan di agregat (bukan di spesi)
 - Kekuatan beton +/- 70% kekuatan agregat
 - Kuat tekan beton di lapangan: 40% – 60% dari lab.



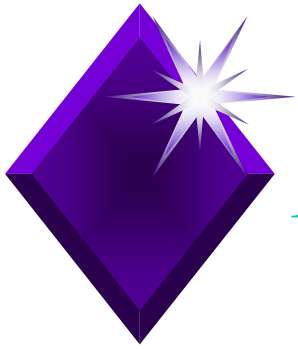
MATERIAL BETON



**Beton normal hancur di
Pasta**



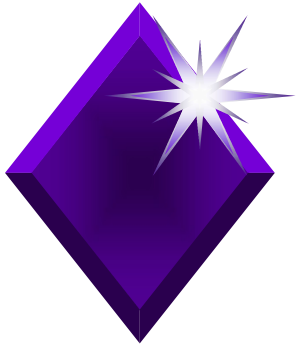
**Beton mutu tinggi hancur di
agregat**



MATERIAL BETON

- Grand Wisata (girder $f_c' = 60$ MPa, $H = 2$ m)





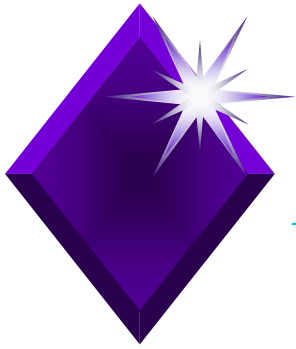
MATERIAL BAJA

□ Umum

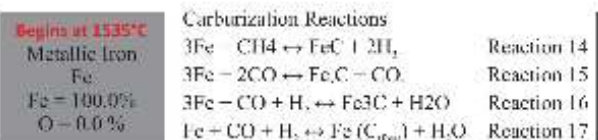
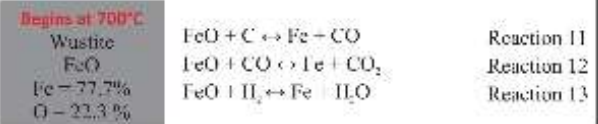
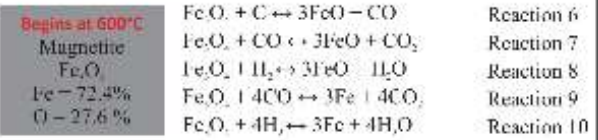
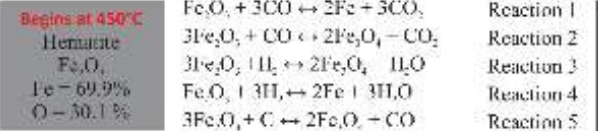
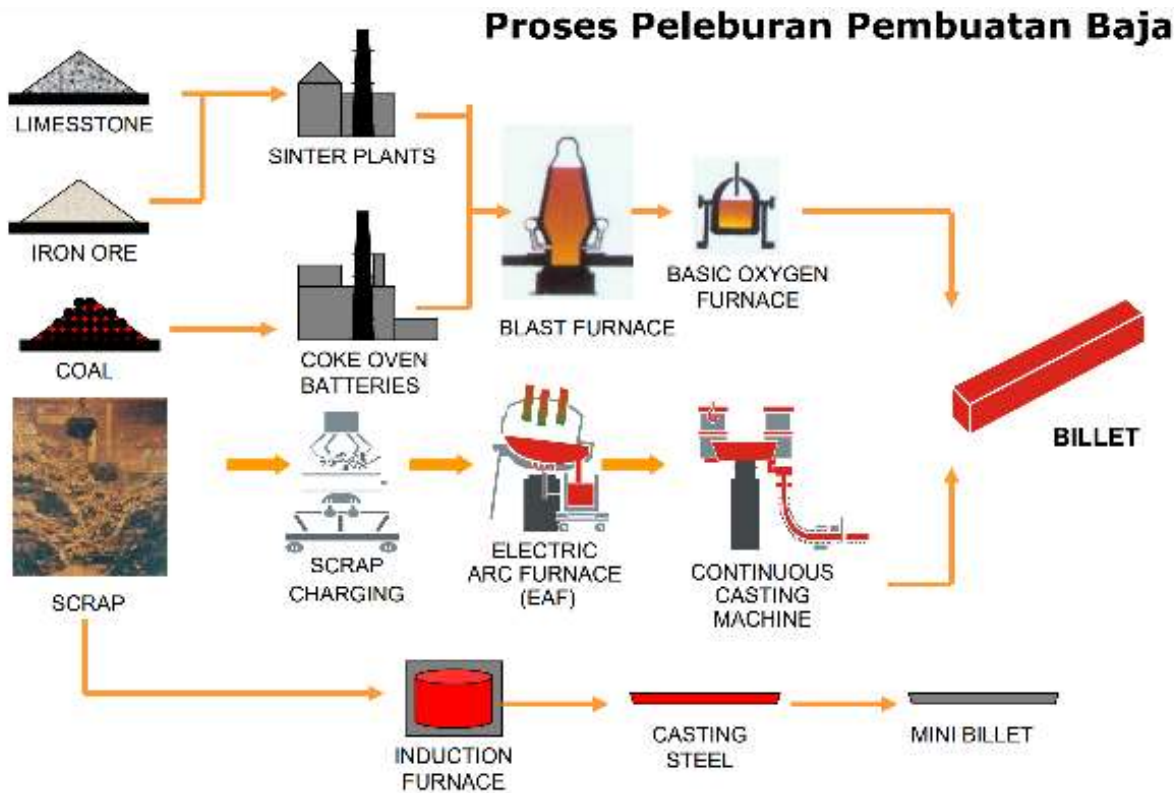
- Bahan : senyawa logam Besi (Fe) + karbon (C)
- Logam :Unsur daktail,Homogen,isotropik
- Baja dibuat di tanur tinggi
- Kadar karbon mempengaruhi kekuatan dan daktilitas
- Kuat di tarik, “lemah” di tekan (masalah stabilitas)
- Konduktor (jika terbakar merambat dengan cepat dan meleleh)
- Reaktif (cepat berkarat)
- Tidak punya sifat susut dan rangkak, tapi punya sifat relaksasi

□ Aspek Kekuatan

- Parameter : Kuat tarik
- Baja lunak : kuat tarik leleh (f_y)
- Baja mutu tinggi : kuat putus (f_u)



PENGENALAN MATERIAL BAJA



Reduction Reactions

Carburization Reactions

Gambar 1.2
 Proses reduksi mengubah besi oksida (Fe_2O_3) menjadi besi (Fe)

• Scrap

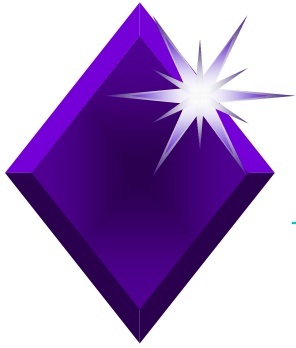


• Melting



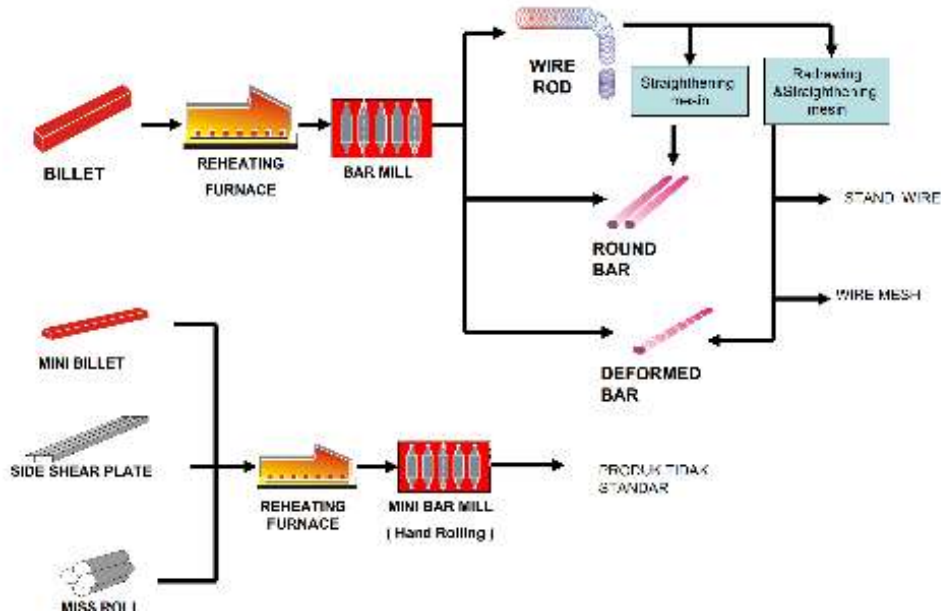
• C C M





PENGENALAN MATERIAL BAJA

Proses Produksi Round Bar / Deform Bar dan Wire Rod



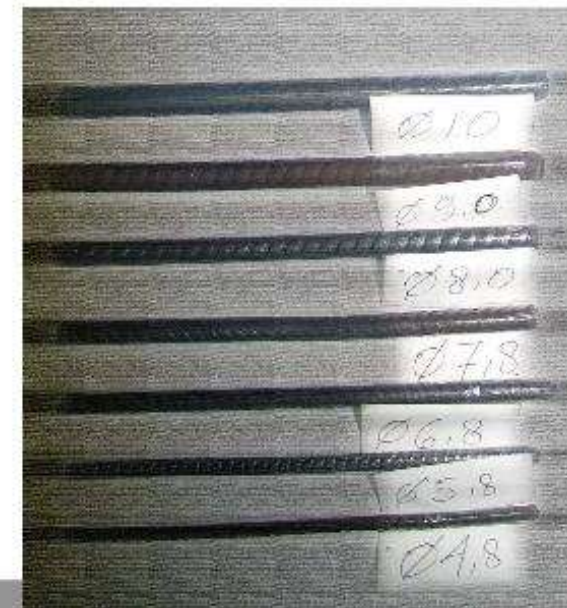
• Billet

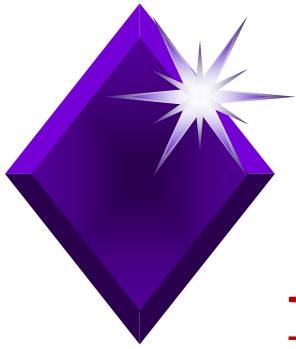


HOT ROLL WIRE



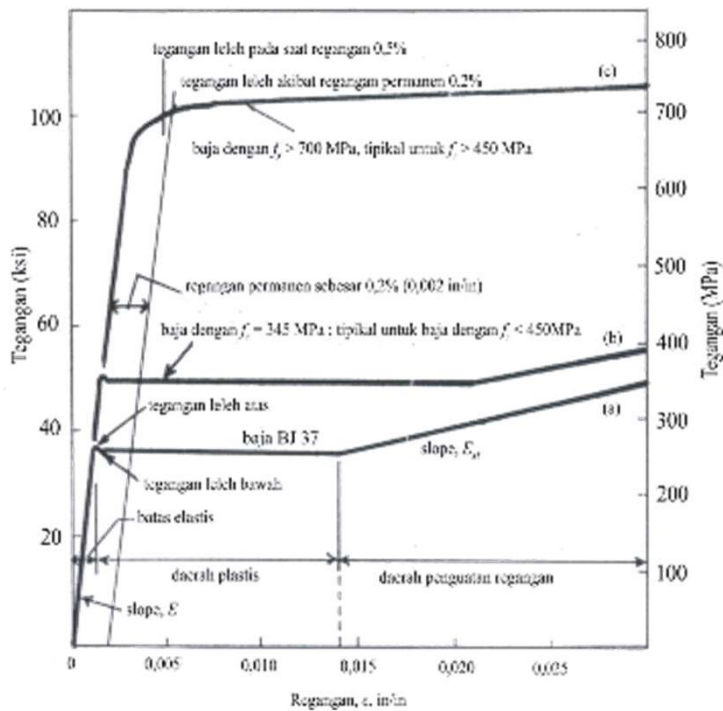
COLD ROLL WIRE



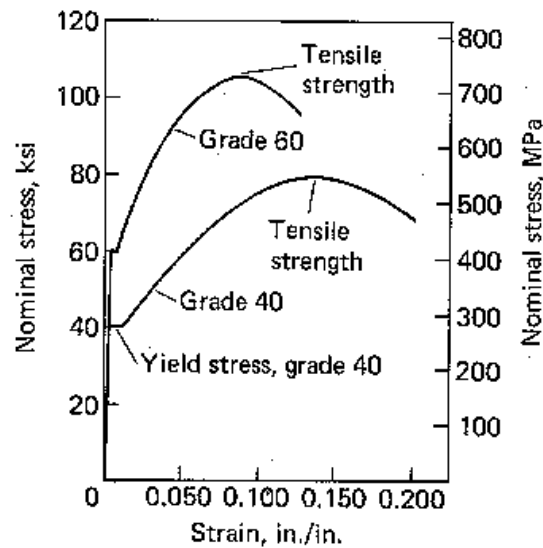


PENGENALAN MATERIAL BAJA

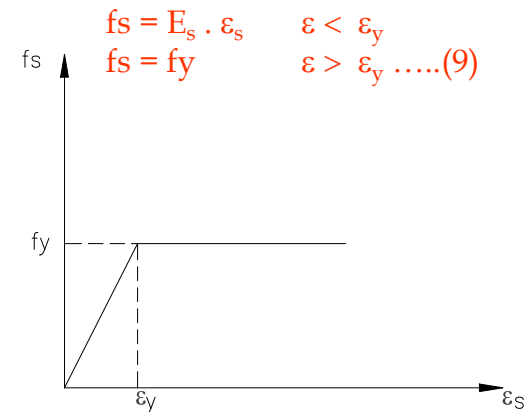
TEGANGAN- REGANGAN BAJA



1.12 Steel Reinforcement 23



(b) Entire curve to rupture



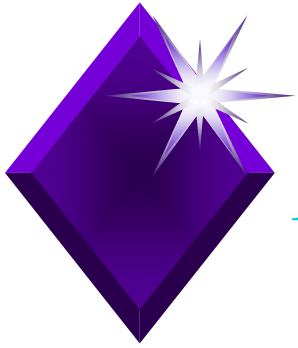
Besaran Material

- Modulus Elastisitas $E = 200000$ MPa (29000 ksi)
- Rasio Poisson $\mu = 0.3$
- Modulus Geser,

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

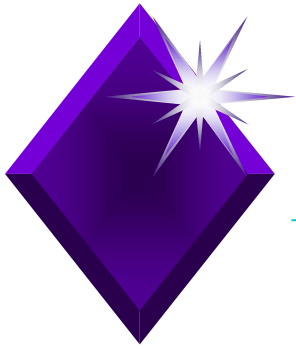
diambil 77200 MPa (11200 ksi)

$$\mu = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_y}$$



PENGENALAN MATERIAL BAJA

- Baja lunak
 - Kadar karbon rendah
 - Bersifat duktail (bisa lebih dari 100)
 - Bentuk:
 - Baja Tulangan deform, BjTS 420 $f_y = 420$ Mpa, SNI 2052:2017 S13, S16, S19, S22, S25, S32 (ASTM A615, ASTM A706)
 - Baja Tulangan polos BjTP 280, $f_y = 280$ Mpa, SNI 2052:2017 P6, P8, P10 (ASTM A615, ASTM A706)
 - Baja Profil $f_y = 250$ Mpa SNI 1729:2020 --- WF, Box, Plate, Pipe (ASTM A36)



MATERIAL BAJA

SNI 2052:2017 Baja tulangan beton

Tabel 1 – Komposisi kimia *billet* baja tuang kontinyu (*ladle analysis*)

Kelas baja tulangan	Kandungan unsur maksimum (%)					
	C	Si	Mn	P	S	C _{Eq} *
BjTP 280	-	-	-	0,050	0,050	-
BjTS 280	-	-	-	0,050	0,050	-
BjTS 420A	0,32	0,55	1,65	0,050	0,050	0,60
BjTS 420B	0,32	0,55	1,65	0,050	0,050	0,60
BjTS 520	0,35	0,55	1,65	0,050	0,050	0,625
BjTS 550	0,35	0,55	1,65	0,050	0,050	0,625
BjTS 700**	0,35	0,55	1,65	0,050	0,050	0,625

CATATAN:

- Toleransi nilai karbon (C) pada produk baja tulangan beton diperbolehkan lebih besar 0,03 %
- * Karbon ekuivalen, $C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$
- ** BjTS 700 perlu ditambahkan unsur paduan lainnya sesuai kebutuhan selain pada tabel di atas dan termasuk kelompok baja paduan

Tabel 2 - Ukuran baja tulangan beton polos

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

CATATAN:

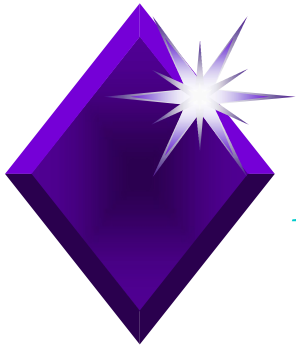
- *sebagai referensi
- Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran adalah sebagai berikut:
 - Luas penampang nominal (A)
 $A = 0,7854 \times d^2$ (mm²)
 d = diameter nominal (mm)
 - Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100}$ (kg/m)

Tabel 3 - Ukuran baja tulangan beton sirip/ulir

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

CATATAN:

- Diameter nominal hanya dipergunakan untuk perhitungan parameter nominal lainnya dan tidak perlu diukur
- Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sirip/ulir adalah sebagai berikut:
 - Luas penampang nominal (A)
 $A = 0,7854 \times d^2$ (mm²)
 d = diameter nominal (mm)
 - Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100} \times 0,7$ (kg/m)
 - Jarak sirip melintang maksimum = 0,70 d
 - Tinggi sirip minimum = 0,05 d
Tinggi sirip maksimum = 0,10 d
 - Jumlah 2 (dua) sirip membujur maksimum = 0,25 K
 Keliling nominal (K)
 K = 0,3142 x d (mm)



BAJA PRATEGANG

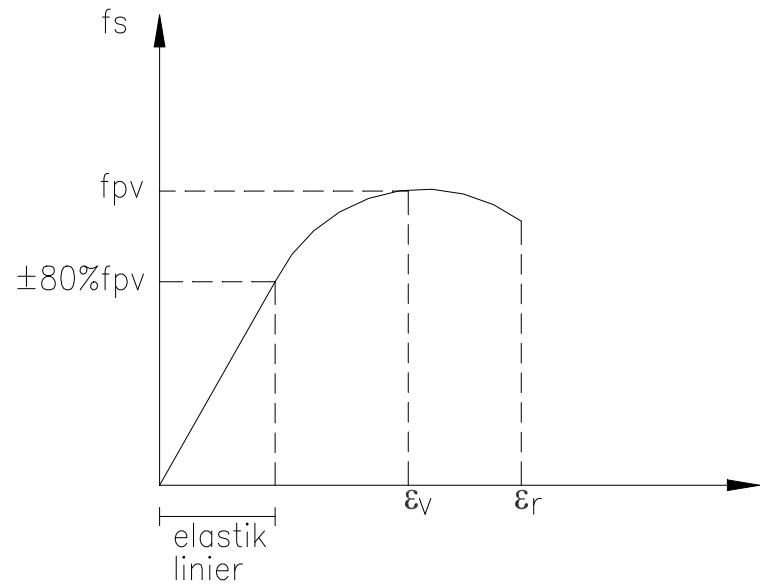
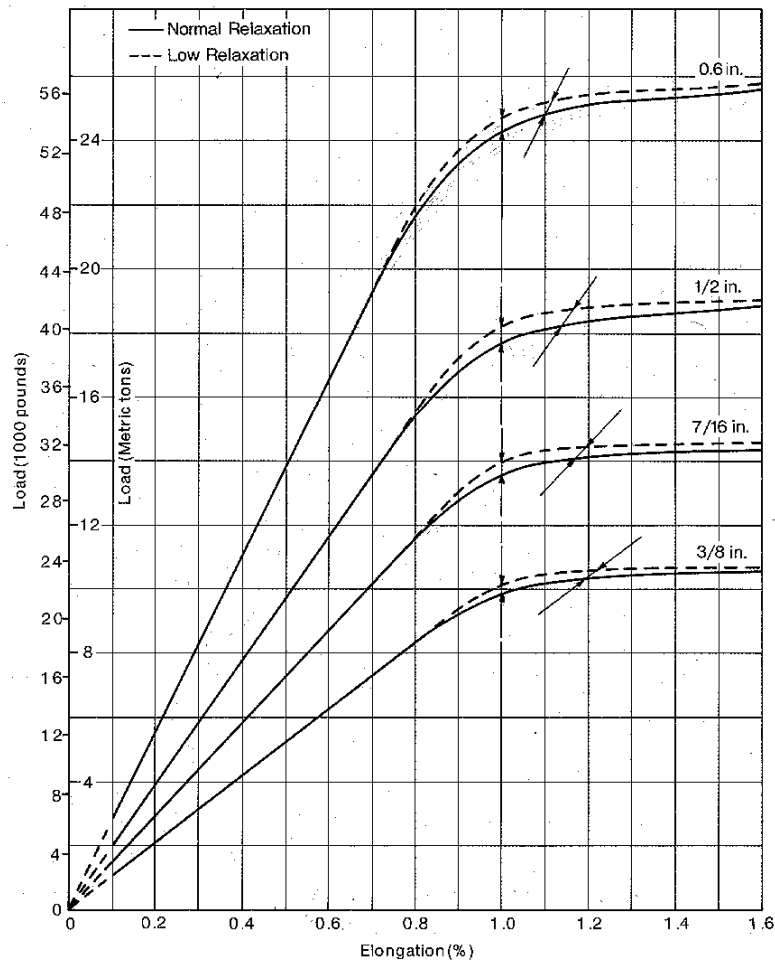
- Mutu tinggi (kuat tapi getas)
- Parameter kekuatan f_{pu} (kuat tarik putus kabel prategang)
- Cara pembuatan
 - Kadar karbon tinggi
 - Dibuat dari baja lunak melalui proses “cold drawing”
- Kekuatan tarik (f_{pu}) Strand, Kawat dan Batang Tulangan Prategang, sesuai Tabel 20.3.2.2 SNI 2847:2019

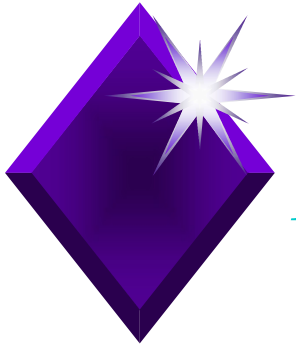
Tipe	Nilai f_{pu} maksimum yang diizinkan untuk perhitungan desain,MPa	Spesifikasi ASTM yang sesuai
Strand (<i>stress-relieved</i> dan relaksasi rendah)	1860	ASTM 416M
Kawat (<i>stress-relieved</i> dan relaksasi rendah)	1725	ASTM 421M
		ASTM 421M termasuk persyaratan tambahan S1, “kawat relaksasi rendah dan test relaksasi”
Tulangan mutu tinggi	1035	A722M



BAJA PRATEGANG

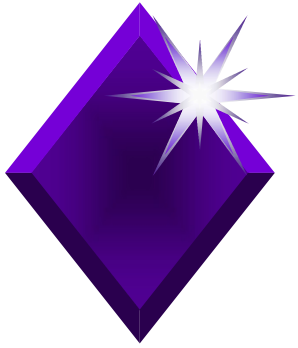
Typical Stress-strain Curves of PC Strand Grade 270 (ASTM A416-87a)





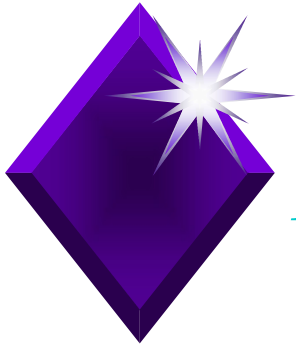
MATERIAL BETON - BAJA

No	Sifat	Beton	Baja
1.	Kekuatan	Baik ditekan. Lemah ditarik	Lemah ditekan Kuat ditarik
2.	Jenis material	Geologik ~ Heterogen	Logam ~ Homogen
3.	Sifat keruntuhan	Getas	Daktail
4.	Durabilitas	Baik	Buruk (berkarat)
5.	Penghantar panas	Buruk (Isolator) Tahan api	Baik (konduktor) Tak tahan api
6.	Harga	Murah	Mahal



MATERIAL BETON-BAJA

- **Struktur Beton Bertulang**
 - Beton dan Baja tulangan lunak
 - Tulangan diletakkan di daerah tarik beton
 - Tegangan tekan ditahan beton
 - Tegangan tarik ditahan tulangan baja
- **Struktur Beton Prategang**
 - Beton mutu tinggi dan baja mutu tinggi
 - Kelemahan tarik beton dikompensasi oleh tegangan prakompresi yang diberi melalui sistem prategang
- **Struktur komposit**
 - Beton dan baja profil
 - Perilaku mendekati struktur baja

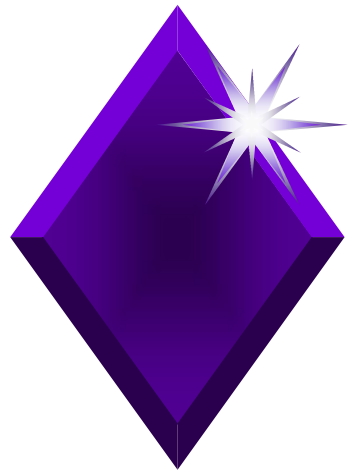


MATERIAL BETON - BAJA

	Beton bertulang	Beton Prategang	Komposit
1. Material	Beton normal Baja tulangan lunak & pasif	Beton mutu tinggi Baja mutu tinggi & aktif	Beton normal Baja profil
2. Sifat	Daktail pada kondisi underreinforced	Getas	Daktail
3. Performa	Kondisi retak pada beban layan	Kondisi utuh pada beban layan	Kondisi elastik pada beban layan
4. Cara Perencanaan	Umumnya metoda kekuatan batas	Metoda elastik Pengaruh sifat jangka panjang beton & baja Stress control	Metoda elastik
5. Metoda Pelaksanaan	Mudah	Perlu spesialis	Sedang
6. Biaya	Murah	Pratarik ~ murah Pasca tarik ~ mahal	Mahal

CONCRETE STRUCTURE BEHAVIOUR

6. PERILAKU KOMPONEN BETON BERTULANG

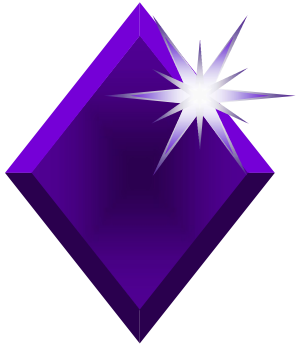


OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

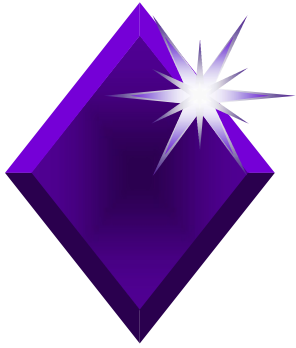
**PRECAST & PRESTRESSED CONCRETE
DESIGN TECHNOLOGY AND APPLICATION**

GARUDA INFRASTRUCTURE



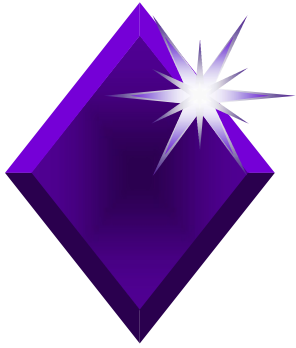
PERILAKU KOMPONEN BETON

Pasal	SNI 2847:2019	ACI 318M-14
	Halaman muka	Cover
	Daftar Isi	Preface to ACI 318M-14
	Daftar Gambar	Introduction
	Daftar Tabel	Table of Content
	Prakata	
1	Ketentuan Umum	General
2	Notasi dan Terminologi	Notation and Terminology
3	Standar Rujukan	Referenced Standards
4	Persyaratan Sistem Struktur	Structural System Requirements
5	Beban	Loads
6	Analisis Struktur	Structural Analysis
7	Pelat Satu Arah	One-Way Slabs
8	Pelat Dua Arah	Two-Way Slabs
9	Balok	Beams
10	Kolom	Columns



PERILAKU KOMPONEN BETON

Pasal	SNI 2847:2019	ACI 318M-14
11	Dinding	Walls
12	Diafragma	Diaphragms
13	Fondasi	Foundation
14	Beton Polos	Plain Concrete
15	Joint Balok-Kolom dan Pelat-Kolom	Beam-Column and Slab-Column Joints
16	Sambungan antara komponen	Connections between Members
17	Pengangkuran ke Beton	Anchoring to Concrete
18	Struktur Tahan Gempa	Earthquake Resistant Structures
19	Beton: Persyaratan Desain dan Durabilitas	Concrete: Design and Durability requirements
20	Properti Tulangan, Durabilitas dan Penanaman	Steel Reinforcement Properties, Durability and Embedment
21	Faktor Reduksi Kekuatan	Strength Reduction Factors
22	Kekuatan Penampang	Sectional Strength
23	Model <i>Strut and Tie</i>	Strut-and-Tie Models



PERILAKU KOMPONEN BETON

Pasal	SNI 2847:2019	ACI 318M-14
24	Persyaratan Kemampuan Layan	Serviceability Requirements
25	Detail Tulangan	Reinforcement Details
26	Dokumen Konstruksi dan Inspeksi	Construction Documents and Inspection
27	Evaluasi Kekuatan Struktur Eksisting	Strength Evaluation of Existing Structures
	Bibliografi/Referensi Penjelasan	Commentary References
Lampiran A	Lampiran A: Daftar Kesepadanan Istilah	Appendix A : Steel Reinforcement Information
Lampiran B	Lampiran B: Daftar penyimpangan Teknis dan Penjelasan	Appendix B : Equivalence between SI-Metric and US Costumary units
	-	Index

ORGANISASI SNI 2847-2019 (CONTOH KELOMPOK ELEMEN STRUKTUR)

CONTOH

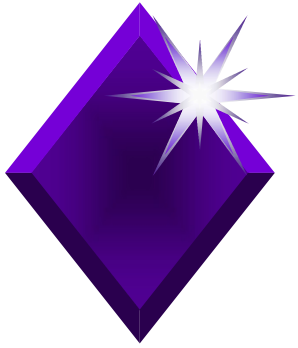
Pasal 10 - KOLOM

- 10.1 - Ruang lingkup
- 10.2 - Persyaratan umum
- 10.3 - Batasan desain
- 10.4 - Kekuatan perlu
- 10.5 - Kekuatan desain
- 10.6 - Batasan tulangan
- 10.7 - Pendetailan tulangan

Pasal 12 - DIAFRAGMA

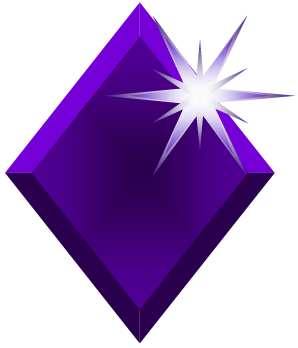
- 12.1 - Ruang lingkup
- 12.2 - Umum
- 12.3 - Batasan Desain
- 12.4 - Kekuatan perlu
- 12.5 - Kekuatan desain
- 12.6 - Batasan Tulangan
- 12.7 - Pendetailan tulangan

Identik



PERILAKU KOMPONEN BETON

- Perencanaan elemen satu dimensi
 - Elemen aksial murni (Kolom)
 - Elemen momen murni (Balok)
 - Elemen kombinasi momen dan aksial (Kolom)
 - Elemen kombinasi momen dan geser (Balok)
 - Elemen kombinasi momen, aksial dan geser (Kolom)

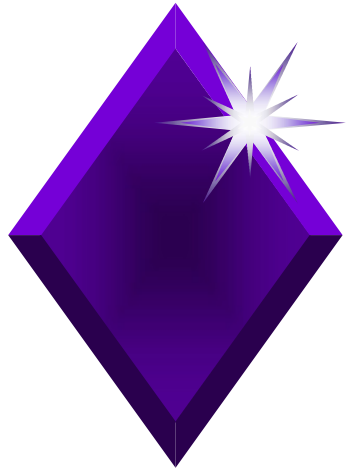


SISTEMATIKA PERKULIAHAN

- Perencanaan elemen dua dimensi
 - Elemen pelat (lentur murni)
 - Elemen dinding (geser, aksial, lentur)
- Ekstra
 - Elemen torsi
 - Elemen konsol pendek
 - Geser pons

CONCRETE STRUCTURE BEHAVIOUR

7. PERENCANAAN TAHAN GEMPA STRUKTUR BETON



OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

**PRECAST & PRESTRESSED CONCRETE
DESIGN TECHNOLOGY AND APPLICATION**

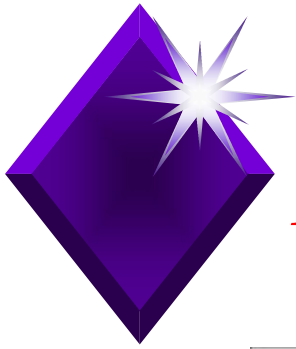
GARUDA INFRASTRUCTURE



Perencanaan Tahan Gempa

Tantangan Pembangunan Bangunan Gedung di Indonesia

- Internal
 - Desain
 - Pelaksanaan
- Eksternal
 - Gempa
 - Likuifaksi
 - Angin
 - Tsunami
 - Longsor



Perencanaan Tahan Gempa



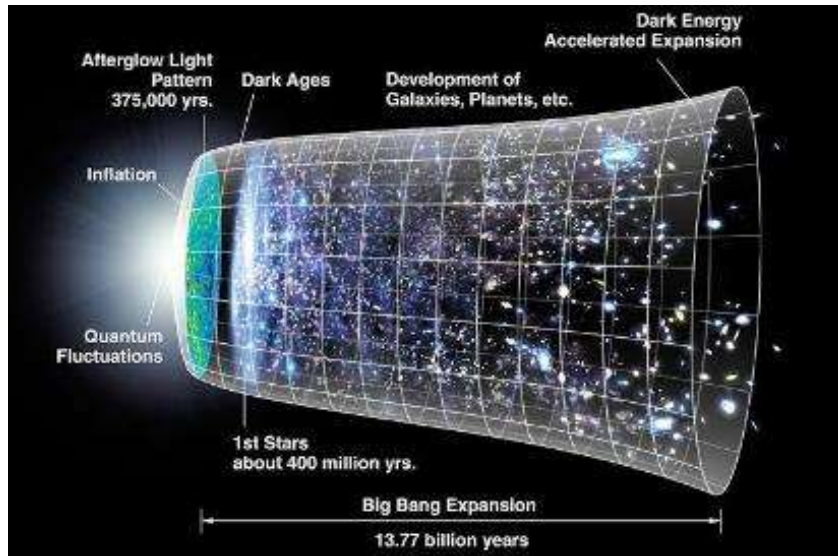
ADA SESAR SAN ANDREAS
APAKAH LARI ? NO !

MARI BERSAHABAT DAN BERBISNIS
DENGAN MOTHER EARTH !

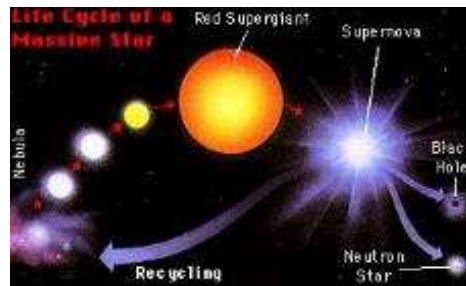




Perencanaan Tahan Gempa



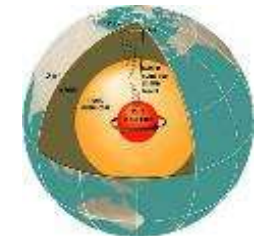
Bintang lahir dari bahan bakar 1H1 – membentuk unsur2 yang lebih berat – melontarkan ke angkasa dengan supernova



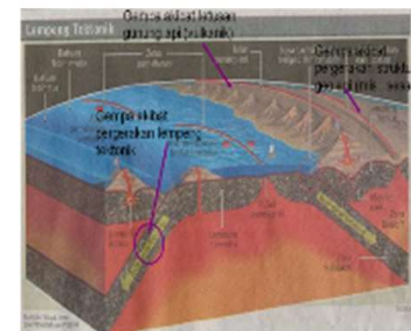
Mother Earth tiny' dibandingkan 'Universe', tapi terbentuk dari semua bahan universe, tidak ada tempat di alam semesta seperti 'mother earth'



Sistem Tata Surya Terbentuk, Gaia Terbentuk



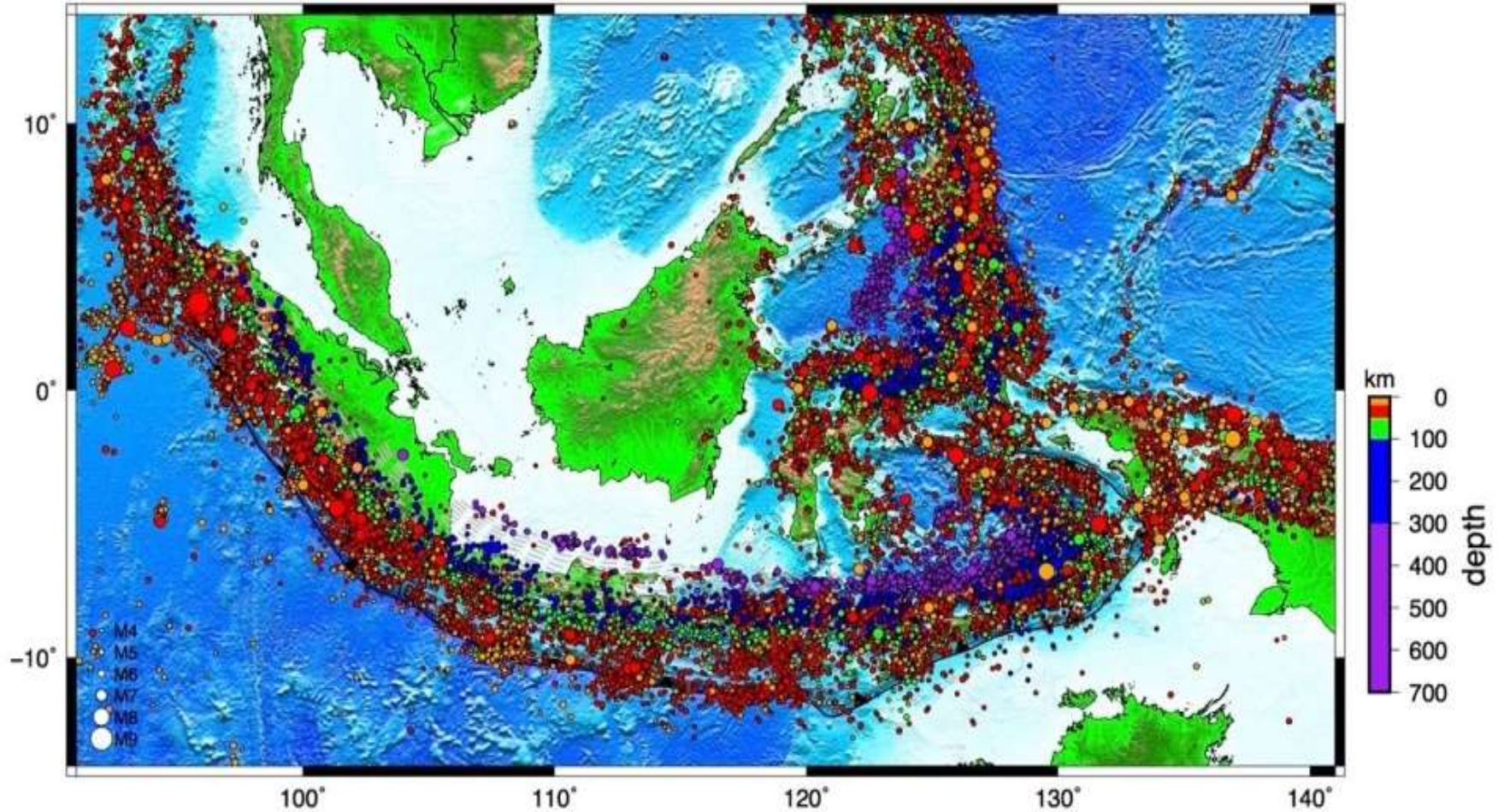
Theia menabrak Gaia, tertelan = Mother Earth – Tungku abadi menggerakkan lempeng2 tektonik, menciptakan air, udara, iklim, dan kehidupan .

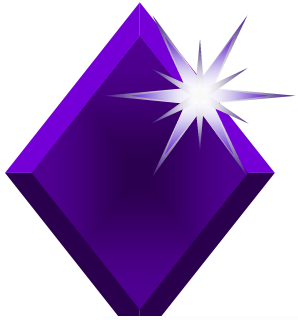


Perencanaan Tahan Gempa



Perencanaan Tahan Gempa

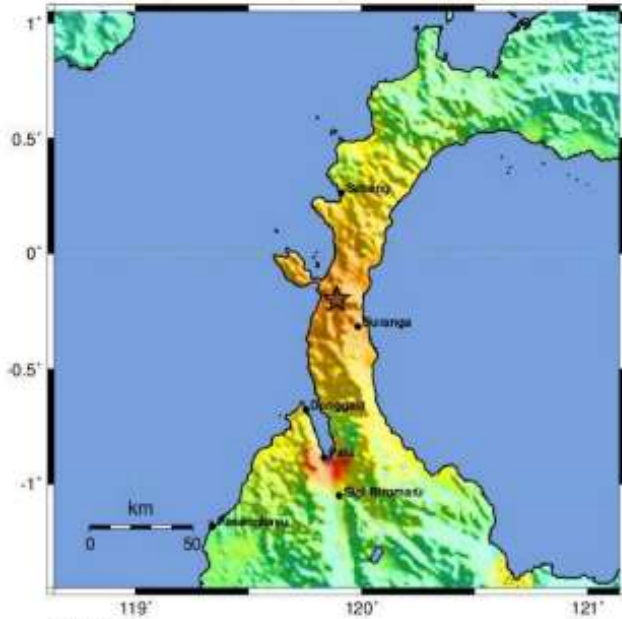




Perencanaan Tahan Gempa



BMKG ShakeMap : Central Sulawesi, Indonesia
 SEP 28, 2018 17:02:45 WIB, M:7.4, 0.20LS 118.898T, Kadimn: 11km.



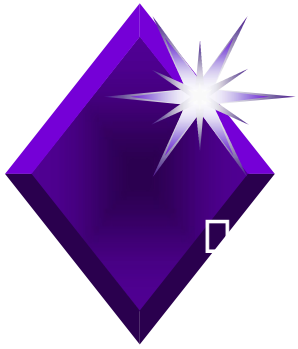
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC (g)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>130
PEAK VEL (cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.8	20	41	80	>170
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

Scale based upon Housner et al. (2001)



Bangunan Gedung

Bangunan Jembatan



Perencanaan Tahan Gempa

Pada masa lalu, antisipasi struktur terhadap gempa menghadapi dilema

- ❑ Gempa bebannya dapat sangat besar tapi waktu kedatangannya tidak bisa diduga
- ❑ Ilmu Seismologi berkembang sejak Gempa San Fransisco 1910
- ❑ Jika struktur direncanakan terhadap beban gempa kuat dengan kondisi ‘tidak rusak’, maka perencanaan akan sangat mahal

Pada tahun 1960-an berkembang beberapa hal penting

- ❑ Penggunaan konsep “seismic design hazard” dengan mennggap beban gempa sebagai fenomena random, statistik dan probabilistik

Gempa perioda ulang pendek --→ gempa kecil

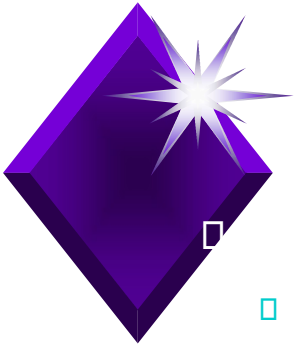
Gempa perioda ulang panjang -→ gempa kuat



Perencanaan Tahan Gempa

SEAOC Vision 2000 Committee dan FEMA 273

Design Live	Probability of Exceedance		
50 tahun	20%	Immediate Occupancy	225 years
	10%	Live Safety (Rare Earthquake)	500 years
	2%	Near Collapse/ MCE (Very Rare Earthquake)	2.500 years
			+1.000 years
			+ 500 years



Perencanaan Tahan Gempa

Tahun 2010, diterbitkan Peta Gempa Indonesia

- Disusun sebagai antisipasi data gempa baru, termasuk sesar lokal
- Periode ulang gempa menjadi 2.500 tahun
- Ada beberapa daerah yang padat penduduk dan ada bangunan gedung yang signifikan, beban gempa meningkat

2012 dikeluarkan SNI 1726-2012

- Aturan pendetailan menjadi lebih ketat
- Desain bangunan cenderung menjadi lebih mahal

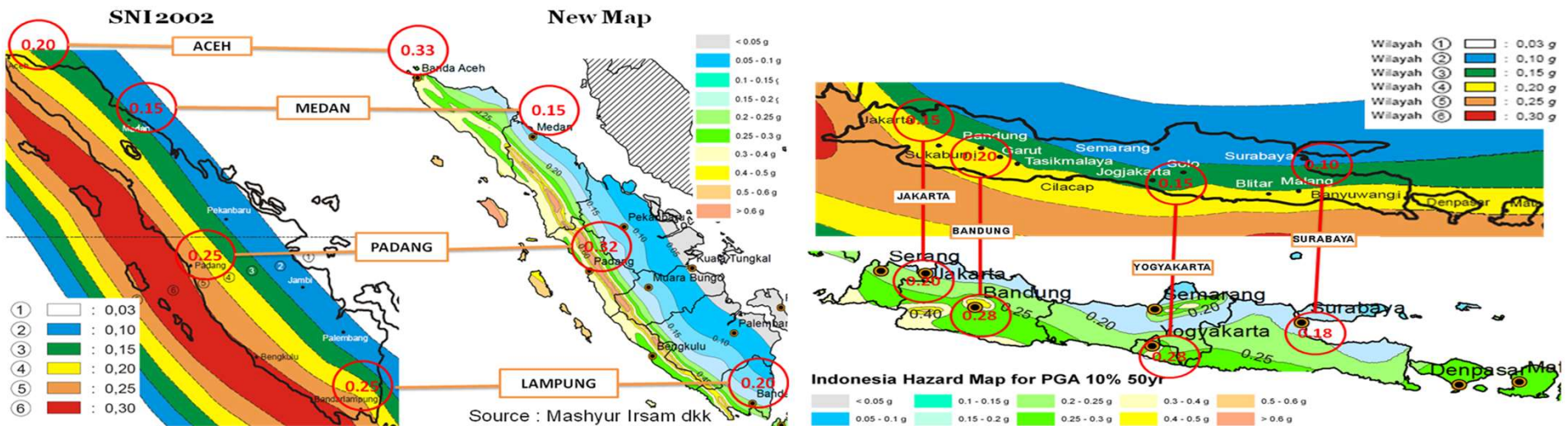
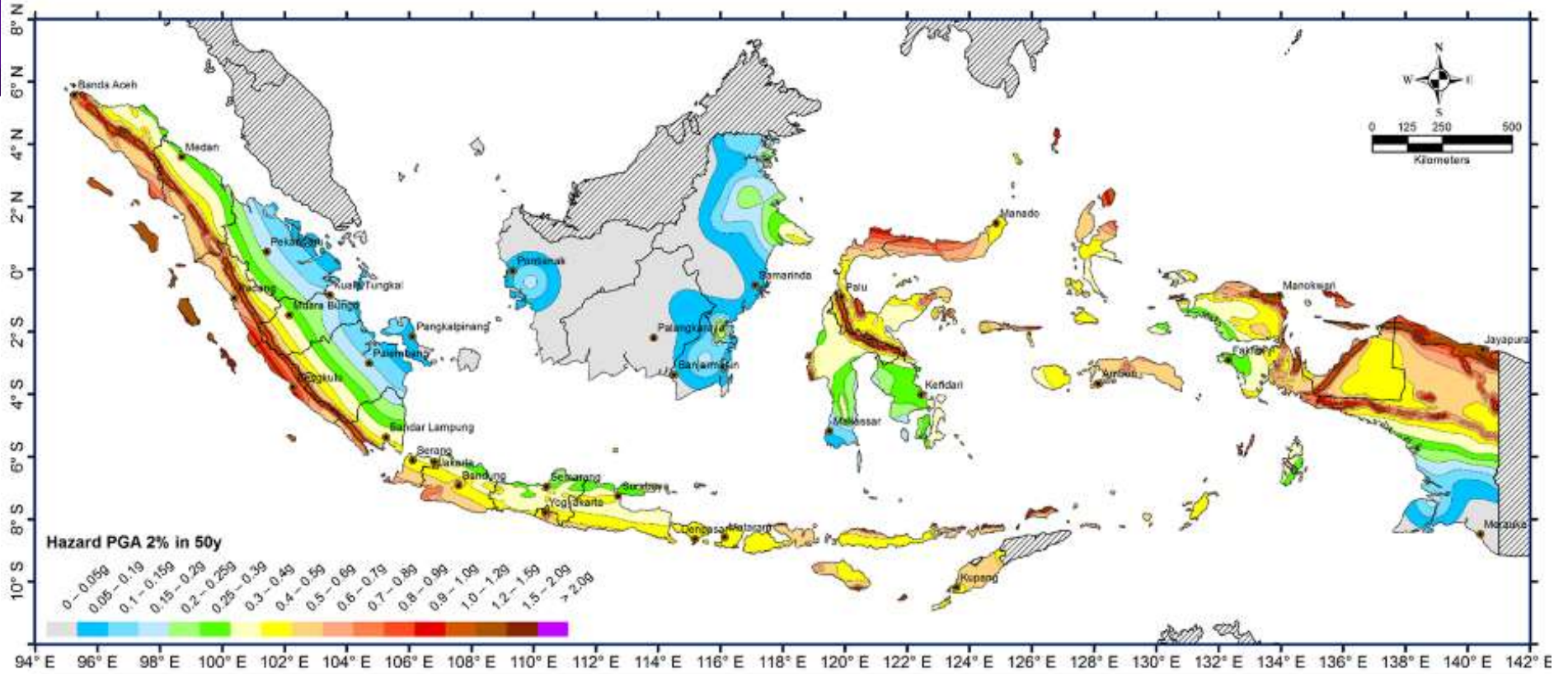


Figure 6 Comparison of earthquake acceleration map [6]

Peta percepatan puncak di batuan dasar (S_B) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun



TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017

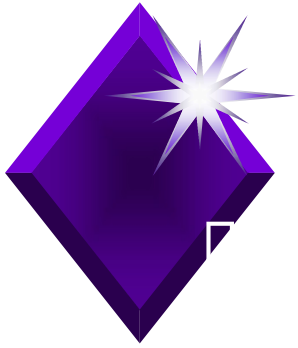
- Prof. Dr. Masyhur Irsyham (Ketua)
- Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua)
- Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi)
- Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi)
- Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi)
- Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog)
- Ariska Rudyanto, M.Phil. (Ketua Pokja GMPE)
- Dr. Sri Hidayati (Ketua Pokja SHA)
- Dr. M. Asrurifak
- Dr. M. Ridwan
- Prof. Dr. Phil Cummins

PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017

Jakarta, 4 September 2017
Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

M. Basuki Hadimuljono
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat





Perencanaan Tahan Gempa

Konsep Desain Bangunan Tahan Gempa Modern

Desain Kapasitas (Paulay dkk) dikembangkan di Selandia Baru (1960an)

Desain Kapasitas diadopsi di Amerika 1971, setelah Gempa San Fernando, dan kemudian menyebar dengan populer ke seluruh dunia

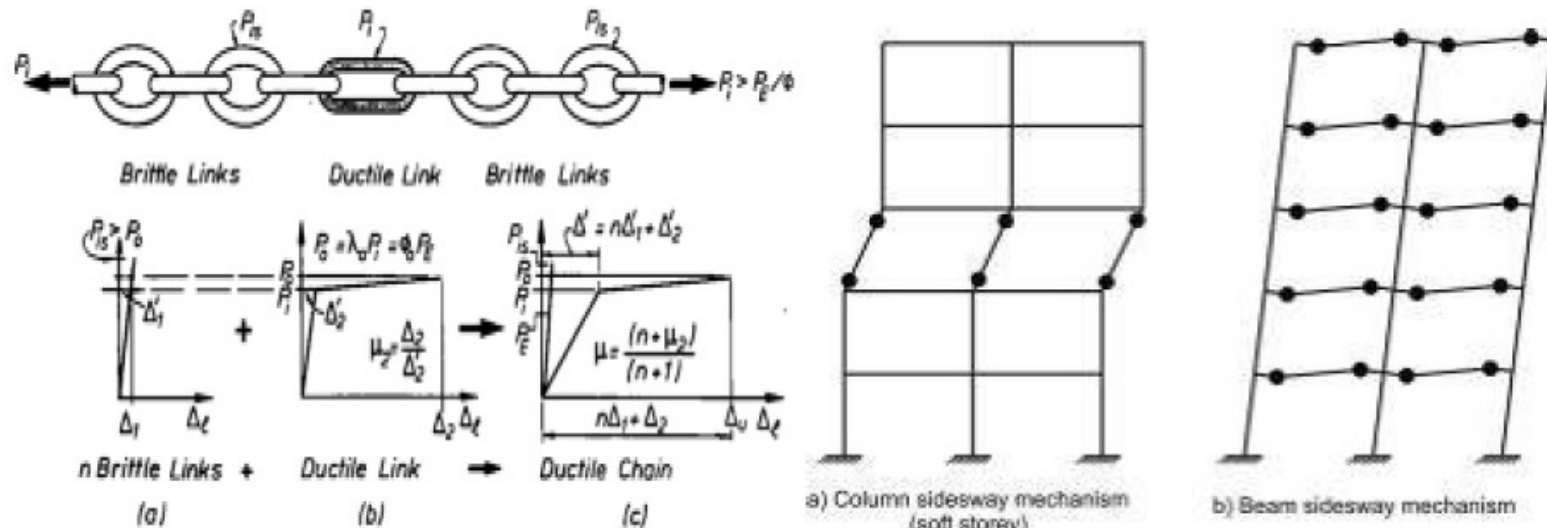


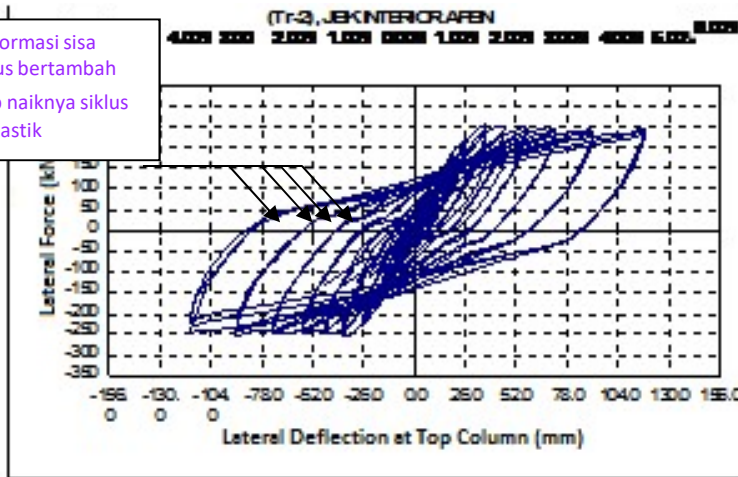
Figure 18 Capacity design concept [13]

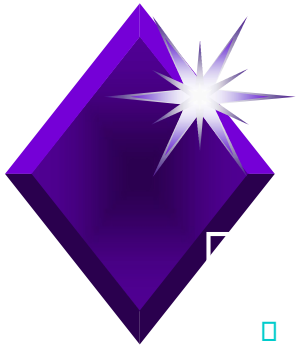


Perencanaan Tahan Gempa

Pengujian Join Rangka ‘Desain Kapasitas’ ‘Strong Column Weak Beam’

Deformasi sisa terus bertambah tiap naiknya siklus inelastik





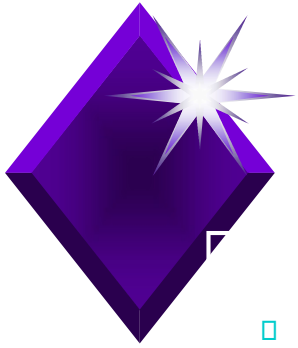
Perencanaan Tahan Gempa

Pada tahun 1970 - 1990

- ❑ Konsep desain kapasitas benar-benar diterima secara luas di dunia, kecuali di Jepang
- ❑ Di Jepang, konsep desain kapasitas sangat tidak populer karena jumlah bangunan dan jumlah penduduk jauh lebih padat dari Selandia Baru, walaupun kondisi geologisnya sama. Banyak gempa kuat yang langsung terasa efeknya pada bangunan (di Selandia Baru biri-biri lebih banyak dari manusia), sehingga konsep gedung sering harus “rusak” adalah sangat tidak menarik. Jadi Jepang secara fanatik memegang konsep “elastik” : gedung tidak boleh rusak walaupun kena gempa kuat.



Figure 33 Tokyo : Jungle of Highrise Building : too costly to use capacity design concept



Perencanaan Tahan Gempa

Pada tahun 1970 - 1990

- Jepang mengembangkan teknologi untuk “menghindarkan” gaya gempa masuk ke struktur , sehingga struktur tidak rusak jika terkena gempa kuat. Bahan2 ini diproduksi secara massal di Jepang,. Walaupun mahal, tapi menjamin gedung tidak rusak selama masa lavannya.

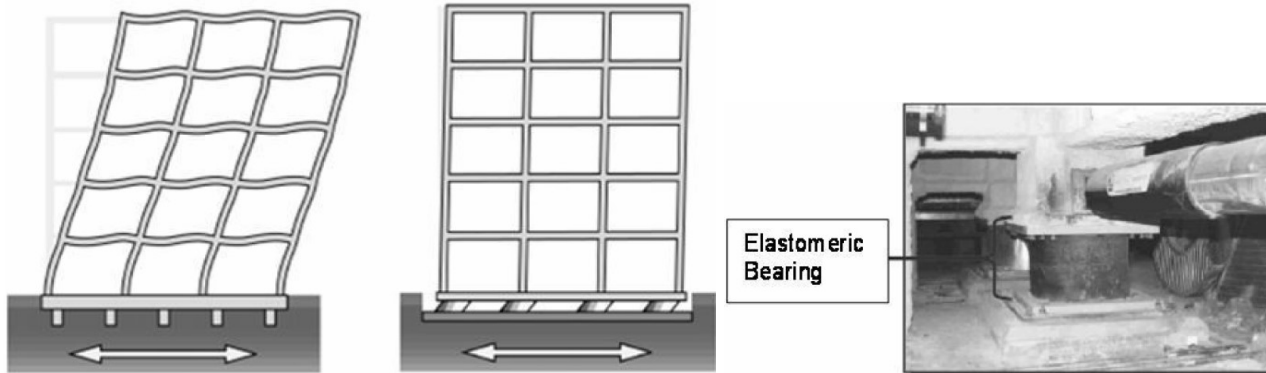
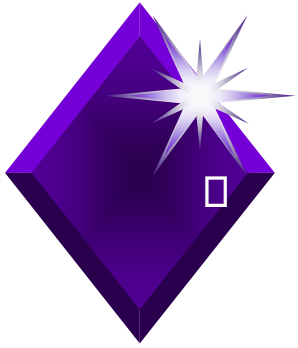


Figure 20 Base insulation concept [7]





Perencanaan Tahan Gempa

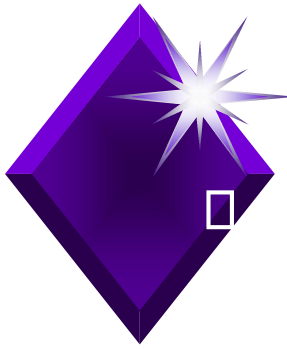
Konsep Desain Bangunan Tahan Gempa Modern

Konsep desain kapasitas di uji di Amerika pada Gempa Loma Prieta (1989) dan Nortridge (1994)

Kinerja sesuai dengan prediksi, namun masyarakat mengajukan “complaint” karena bangunan rusak menyebabkan “bussiness interruptable”, dan perbaikannya sulit serta memakan waktu dan biaya.

Upgrade riset 1994-2002 : Perencanaan berbasis kinerja dan Sistem Pracetak tahan gempa kinerja tinggi, Sistem peredam





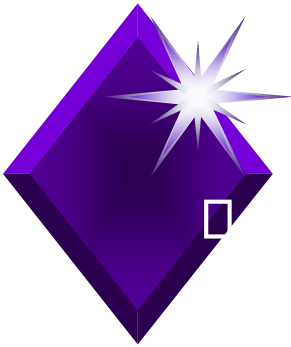
Perencanaan Tahan Gempa

Konsep Desain Bangunan Tahan Gempa Modern

Serangkaian gempa kuat di Indonesia 2004 – 2014 biasanya menyebabkan bangunan langsung rusak berat dan runtuh.

Gempa Manado 2013 memberi contoh suatu gedung yang struktur tidak rusak namun membri kerusakan arsitektural yang signifikan





Perencanaan Tahan Gempa

Konsep Desain Bangunan Tahan Gempa Modern

Mendorong perencanaan berbasis kinerja dan updating code (UBC 1998 → ASCE 7-10)

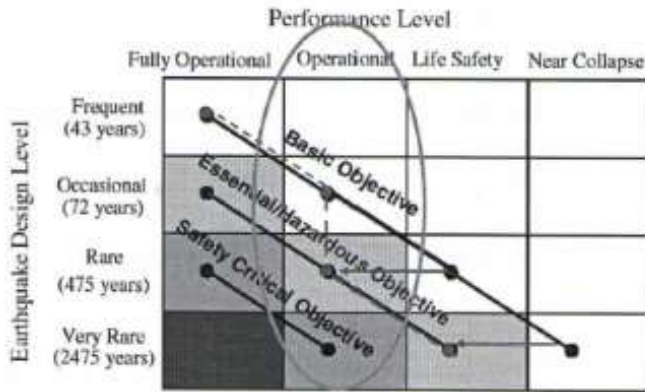


Figure 3.1- Seismic Performance Design Objective Matrix (after SEAOC Vision 2000, 1995) and proposed modification of Basic-Objective towards damage-control (dashed blue line)

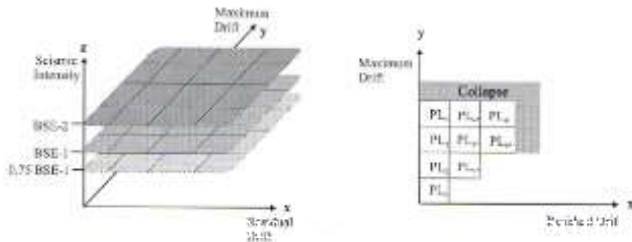


Figure 3.3 Performance Objective Matrix including 10-story and Residual deformations (Fauzan et al. 2002)

Tabel 10 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

Deskripsi Ketidakberaturan	Tingkat Ketidakberaturan	Persyaratan Seismik
1. Ketidakberaturan horizontal pada struktur yang tidak dapat diperbaiki dengan cara lain yang lebih baik.	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 8.0, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 10.0	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 8.0, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 10.0
2. Ketidakberaturan horizontal pada struktur yang dapat diperbaiki dengan cara lain yang lebih baik.	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 8.0, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 10.0	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 8.0, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 10.0

Faktor Redundansi untuk KDG D, E atau F

Nilai p dapat diambil = 1.0 bila:

Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 55% gaya geser dasar pada arah yang ditinjau harus memenuhi persyaratan Tabel 17

ATAU

Struktur dengan desain berantai di semua tingkat analisis sistem penahan gaya gempa terdiri dari paling sedikit dua batang penahan penahan gaya gempa yang menyangga pada masing-masing dua struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 55 persen gaya geser. Jumlah batang penahan gempa harus dihitung sebagai panjang batang geser dibagi dengan tinggi tingkat yang dianalisis. Panjang batang geser dibagi dengan tinggi tingkat untuk konstruksi tangga tingkat

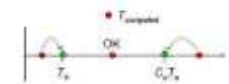
Selain itu nilai p harus diambil = 1.3

Tabel 11 Ketidakberaturan Struktur Vertikal

Deskripsi Ketidakberaturan	Tingkat Ketidakberaturan	Persyaratan Seismik
1. Ketidakberaturan vertikal pada struktur yang tidak dapat diperbaiki dengan cara lain yang lebih baik.	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 8.0, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 10.0	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 8.0, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 10.0
2. Ketidakberaturan vertikal pada struktur yang dapat diperbaiki dengan cara lain yang lebih baik.	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 8.0, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 10.0	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 8.0, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 10.0

Decisions Regarding Appropriate Period to Use

If $T_{computed} \geq C_u T_u$ use $C_u T_u$
 If $T_d < T_{computed} < C_u T_u$ use $T_{computed}$
 If $T_{computed} < T_d$ use T_d

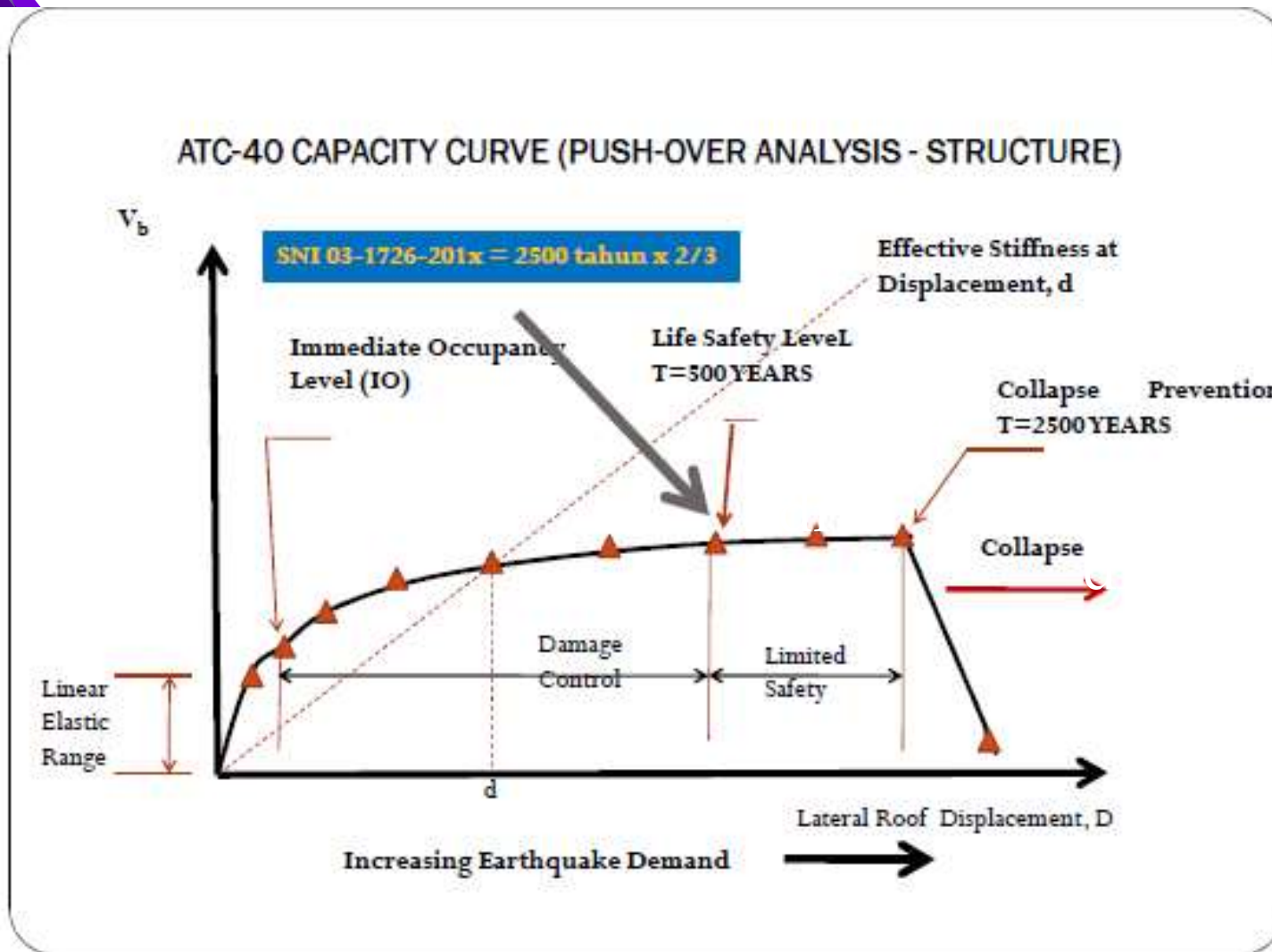


C_s harus tidak kurang dari
 $C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$

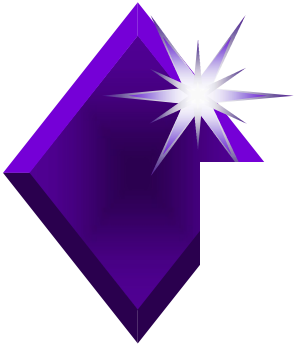
Tabel 16 Simpangan antar lantai/jin. $\Delta_{x,n}^{e,b}$

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	$0,025 h_{sx}$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Perencanaan Tahan Gempa



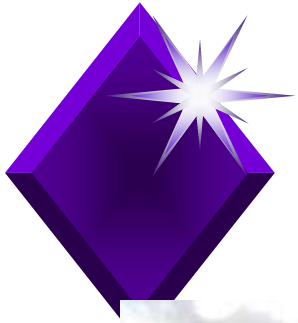
Perencanaan Berbasis Kinerja



Performance Level

“Standard” Structural Performance Levels

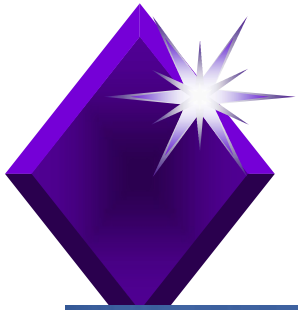




Perencanaan Tahan Gempa

Penggunaan base isolation di Indonesia. Bahan impor dari Jepang dan seharga “1 innova”

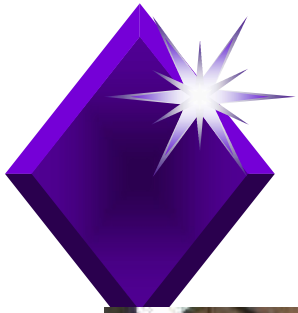




Perencanaan Tahan Gempa

Penggunaan base isolation dan damper di Chili. Material di R & D di dalam negeri

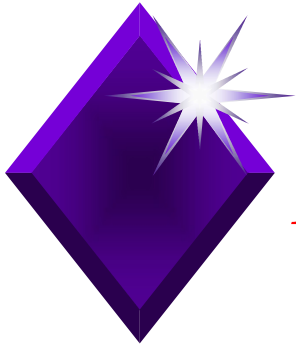




Perencanaan Tahan Gempa

Penggunaan base isolation dan damper di Chili. Material di R & D di dalam negeri



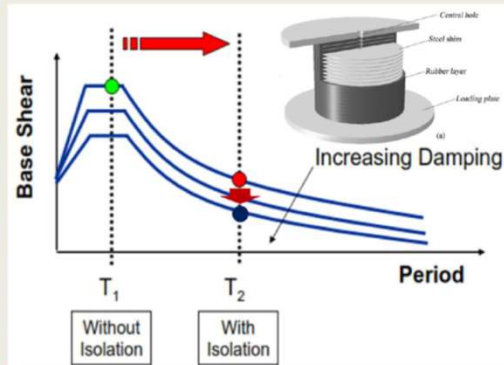


Perencanaan Tahan Gempa

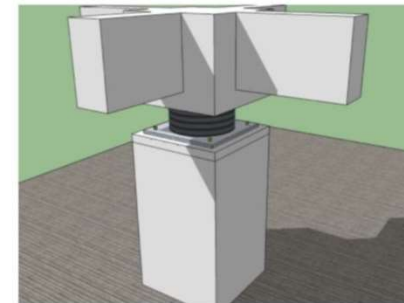


WIKABETON
Innovation and Trust

WIKI OFFICE TOWER JAKARTA – 17 STORY BUILDING-RC BUILDING WITH DUAL SYSTEM



Slide 2



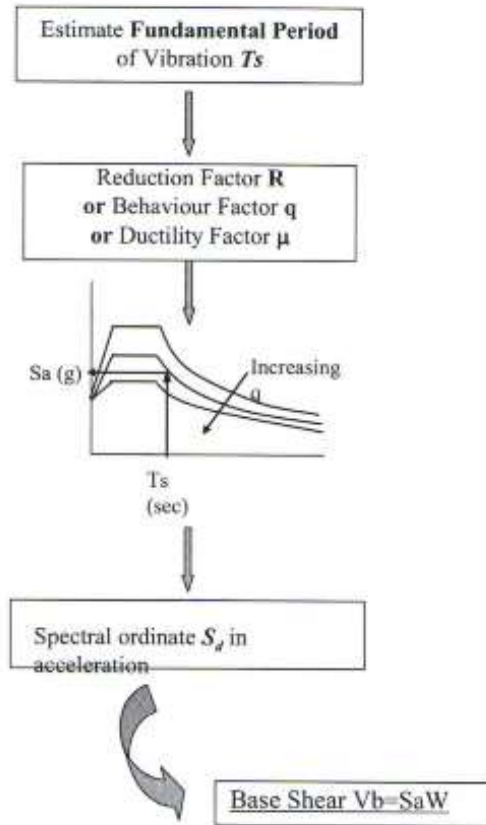
Application of Seismic Isolation Technology in Indonesia

Prof. Bambang Budiono (Institut Teknologi Bandung)
Andri Setiawan; Suhara; Tri Suryadi; Elisabeth Purba

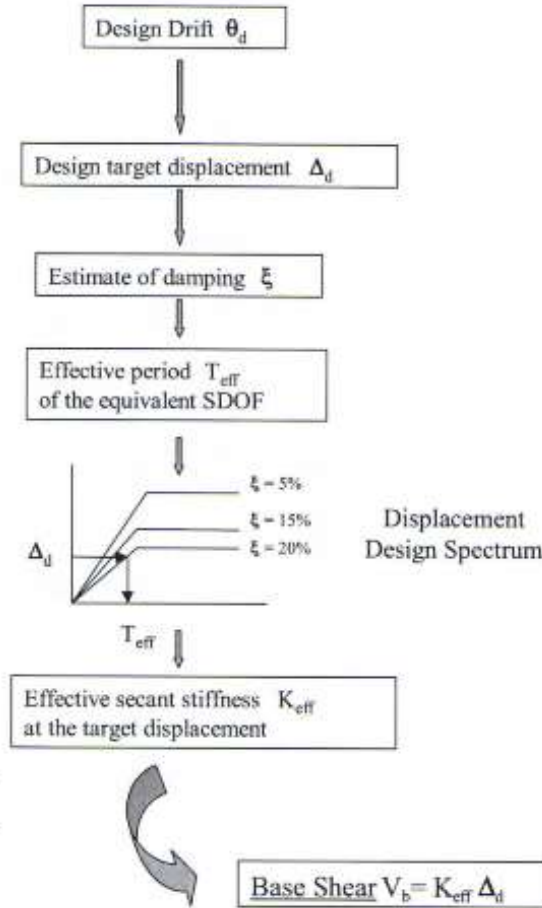
Perencanaan Tahan Gempa

Alternatif Perencanaan

FBD PROCEDURE

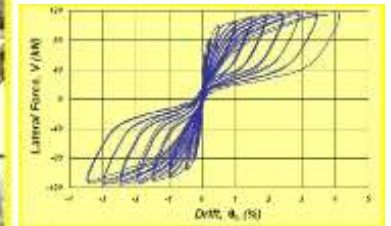


DBD PROCEDURE

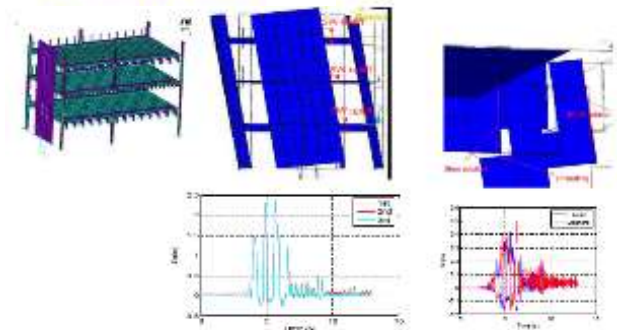


$$\xi_{HYBRID} = 5\% + 30 \cdot \frac{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{\mu}}\right)}{(1 + \lambda)} \%$$

Perencanaan Berbasis Kinerja dengan kombinasi data pengujian dan analisis riwayat waktu

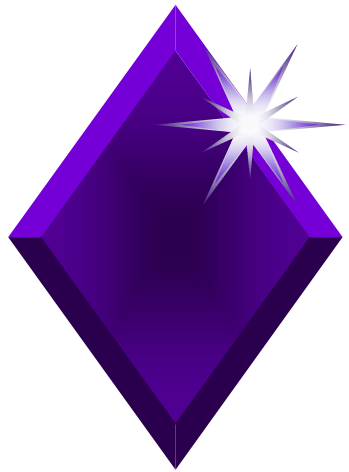


Overall View at 3% Roof Drift Ratio



CONCRETE STRUCTURE BEHAVIOUR

8. PENUTUP

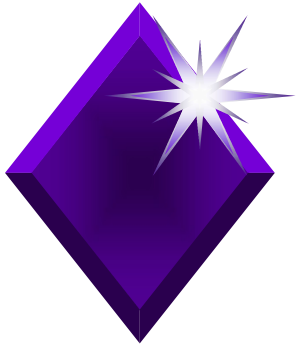


OLEH:

DR.IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN,MT

**PRECAST & PRESTRESSED CONCRETE
DESIGN TECHNOLOGY AND APPLICATION**

GARUDA INFRASTRUCTURE



PENUTUP

- Para stakeholder konstruksi harus selalu mengupdate regulasi teknis dan inovasi state of the art agar dapat saling bersinergi menghasilkan produk konstruksi yang berkualitas yang berkelanjutan dan ekonomis
- IAPPI dan Garuda Infrastructure siap untuk memfasilitasi para stakeholder yang ingin mendalami seluruh aspek dalam konstruksi baik dalam perencanaan, produksi, pelaksanaan dan pengawasan