

TINJAUAN EKONOMIS PENERAPAN SNI 1726-2012 PADA BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT MENENGAH DAN BERTINGKAT TINGGI

Oleh :

Hari Nugraha Nurjaman

Mardiana Daoed

Prijasambada

Vifi Hafifah

SOSIALISASI DAN APLIKASI SNI PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK
BANGUNAN GEDUNG

RUANG SAPTA TARUNA
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
4-5 NOVEMBER 2014


PENDAHULUAN

- ▶ Pada tahun 2012, Badan Standar Nasional Indonesia mengeluarkan revisi peraturan gempa, SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung yang mengacu pada ASCE 7-2010 yang berbasis pada kinerja (*performance base design*)

LATAR BELAKANG

- ▶ Ilmu seismologi dan perencanaan bangunan tahan gempa mulai dipikirkan secara serius setelah gempa kuat yang menghancurkan kota San Francisco tahun 1910.
- ▶ Pada perioda 1960 - 1980, berkembang dua konsep penting dalam perencanaan bangunan tahan gempa yaitu konsep analisis resiko gempa (*seismic design hazard*) dan konsep desain kapasitas. Konsep desain kapasitas lalu diadopsi Amerika (1971), terutama karena strategi desainnya yang sesuai dengan sifat kepragmatisannya. Penggunaan gaya gempa yang lebih kecil, namun dengan pendetailan khusus, merupakan strategi yang memenuhi prinsip kehandalan dan keekonomisan.
- ▶ Konsep desain kapasitas mengalami ujian berat pada Gempa Loma Prieta (1989) dan Gempa Northridge (1994) di California. Korban jiwa memang sedikit, namun kerusakan bangunan yang terjadi, membuat bangunan tersebut tidak dapat digunakan, perbaikan membutuhkan waktu yang lama, biaya yang besar dan terkadang sulit dilakukan. Masyarakat lalu menuntut para ahli gempa untuk memikirkan konsep lain yang lebih baik namun tetap ekonomis. Tanggapan pertama dari komunitas ahli gempa adalah memasukkan syarat kinerja struktur pada perencanaan berbasis gaya klasik.

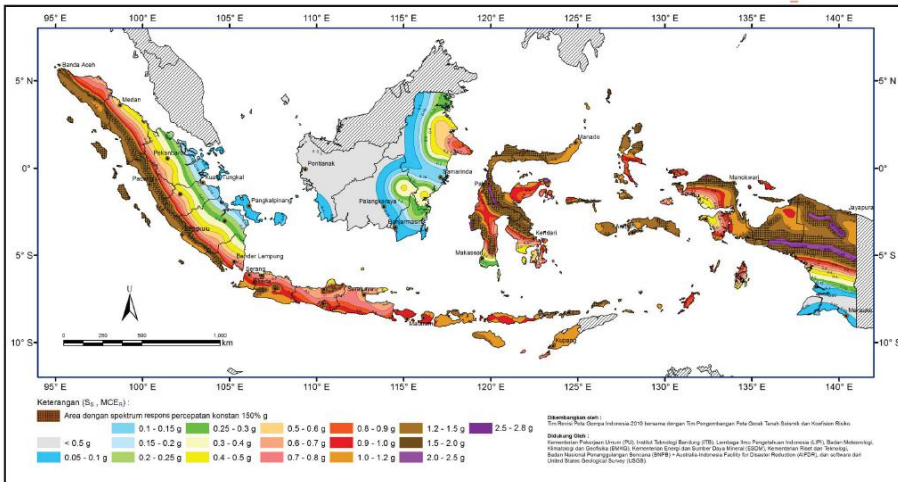
ASPEK–ASPEK YANG BERPENGARUH SIGNIFIKAN PADA EKONOMI BANGUNAN

- ▶ Peta Gempa yang berubah secara signifikan
 - ▶ Bangunan publik yang faktor keutamaannya menjadi lebih tinggi
 - ▶ Kecenderungan digunakannya type struktur penahan gempa ‘khusus’
 - ▶ Aturan–aturan yang memperhitungkan perencanaan berbasis kinerja
 - ▶ Diterapkannya pengaruh gempa vertikal secara menyeluruh dalam kombinasi pembebanan
- 

PETA GEMPA

Peta Gempa SNI 1726-2012

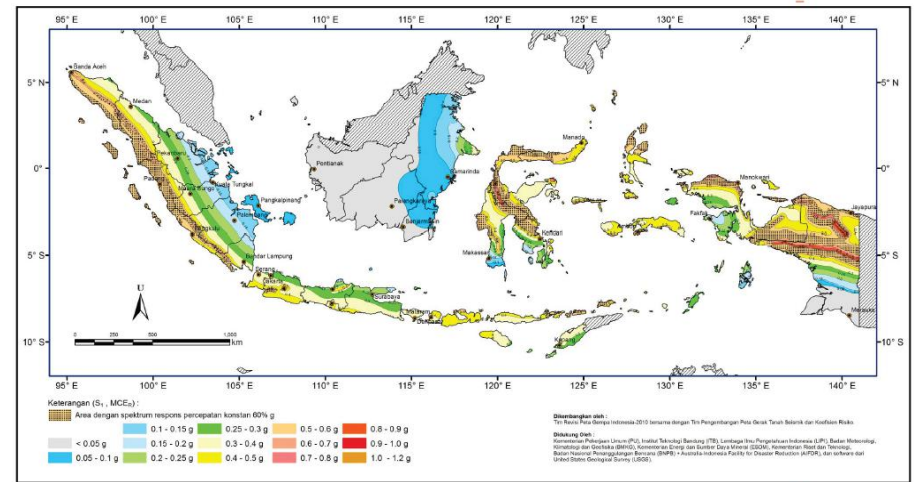
SNI 1726:2012



S_s, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB

Peta S_s

SNI 1726:2012

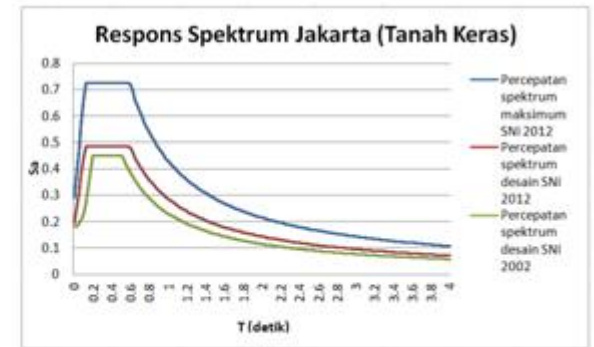
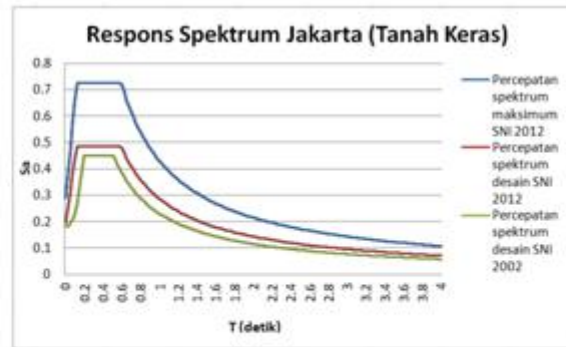
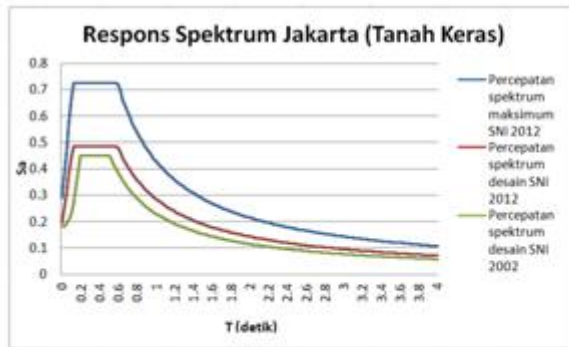


S₁, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB

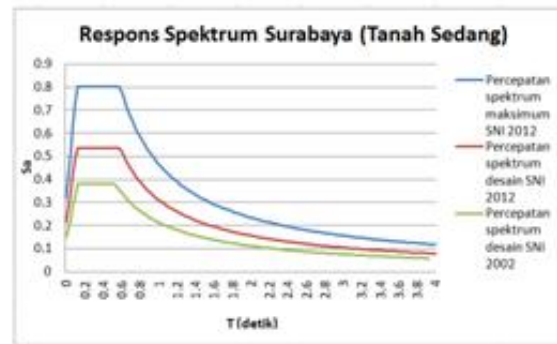
Peta S₁

PETA GEMPA

► Respons Spektra



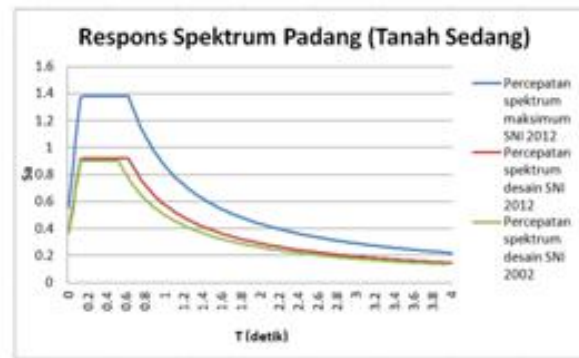
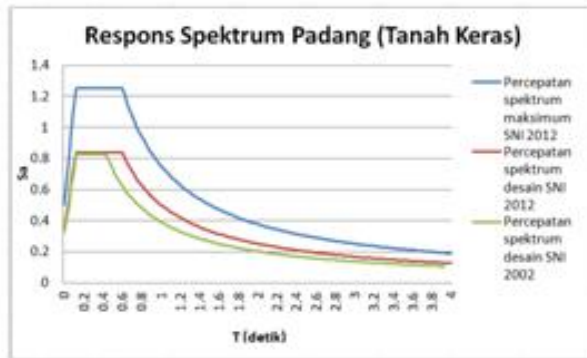
Perbandingan respon spektra elastik dan desain SNI 1726-2012 terhadap SNI 03-1726-2002 di Kota Jakarta



Perbandingan respon spektra elastik dan desain SNI 1726-2012 terhadap SNI 03-1726-2002 di Kota Surabaya

PETA GEMPA

► Respons Spektra



Perbandingan respon spektra elastik dan desain SNI 1726-2012 terhadap SNI 03-1726-2002 di Kota Padang



Perbandingan respon spektra elastik dan desain SNI 1726-2012 terhadap SNI 03-1726-2002 di Kota Yogyakarta

BANGUNAN GEDUNG UMUM YANG FAKTOR KEUTAMAANNYA MENJADI LEBIH TINGGI

Tabel 1 Perbandingan Faktor Keutamaan beberapa Gedung Umum

Tabel 1 Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

SNI 03-1726-2002

Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Bioskop
- Gedung pertemuan
- Stadion
- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat
- Fasilitas penitipan anak
- Penjara
- Bangunan untuk orang jompo

Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

III

SNI 1726-2012

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat 	IV

SNI 1726-2012

Tabel 2- Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I _e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

SNI 1726-2012

KECENDERUNGAN DIGUNAKANNYA TYPE STRUKTUR PENAHAN GEMPA ‘KHUSUS’

SNI 03-1726-2002	SNI 1726-2012
Pemilihan type struktur penahan gempa disesuaikan dengan wilayah resiko gempa (Zona 1 – 6).	Pemilihan type struktur penahan gempa disesuaikan dengan Kategori Desain Seismik (KDS). Pada Pasal 6.5, KDS ditentukan oleh besarnya percepatan gempa dan kondisi tanah.
Zona 5 dan 6 harus digunakan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan struktur dinding struktural beton khusus (SDK)	Type struktur sangat diarahkan untuk menggunakan SRPMK dan SDK, karena type struktur inilah yang boleh dipakai di wilayah resiko gempa dengan KDS D,E dan F, yang paling banyak terdapat di Indonesia. SRPMM hanya dapat dipakai di wilayah KDS A,B dan C, yang jarang terdapat di Indonesia.
Zona 3 dan 4 dapat diterapkan SRPMK atau Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) serta SDK dan struktur dinding struktural beton biasa (SDB).	
Zona 1 dan 2 semua sistem dapat diterapkan	
Tidak ada batasan ketinggian untuk masing-masing type struktur penahan gempa.	Batasan ketinggian sistem ganda SDK dan SRPMM yaitu 48 m di KDS D, dan 30 m di KDS E dan F.

Faktor reduksi gempa (R), yaitu faktor pembagi terhadap koefisien gempa rencana pada SNI 1726-2012 juga lebih konservatif. Menurut Pasal 7.2.2 SRPMK, $R = 8$ pada SNI 1726-2012 dibanding $R = 8.5$ pada SNI 03-1726-2002, kemudian juga pada SRPMM $R = 5$ pada SNI 1726-2012 dibanding $R = 5.5$ pada SNI 03-1726-2002. Pada sistem dinding, SDK $R = 5$ pada SNI 1726-2012 dibanding $R = 6$ pada SNI 03-1726-2002. Pada sistem ganda SRPMK dan SDK, $R = 7$ pada SNI 1726-2012 dibanding $R = 8.5$ pada SNI 03-1726-2002.

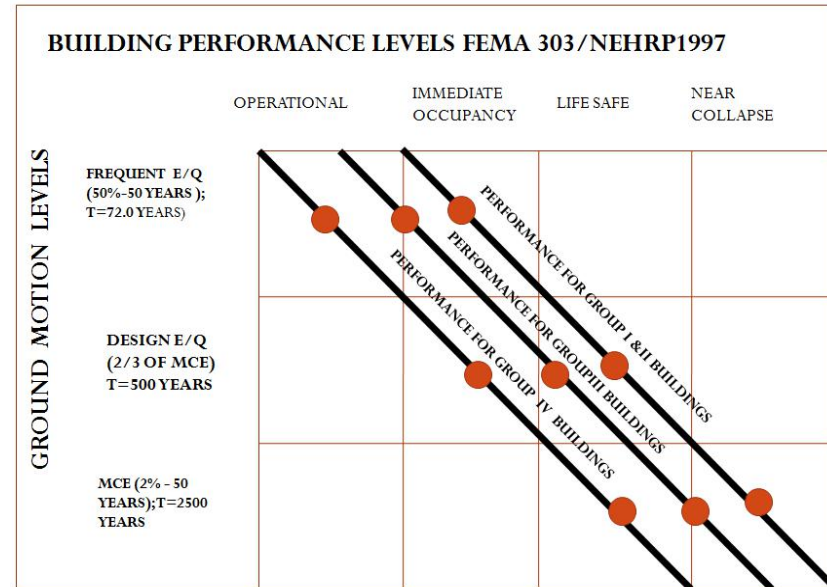
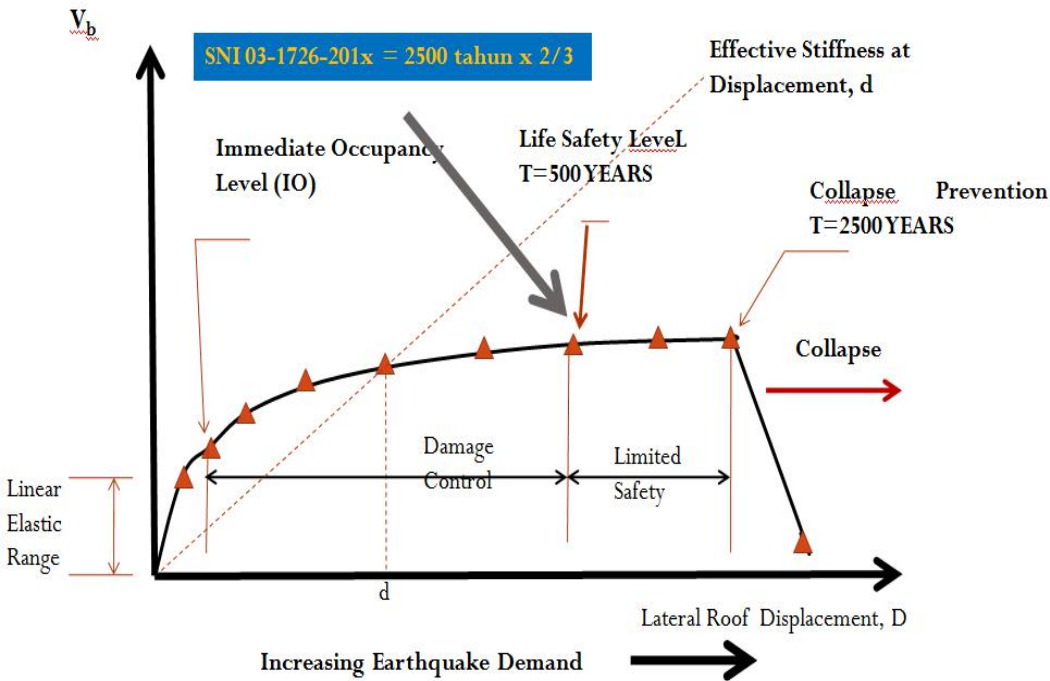
ANTISIPASI PERENCANAAN BERBASIS KINERJA

▶ SNI 03-1726-2002

Kinerja Layan	Kinerja Batas	Batasan Perioda Maksimum														
$\Delta i < \frac{0,03}{R} x h_i$ $\Delta i < 30 \text{ mm}$	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk struktur gedung beraturan : $\zeta = 0,7 R$ • Untuk struktur gedung tidak beraturan : $\zeta = \frac{0,7R}{\text{faktorskala}}$ $\text{faktorskala} = \frac{0,8V_1}{V_t} \leq 1$ 	<p>Nilai batas maksimum $T < \zeta n$ dimana : $\zeta =$ (dari Tabel koefisien yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung). $n =$ jumlah lantai gedung</p> <table border="1" data-bbox="1122 786 1721 1019"> <thead> <tr> <th data-bbox="1122 786 1425 836">Wilayah Gempa</th> <th data-bbox="1425 786 1721 836">ζ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1122 836 1425 872">1</td> <td data-bbox="1425 836 1721 872">0,20</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1122 872 1425 908">2</td> <td data-bbox="1425 872 1721 908">0,19</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1122 908 1425 943">3</td> <td data-bbox="1425 908 1721 943">0,18</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1122 943 1425 979">4</td> <td data-bbox="1425 943 1721 979">0,17</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1122 979 1425 1015">5</td> <td data-bbox="1425 979 1721 1015">0,16</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1122 1015 1425 1051">6</td> <td data-bbox="1425 1015 1721 1051">0,15</td> </tr> </tbody> </table>	Wilayah Gempa	ζ	1	0,20	2	0,19	3	0,18	4	0,17	5	0,16	6	0,15
Wilayah Gempa	ζ															
1	0,20															
2	0,19															
3	0,18															
4	0,17															
5	0,16															
6	0,15															

ANTISIPASI PERENCANAAN BERBASIS KINERJA

ATC-40 CAPACITY CURVE (PUSH-OVER ANALYSIS - STRUCTURE)



ANTISIPASI PERENCANAAN BERBASIS KINERJA

▶ SNI 1726–2012

1. Batasan perioda maksimum pada Pasal 7.8.2 untuk menghitung gaya gempa seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Batasan Perioda SNI 1726-2012

$$T_{a \min} = C_r h_n^x$$
$$T_{a \max} = C_u T_{a \min}$$

di mana:

h_n = tinggi struktur dari dasar sampai ke tingkat paling atas.

C_r = (ditentukan dari tabel koefisien parameter periode pendekatan).

C_u = (ditentukan tabel koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung).

x = (dari Tabel koefisien parameter periode pendekatan

Tabel 14 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 15 Nilai parameter perioda pendekatan C_r dan x

Tipe struktur	C_r	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa.		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Konsekuensi dari persyaratan ini adalah :

- a. Jika struktur direncanakan “soft” ($T \gg T_{maks}$), gaya yang digunakan menghitung menjadi besar. Struktur menjadi tidak mudah memasuki fasa inelastik walaupun “soft”. Struktur yang masih dalam fasa elastik perubahan bentuknya kecil, sehingga komponen non struktural tidak mudah rusak.
- b. Jika struktur untuk didesain dekat dengan batasan perioda maksimum, struktur menjadi “rigid”. Struktur “rigid” akan membuat perubahan bentuk kecil, sehingga komponen non struktural tidak mudah rusak.

ANTISIPASI PERENCANAAN BERBASIS KINERJA

▶ SNI 1726–2012

2. Pasal 7.3.4 mencantumkan adanya faktor redundansi. Faktor redundansi (yang disarankan 1.3) ini menyebabkan struktur harus direncanakan 30% top off dari kekuatan perlunya. Hal ini mengakibatkan struktur juga tidak mudah memasuki fasa inelastik. Struktur yang masih dalam fasa elastik perubahan bentuknya kecil, sehingga komponen non struktural tidak mudah rusak.

Tabel 4 Faktor Redundansi

$\rho = 1,0$	$\rho = 1,3$
<p>Nilai ρ diijinkan sama dengan 1,0 untuk hal-hal berikut ini:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Struktur dirancang untuk kategori desain seismik B atau C; 2. Perhitungan simpangan antar lantai dan pengaruh P-delta; 3. Desain komponen nonstruktural; 4. Desain struktur non gedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung; 5. Desain elemen kolektor, sambungan lewatan, dan sambungannya di mana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih berdasarkan 7.4.3 digunakan; 6. Desain elemen struktur atau sambungan di mana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih berdasarkan 7.4.3 disyaratkan untuk desain; 7. Beban diafragma ditentukan menggunakan Persamaan 37; 8. Struktur dengan sistem peredaman; 9. Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkurnya. 	<p>Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F harus sama dengan 1,3 kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi, di mana ρ diijinkan diambil sebesar 1,0:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar dalam arah yang ditinjau harus sesuai dengan Tabel 12; b. Struktur dengan denah beraturan di semua tingkat dengan sistem penahan gaya gempa terdiri dari paling sedikit dua bentang perimeter penahan gaya gempa yang merangka pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding geser harus dihitung sebagai panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat, h_x, untuk konstruksi rangka ringan.

Tabel 12-Persyaratan untuk masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 persen gaya geser dasar

Elemen penahan gaya lateral	Persyaratan
Rangka dengan bresing	Pelepasan bresing individu, atau sambungan yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kuat tingkat sebesar lebih dari 33 persen, atau sistem yang dihasilkan tidak mempunyai ketidakteraturan torsi yang berlebihan (ketidakteraturan struktur horisontal Tipe 1b).
Rangka pemikul momen	Kehilangan tahanan momen di sambungan balok ke kolom di kedua ujung tunggal tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33 persen, atau sistem yang dihasilkan tidak mempunyai ketidakteraturan torsi yang berlebihan (ketidakteraturan struktur horisontal Tipe 1b).
Dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0	Pelepasan dinding geser atau pier dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0 di semua tingkat, atau sambungan kolektor yang terhubung, tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33 persen, atau sistem yang dihasilkan mempunyai ketidakteraturan torsi yang berlebihan (ketidakteraturan struktur horisontal Tipe 1b).
Kolom kantilever	Kehilangan tahanan momen di sambungan dasar semua kolom kantilever tunggal tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33 persen, atau sistem yang dihasilkan mempunyai ketidakteraturan torsi yang berlebihan (ketidakteraturan struktur horisontal Tipe 1b).
Lainnya	Tidak ada persyaratan

PENGARUH GEMPA VERTIKAL

- ▶ Pada SNI 1726-2012, pengaruh gempa vertikal diterapkan secara menyeluruh dalam kombinasi pembebanan. Gempa vertikal pada SNI 1726-2012 Pasal 7.4.2.2 (Tabel 4), dipengaruhi oleh parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek (S_{DS}) dan beban mati (DL).

Tabel 4 Pengaruh Gempa Vertikal dalam Kombinasi Pembebanan

SNI 1726-2012	
1.	1,4 DL
2.	1,2 DL + 1,6 LL
3.	1,2 DL + 1 LL $\pm 0,3 (\rho QE + 0,2 S_{DS} S_{DL}) \pm 1$ ($\rho QE + 0,2 S_{DS} S_{DL}$)
4.	1,2 DL + 1 LL $\pm 1 (\rho QE + 0,2 S_{DS} S_{DL}) \pm 0,3$ ($\rho QE + 0,2 S_{DS} S_{DL}$)
5.	0,9 DL $\pm 0,3 (\rho QE - 0,2 S_{DS} S_{DL}) \pm 1$ ($\rho QE -$ 0,2 S _{DS} S _{DL})
6.	0,9 DL $\pm 1 (\rho QE - 0,2 S_{DS} S_{DL}) \pm 0,3$ ($\rho QE -$ 0,2 S _{DS} S _{DL})
di mana :	
DL = Beban Mati, termasuk SIDL	
LL = Beban Hidup	
EX = Beban Gempa arah-x	
EY = Beban Gempa arah-y	
ρ = faktor redundansi untuk desain seismik	
S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek	
QE = pengaruh gaya seismik horizontal dari V	

CARA ANALISIS


▶ Analisis Statik Ekuivalen

- Paling sederhana
- Terbatas penggunaannya
- Aturan-aturan penyederhanaan menyebabkan desain konservatif

▶ Analisis modal

- Paling familiar di kalangan structure engineer
- Aturan-aturan penyederhanaan menyebabkan desain konservatif

▶ Analisis riwayat waktu

- Memasukkan minimal 5 input sumber gempa
 - Analisis dinamik inelastik memerlukan pemahaman yang diluar kapabilitas structure engineer pada umumnya
 - Bisa memenuhi kriteria kinerja dengan tepat, asalkan asumsi input gaya gempa dan perilaku strukturnya tepat
- 

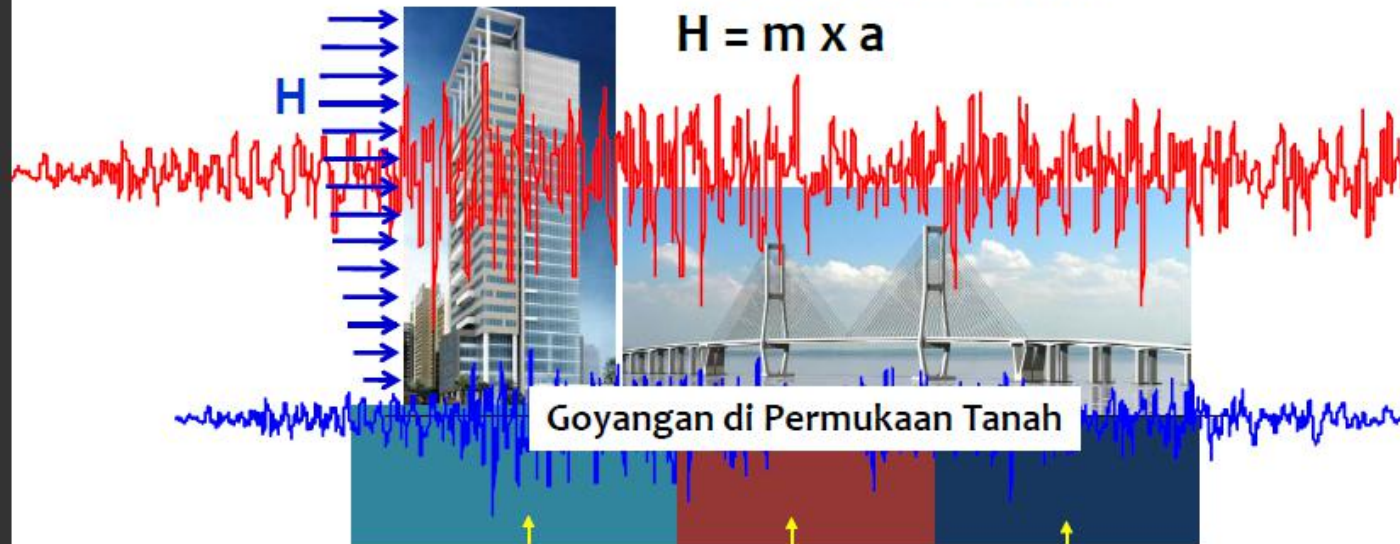
CARA ANALISIS

- ▶ Analisis dan Pengujian Quasi Statik atau Pseudo dynamic
 - Menggunakan input gempa dari SNI 7834–2012
 - Bisa memenuhi kriteria kinerja dengan tepat, namun skema pembebanan masih konservatif
 - Perlu biaya pengujian
- ▶ Analisis dan Pengujian Shaking Table
 - Memasukkan minimal 5 input sumber gempa
 - Kombinasi dan analisis dan pengujian memenuhi kriteria kinerja dengan tepat dan ekonomis.
 - Peralatan dan SDM pengujian harus handal
 - Perlu biaya pengujian

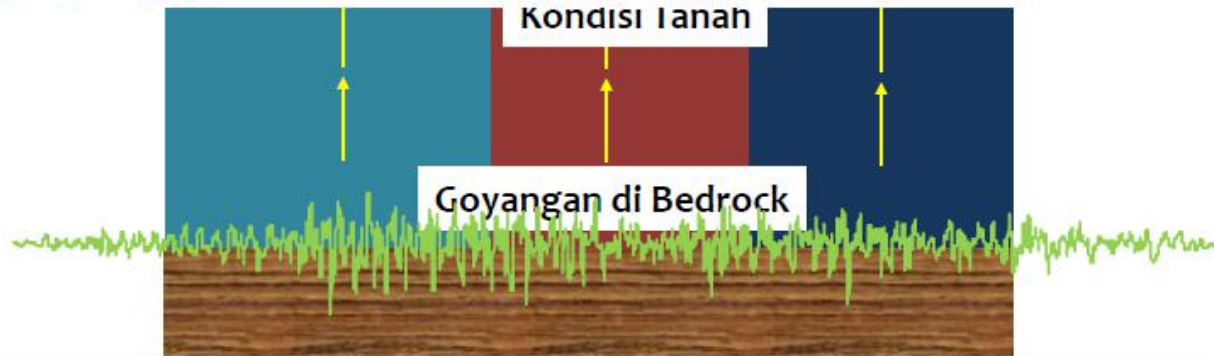
CARA ANALISIS

Newton's 2nd Law:

$$H = m \times a$$



Apa yang perlu diketahui untuk analisis dinamik?



CARA ANALISIS

ASCE 7-10

Chapter 21

SITE-SPECIFIC GROUND MOTION PROCEDURES FOR SEISMIC DESIGN

21.1 SITE RESPONSE ANALYSIS

The requirements of Section 21.1 shall be satisfied where site response analysis is performed or required by Section 11.4.7. The analysis shall be documented in a report.

21.1.1 Base Ground Motions

A MCE_R response spectrum shall be developed for bedrock, using the procedure of Sections 11.4.6 or 21.2. Unless a site-specific ground motion hazard analysis described in Section 21.2 is carried out, the MCE_R rock response spectrum shall be developed using the procedure of Section 11.4.6 assuming Site Class B. If bedrock consists of Site Class A, the spectrum shall be adjusted using the site coefficients in Section 11.4.3 unless other site coefficients can be justified. At least five recorded or simulated horizontal ground motion acceleration time histories shall be selected from events having magnitudes and fault distances that are consistent with those that control the MCE_R ground motion. Each selected time history

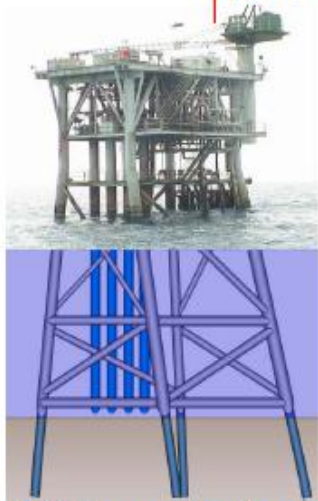
site coefficients in Section 11.4.3 consistent with the classification of the soils at the profile base.

21.1.3 Site Response Analysis and Computed Results

Base ground motion time histories shall be input to the soil profile as outcropping motions. Using appropriate computational techniques that treat nonlinear soil properties in a nonlinear or equivalent-linear manner, the response of the soil profile shall be determined and surface ground motion time histories shall be calculated. Ratios of 5 percent damped response spectra of surface ground motions to input base ground motions shall be calculated. The recommended surface MCE_R ground motion response spectrum shall not be lower than the MCE_R response spectrum of the base motion multiplied by the average surface-to-base response spectral ratios (calculated period by period) obtained from the site response analyses. The recommended surface ground motions that result from the analysis shall reflect consideration of sensitivity of response to uncertainty in soil

CARA ANALISIS

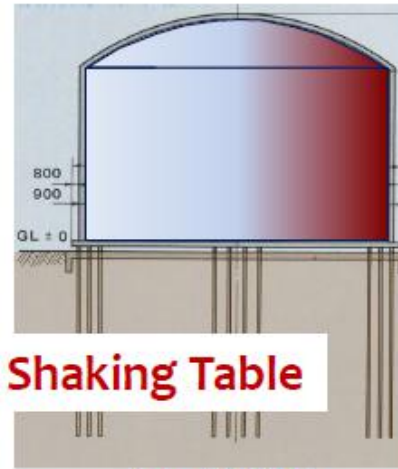
Analisis Dinamik dng Input Gelombang Gempa



Offshore platform



PLTU



Tanki LNG



Gedung Tinggi
> 30 lantai



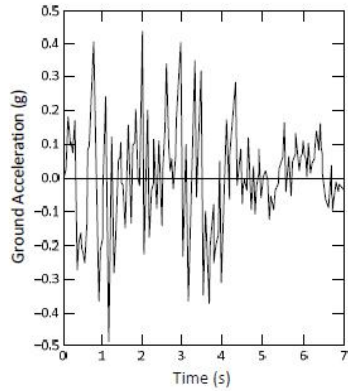
Jembatan Bentang Panjang



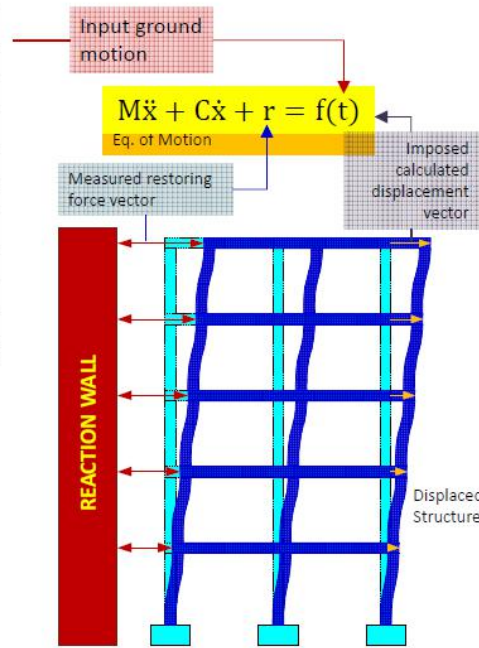
PLTN

Sekarang untuk Shaking Table

CARA ANALYSIS



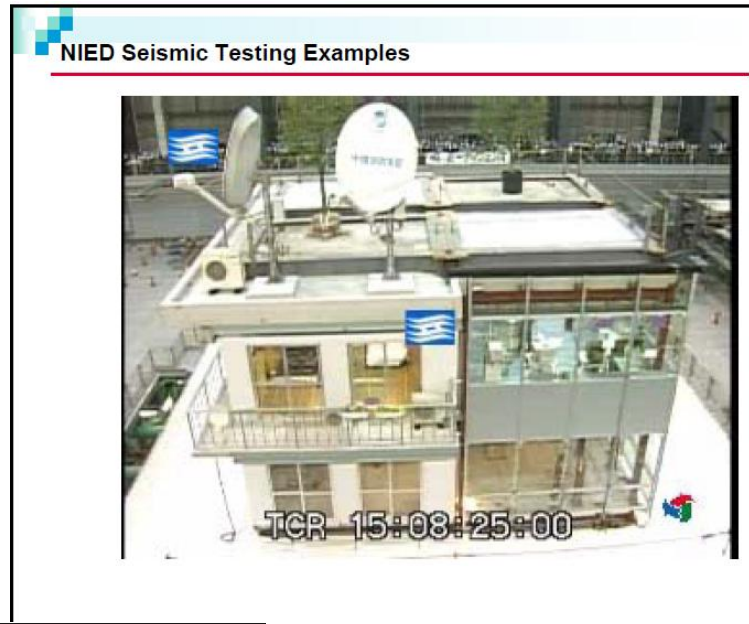
Concept of
Pseudo Dynamic
Testing



1/5 - Scale Test Structures



CARA ANALISIS



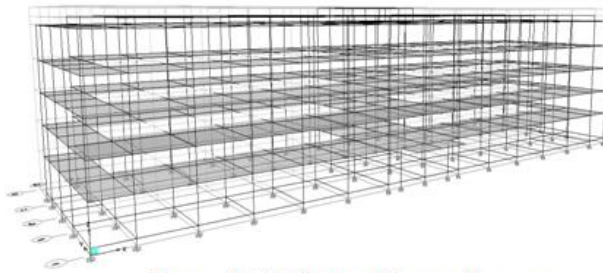
Seismic Table Testing of Ductile Flat Plate Concrete Structures



TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT MEDIUM : PROTOTYPE RUSUNAWA

5 LANTAI

Batam

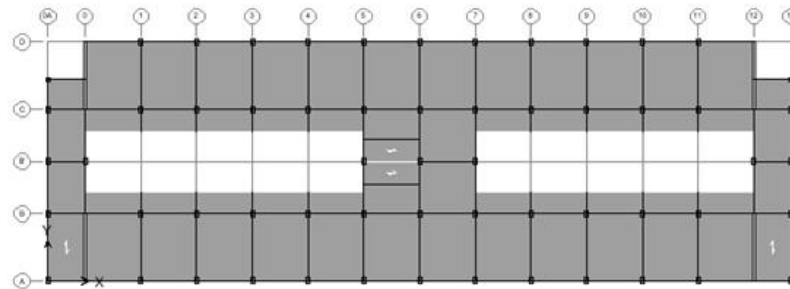


Zone 1-2 Sistem Open Frame

Bandung dan Banda Aceh



Zone 3-4 & Zone 5-6
Sistem Ganda dengan SRPMK



Denah Lantai Typical (Lt.1 – Lt.5)

TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT MEDIUM : PROTOTYPE RUSUNAWA

Dengan adanya peraturan terbaru SNI 03-1726-2012 sebagai pengganti peraturan lama SNI 03-1726-2002 maka hasil dari desain struktur bangunan Rusunawa T-24 ada perbedaan yaitu:

- ▶ Peta Gempa dan Respon Spektrum Desain disesuaikan setiap lokasi .
- ▶ Peningkatan Gaya Geser Dasar (Base Shear) berkurang untuk Rusunawa Wilayah Batam dan bertambah untuk Rusunawa Wilayah Bandung & Banda Aceh.
- ▶ Persentase Jumlah Pembesian Shearwall, Kolom & Balok berkurang untuk Rusunawa Wilayah Batam dan bertambah untuk Rusunawa Wilayah Bandung & Banda Aceh

Hal-hal yang menyebabkan bertambahnya beban gempa rencana di lokasi Bandung dan Banda Aceh adalah :

- ▶ Faktor reduksi gempa (R) untuk SRPMK $R = 8,5$ pada SNI 03-1726-2002 menjadi $R = 7$ pada SNI 1726-2012, berubah 17,65%.
- ▶ Faktor redundansi yang digunakan pada kombinasi pembebanan naik 30% menjadi 1,3 karena struktur yang dirancang termasuk KDS D. (SNI 1726-2012 Pasal 7.3.4.2)

TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT MEDIUM : PROTOTYPE RUSUNAWA

- ▶ Hasil Analisis Rusunawa Batam

Tabel 6 Periode Pembatasan dan Periode

Pembatasan Periode Getar SNI 2002	Pembatasan Periode Getar SNI 2012		Periode ETAB (Detik)	
	$T = \zeta n$	$T_{a \text{ min}} = C_r \cdot h_n^x$	$T_{a \text{ max}} = C_u \cdot T_{a \text{ min}}$	Mode 1
1.33	0.4013	0.562	1.520	1.255

Tabel 7 Persentase Peningkatan Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Gaya Geser Arah X		Gaya Geser Arah Y		Persentase	
SNI 2002	SNI 2012	SNI 2002	SNI 2012	X	Y
193,788	147,512	205,341	147,512	-31%	-39%

Tabel 8 Persentase Jumlah Pembesian Kolom dan Balok

SNI 2002		SNI 2012		Persentase	
Kolom (kg)	Balok (kg)	Kolom (kg)	Balok (kg)	Kolom	Balok
37,832	50,745	32,486	38,673	-16%	-31%

TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT MEDIUM : PROTOTYPE RUSUNAWA

► Hasil Analisis Rusunawa Bandung

Tabel 9 Periode Pembatasan dan Periode

Pembatasan Periode Getar SNI 2002	Pembatasan Periode Getar SNI 2012		Periode ETAB (Detik)	
	$T = \zeta n$	$Ta \text{ min} = Cr.hn^x$	$Ta \text{ maxs} = Cu. Ta \text{ min}$	Mode 1
1.19	0.4013	0.562	1.155	0.396

Tabel 10 Persentase Peningkatan Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Gaya Geser Arah X		Gaya Geser Arah Y		Persentase	
SNI 2002	SNI 2012	SNI 2002	SNI 2012	X	Y
413,249	649,002	491,767	649,002	36%	24%

Tabel 11 Persentase Jumlah Pembesian Kolom dan Balok

SNI 2002		SNI 2012		Persentase	
Kolom & Shearwall (kg)	Balok (kg)	Kolom & Shearwall (kg)	Balok (kg)	Kolom & Shearwall (kg)	Balok
46,185	50,592	54,543	55,805	15%	9%

TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT MEDIUM : PROTOTYPE RUSUNAWA

► Hasil Analisis Rusunawa Banda Aceh

Tabel 12 Periode Pembatasan dan Periode

Pembatasan Periode Getar SNI 2002	Pembatasan Periode Getar SNI 2012		Periode ETAB (Detik)	
$T = \zeta n$	$Ta \text{ min} = Cr.hn^x$	$Ta \text{ max} = Cu. Ta \text{ min}$	Mode 1	Mode 2
1.19	0.4013	0.562	1.129	0.362

Tabel 13 Persentase Peningkatan Gaya Geser Dasar (Base Shear)

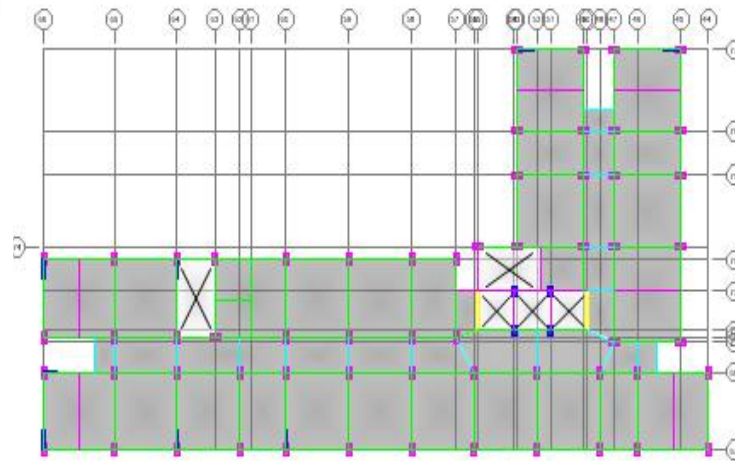
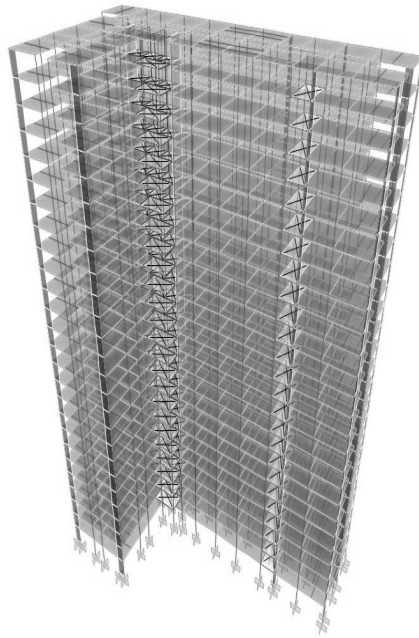
Gaya Geser Arah X		Gaya Geser Arah Y		Persentase	
SNI 2002	SNI 2012	SNI 2002	SNI 2012	X	Y
416,914	519,227	496,128	1,089,028	20%	54%

Tabel 14 Persentase Jumlah Pembesian Kolom dan Balok

SNI 2002		SNI 2012		Persentase	
Kolom & Shearwall (kg)	Balok (kg)	Kolom & Shearwall (kg)	Balok (kg)	Kolom & Shearwall (kg)	Balok
42,359	50,592	49,162	52,215	14%	3%

TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI : APARTEMEN BASSURA CITY TOWER J JAKARTA

- ▶ Apartemen Bassura City Tower J merupakan bangunan yang memiliki 26 lantai tanpa basement yang berlokasi di Jakarta dan telah di desain dengan SNI 03-1726-2002.



TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI : APARTEMEN BASSURA CITY TOWER J JAKARTA

Setelah dianalisa dengan menggunakan SNI 1726–2012 untuk jenis tanah lunak, maka hasil dari desain struktur bangunan terdapat perbedaan yaitu:

- ▶ Terjadi kenaikan nilai beban geser untuk arah X maupun arah Y.

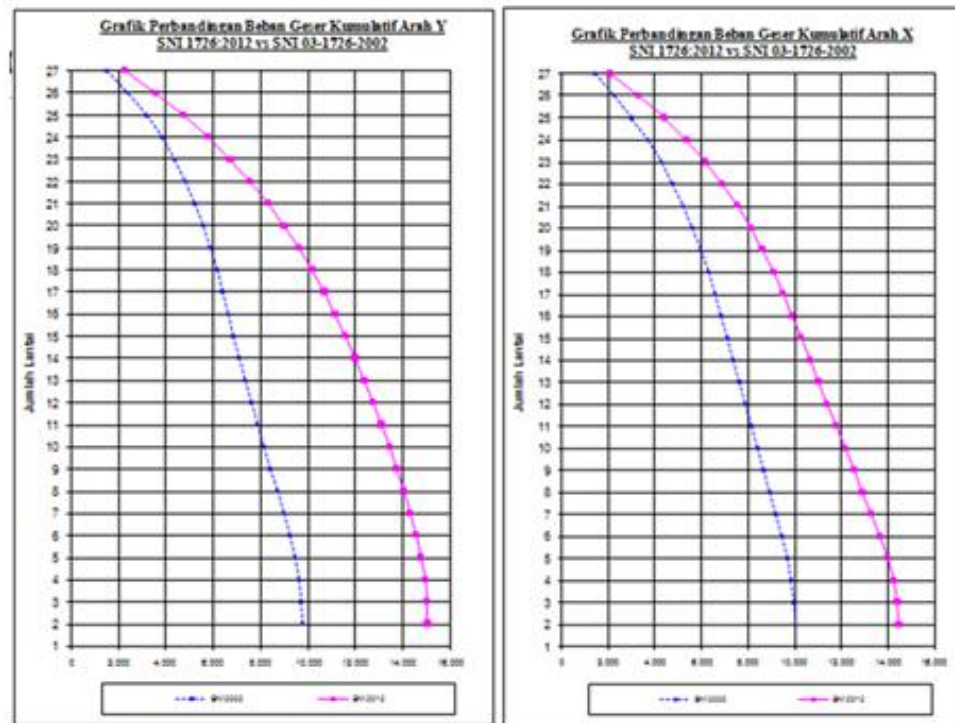
Jenis Tanah	Arah Y (%)	Arah X (%)
Tanah Lunak	60	45

- ▶ Dimensi Shearwall dan kolom yang telah didesain dengan SNI 03–1726–2002 tidak lagi memenuhi apabila dianalisa dengan menggunakan SNI 1726–2012.
- ▶ Persentase Jumlah Pembesian Shearwall, Kolom & Balok bertambah $\pm 100\%$.

Hal–hal yang menyebabkan bertambahnya beban gempa rencana :

- ▶ Menurut SNI 1726–2012 Pasal 7.9.4.1, apabila perioda fundamental yang dihitung melebihi T_{max} yaitu $C_u T_a$ maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Perioda yang dihasilkan dari ETABS adalah 3,387 detik untuk mode 1 dan 3,248 detik untuk mode 2, sedangkan perioda yang digunakan untuk analisa adalah 1,666 detik, sehingga terjadi kenaikan nilai base shear sebesar 45% untuk arah X dan 54% untuk arah Y.
- ▶ Faktor redundansi yang digunakan pada kombinasi pembebanan naik 30% menjadi 1,3 karena struktur yang dirancang termasuk KDS D. (SNI 1726–2012 Pasal 7.3.4.2)
- ▶ Pada SNI 1726–2012 pengaruh beban vertikal dimasukkan ke dalam kombinasi pembebanan.

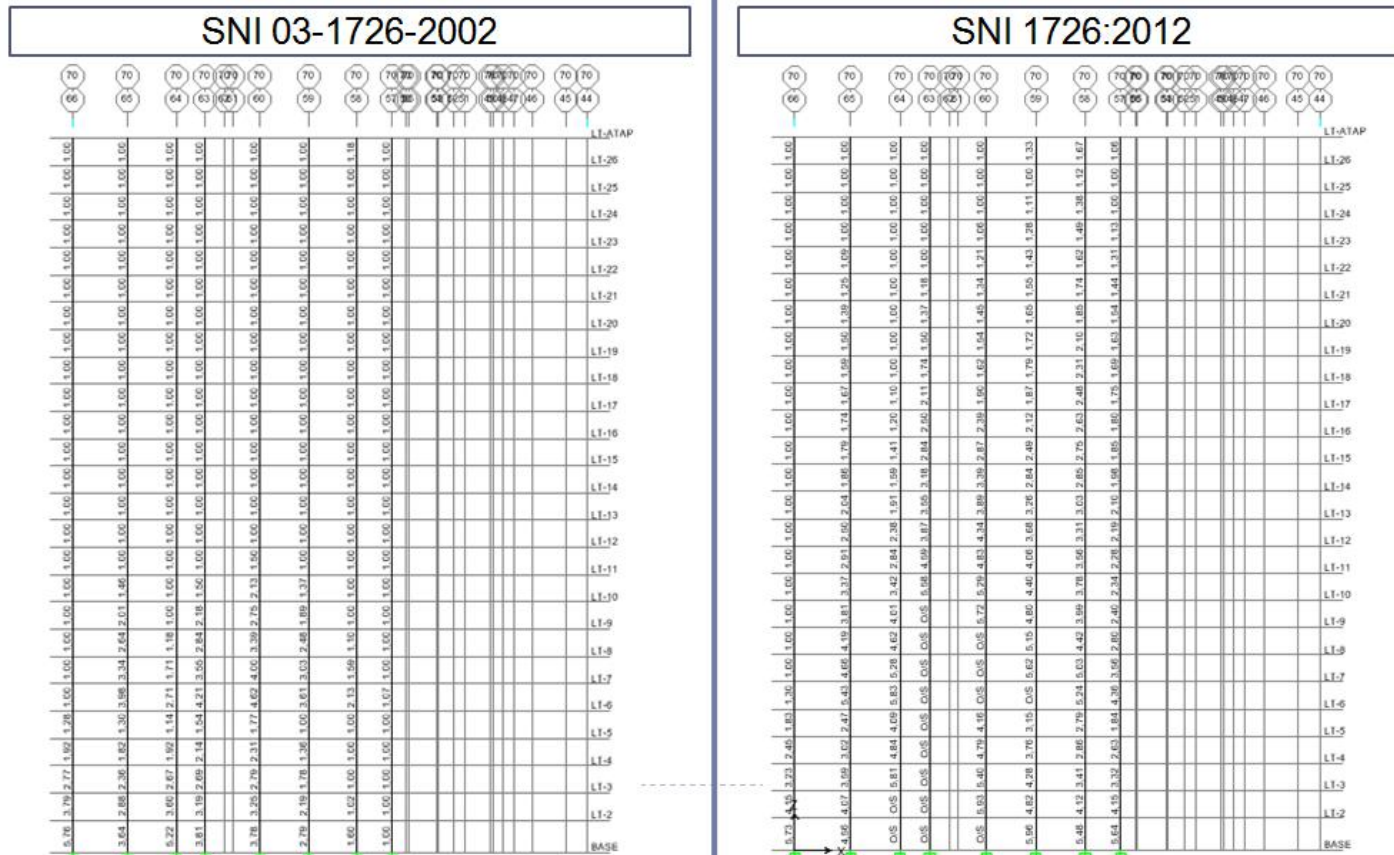
TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI : APARTEMEN BASSURA CITY TOWER J JAKARTA



Gambar 12 Perbandingan Beban Geser Kumulatif SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726-2012 pada Tanah Lunak

TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI : APARTEMEN BASSURA CITY TOWER J JAKARTA

Tanah Lunak

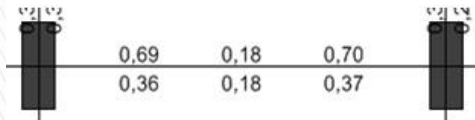


Gambar 16 Persentase Tulangan Lentur Kolom pada Tanah Lunak

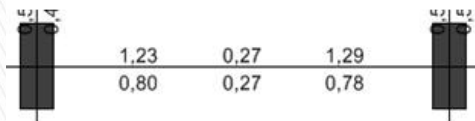
TINJAUAN ASPEK EKONOMIS PADA BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI : APARTEMEN BASSURA CITY TOWER J JAKARTA

Tanah Lunak

SNI 03-1726-2002



SNI 1726:2012



▶ Naik 82,6%

Persentase Tulangan Lentur Balok

Tanah Lunak

SNI 03-1726-2002

Flexural Design for P-M2-M3

Station Location	Required Reinf Ratio
Top	0,0064
Bottom	0,0329

SNI 1726:2012

Flexural Design for P-M2-M3

Station Location	Required Reinf Ratio
Top	0,0359
Bottom	0,0393

Persentase Tulangan Lentur Dinding Geser

KESIMPULAN

- ▶ SNI 1726–2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung disusun berdasarkan perkembangan data gempa terbaru, metoda analisis termutakhir, dan prinsip perencanaan untuk memenuhi kriteria berbasis kinerja (*performance base design*).
- ▶ Secara umum perencanaan untuk struktur konvensional menjadi semakin konservatif, sehingga biaya pembangunan secara signifikan menjadi lebih mahal.
- ▶ Tulisan ini diharapkan dapat membuat para pelaku konstruksi dan konsumen untuk memahami konsekuensi ekonomis dari berlakunya SNI 1726–2012.
- ▶ Antisipasi yang dapat dilakukan adalah segera dilakukannya adopsi metoda non konvensional yang handal, ekonomis, dan sesuai dengan kondisi lokal Indonesia.
- ▶ alternatif shaking table untuk menguji teknologi verifikasi desain, sehingga dapat secara tepat memenuhi kriteria kinerja yang disyaratkan.