

# ANALISIS RESPON GEDUNG TERHADAP BEBAN GEMPA TIME HISTORY BERDASARKAN SNI 03-1726-2002 DAN SNI 03-1726-2012

(Studi kasus : Gedung AR-Fachruddin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

*Building Response Analysis Against Time History Earthquake Force Based on SNI 03-1726-2002 and SNI 03-1726-2012*

(Case Study: AR-Fachrudin Building Of Muhammadiyah Yogyakarta University)

Redi Indra Lesmana<sup>1</sup>, Bagus Soebandono<sup>2</sup>, M. Ibnu Syamsi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, NIM: 20130110025, e-mail: lesmanaredi5@gmail.com

<sup>2</sup>Dosen Pembimbing Tugas Akhir 1

<sup>3</sup>Dosen Pembimbing Tugas Akhir 2

---

## INTISARI

Indonesia memiliki peraturan tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung maupun non gedung yang diperbaharui secara bertahap sesuai kebutuhan, peraturan itu sendiri yang tertuang dalam SNI 03-1726-2002. Namun dalam perkembangannya standar ini dianggap sudah tidak sesuai dengan aktivitas gempa yang terjadi di Indonesia, sehingga disusunlah standar perencanaan struktur yang baru pada SNI 03-1726-2012.

Penelitian ini menggunakan empat rekaman gempa yang telah diangkakan sebagai gempa masukan yaitu Northern California, Imperial Valley, Morgan Hill dan Superstition Hills. Ke empat rekaman gempa tersebut dimodifikasi berdasarkan respon spektrum desain menggunakan bantuan program *Seismomatch* untuk mendapatkan rekaman gempa yang konvergen. Dengan analisis tiga dimensi menggunakan software ETABS diperoleh respon gedung terhadap beban gempa berupa *joint displacement*, *interstory drift* dan *story shear*.

Hasil analisis menggunakan software *ETABS 2015* menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai parameter respon pada semua gempa dengan menggunakan SNI 03-1726-2012. Kenaikan nilai *joint displacement* terbesar terjadi pada gempa struktur dengan beban gempa Morgan Hill yaitu sebesar 4,36 kali di arah Y. Kenaikan nilai *Interstory drift* terbesar terjadi pada gempa Imperial Valley yaitu sebesar 3,89 kali di arah Y dan kenaikan *Story shear* terbesar terjadi pada beban gempa Superstition Hills yaitu sebesar 3,91 kali pada arah Y.

**Kata Kunci:** *Time history, joint displacement, interstory drift, story shear*

---

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Gempa merupakan salah satu bencana yang paling banyak menyebabkan korban jiwa. Indonesia sebagai salah satu negara yang dilalui cincin api pasifik (*Ring of fire*) dan terletak di daerah pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasifik, menjadikannya sebagai negara dengan tingkat aktivitas kegempaan yang

tinggi. Pada penulisan tugas akhir ini penulis menggunakan software numerik untuk membantu dalam perhitungan gaya-gaya lateral yang terjadi akibat gempa pada gedung AR Fachrudin dengan metode analisis Dinamik *Time History* berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012.

### B. Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam tulisan ini adalah untuk membandingkan kinerja struktur terhadap beban lateral gempa yang dianalisis dengan metode dinamik *time history* berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012.

### C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai joint displacement, interstory drift, dan story shear berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 serta perbandingan diantara keduanya.

### D. Manfaat Penelitian

Penyusunan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memperoleh pengetahuan, wawasan, dan pengalaman mengenai komparasi SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 mengenai respon struktur terhadap gempa dengan menggunakan analisis gempa *Time History*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari penelitian-penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya sebagai bahan perbandingan dan kajian. Penelitian tersebut diantaranya:

Nessa, dkk (2012), yaitu tentang Analisis Dinamik Riwayat Waktu Gedung Beton Bertulang Akibat Gempa Utama Dan Gempa Susulan, Analisis dinamik riwayat waktu pada penelitian ini menggunakan 4 macam percepatan gempa, yang tidak diskalakan (selanjutnya dalam tulisan ilmiah ini disebut metode A), diskalakan intensitasnya sesuai dengan SNI 1726-2002 (selanjutnya dalam tulisan ilmiah ini disebut metode B) dan tinjauan literatur [Fahjan, 2007] (selanjutnya dalam tulisan ilmiah ini disebut metode C). Dengan metode riwayat waktu juga didapatkan kesimpulan bahwa gedung yang dianalisis mampu menahan percepatan gempa Chi-chi sebesar 2,4 kali skala asli, gempa El Centro 6,4 kali skala asli, gempa Friuli 6,8 kali skala asli dan gempa Sakaria 2,8 kali skala asli.

Dian, dkk (2013), Penelitian yang dilakukan oleh Dian dkk (2013) adalah tentang Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Riwayat Waktu Menggunakan Software Etabs V 9.5 (Studi Kasus : Gedung Solo Center Point). Digunakan 4 rekaman gempa, yaitu Elcentro, Kobe, Hokkaido, dan Sanriku. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan kesimpulan Dari kontrol displacement didapatkan hasil bahwa jika struktur gedung dianalisis dengan masing-masing rekaman gempa, maka displacement yang ditimbulkan masih memenuhi batas displacement maksimum.

Anggen, dkk (2014) melakukan studi ilmiah menggunakan analisis Time History dengan judul “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Time History Menggunakan Etabs (Studi Kasus : Hotel Di Daerah Karang Anyar). Akselerogram yang digunakan berasal dari gempa El-centro, Northridge, dan Mentawai. Dari penelitian dapat disimpulkan Maximum total drift akibat Gempa Elcentro: 0,0117 (arah X) dan 0,0158 (arah Y), struktur masuk kategori damage control; akibat Gempa Northridge dan Gempa Mentawai struktur masuk kategori immediate occupancy.

## III. LANDASAN TEORI

### A. Pembebanan

Terdapat beberapa beban yang diperhitungkan dalam analisis ini diantaranya beban mati, beban hidup dan beban gempa. Menurut PPIUG 1983 beban dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Beban Mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.
2. Beban Hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin

serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu.

## **B. Analisis Gempa Menurut SNI 03-1726-2002**

### 1. Gempa Rencana

Gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur

gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh Gempa Rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

### 2. Jenis Tanah dan Perambatan Gelombang Gempa

pengaruh Gempa rencana di muka tanah harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa dari kedalaman batuan dasar ke muka tanah dengan menggunakan gerakan gempa masukan dengan percepatan puncak untuk batuan dasar. Akselerogram gempa masukan yang ditinjau dalam analisis ini, harus diambil dari rekaman gerakan tanah akibat gempa yang didapat di suatu lokasi yang mirip kondisi geologi, topografi dan seismotektoniknya dengan lokasi tempat struktur gedung yang ditinjau berada. Untuk mengurangi ketidak-pastian mengenai kondisi lokasi ini, paling sedikit harus ditinjau 4 buah akselerogram dari 4 gempa yang berbeda.

### 3. Perencanaan Struktur Gedung Tidak Beraturan

Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respons ragam yang pertama. ( $V \geq 0,8 V_1$ ). Dimana  $V$  adalah gaya geser dinamik dan  $V_1$  adalah gaya geser statik.

### 4. Analisis Dinamik Respon Riwayat Waktu

Untuk perencanaan struktur gedung melalui analisis dinamik linier riwayat waktu

terhadap pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan gempa nominal, percepatan muka tanah asli dari gempa masukan harus diskalakan ke taraf pembebanan gempa nominal tersebut, sehingga nilai percepatan puncaknya  $A$  menjadi :

$$A = \frac{A_0 \cdot I}{R} \quad (3.1)$$

Dengan :

$A$  = percepatan puncak maksimum

$A_0$  = Percepatan puncak muka tanah

$I$  = Faktor keutamaan

$R$  = Faktor reduksi gempa

Dalam analisis ini redaman struktur yang harus diperhitungkan dapat dianggap 5% dari redaman kritis.

Berhubung gerakan tanah akibat gempa pada suatu lokasi tidak mungkin dapat diperkirakan dengan tepat, maka sebagai gempa masukan dapat juga dipakai gerakan tanah yang disimulasikan. Parameter-parameter yang menentukan gerakan tanah yang disimulasikan ini antara lain terdiri dari waktu getar dominan tanah, konfigurasi spektrum respons, jangka waktu gerakan dan intensitas gempanya.

## **C. Analisis Gempa SNI 03-1726-2012**

### 1. Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$ . Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV

Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan  
Sumber: SNI 03-1726-2012

Kategori resiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

## 2. Bahaya (hazard) geologi dan investigasi geoteknik

Potensi likuifaksi dan kehilangan kekuatan tanah yang dievaluasi terhadap percepatan tanah puncak pada situs, magnitudo gempa, dan karakteristik sumber yang konsisten dengan percepatan puncak gempa maksimum yang dipertimbangkan ( $MCE_G$ ). Percepatan tanah puncak harus ditentukan dengan (1) studi spesifik-situs dengan mempertimbangkan pengaruh amplifikasi yang secara spesifik, atau (2) percepatan tanah puncak  $PGA_M$ .

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA \quad (3.2)$$

Keterangan :

- $PGA_M$  =  $MCE_G$  percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.
- $PGA$  = percepatan tanah puncak
- $PGA_F$  = koefisien situs.

Tabel 3.2 Koefisien Situs  $F_{PGA}$   
Sumber: SNI 03-1726-2012

Kelas Situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 0,2$	$PGA = 0,3$	$PGA = 0,4$	$PGA \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

## 3. Prosedur Respons Riwayat Waktu Gempa

### a. Analisis Tiga Dimensi

Gerak tanah yang sesuai harus diseleksi dari peristiwa-peristiwa gempa yang memiliki magnitudo, jarak patahan, dan mekanisme

sumber gempa yang konsisten dengan hal-hal yang mengontrol ketentuan gempa maksimum yang dipertimbangkan. Setiap pasang gerak-gerak tanah tersebut harus diskalakan sedemikian rupa sehingga pada rentang perioda dari  $0,2T$  hingga  $1,5T$ .

### b. Parameter Respons

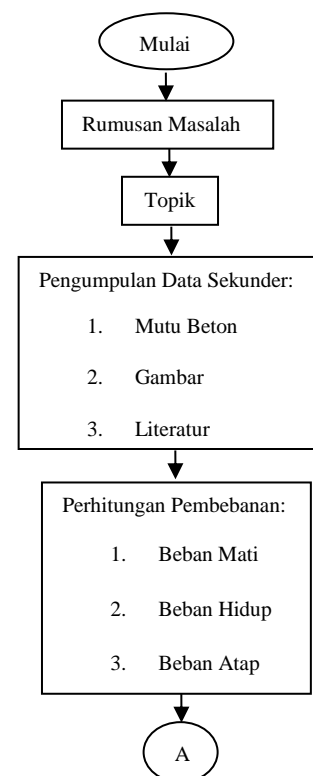
Untuk setiap gerak tanah yang dianalisis, parameter-parameter respons individual harus dikalikan dengan besaran skalar sebagai berikut:

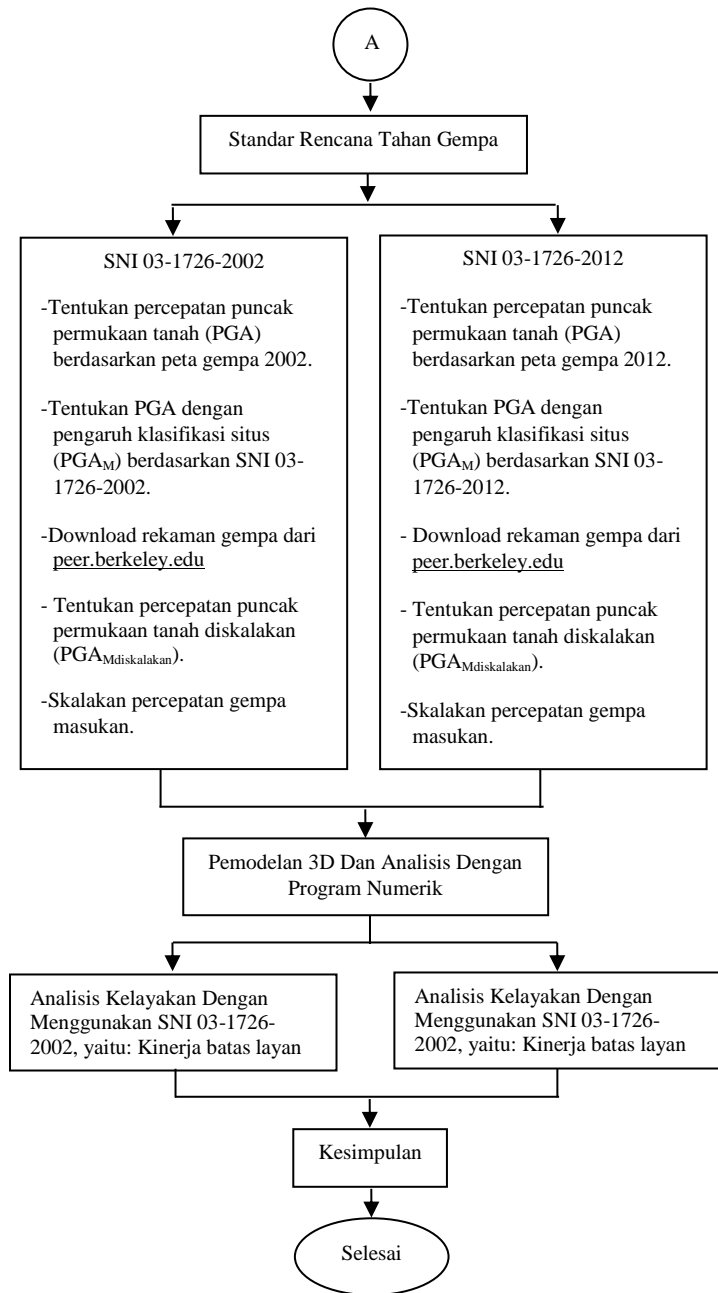
- 1) Parameter respons gaya harus dikalikan dengan  $I_e \cdot R /$ , di mana  $I_e$  adalah faktor keutamaan gempa dan  $R$  adalah Koefisien Modifikasi Respons.
- 2) Besaran simpangan antar lantai harus dikalikan dengan  $C_d/R$  di mana  $C_d$  adalah faktor pembesaran defleksi.

## IV. METODE PENELITIAN

### A. Langkah Langkah Perancangan

1. Langkah-langkah yang akan dilaksanakan dapat dilihat pada bagan alir dibawah ini.





Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

## B. Data Perancangan

### a. Data Primer

- 1) Gambar Asbuilt: Denah lantai 1-6 dan denah struktur portal lantai 1-6
- 2) Denah atap dan denah balok atap

3) Mutu beton yang digunakan adalah  $f'_c = 25 \text{ MPa}$

4) Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) =  $4700\sqrt{f'_c}$

### b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari jurnal-jurnal, buku-buku, peraturan-peraturan serta literatur lain yang menunjang dalam penyelesaian tugas akhir ini.

### c. Pemodelan

- 1) Tumpuan yang digunakan pada struktur bangunan berjenis jepit sedangkan pada atap berjenis sendi dan roll.
- 2) Kolom dan balok dimodelkan sebagai elemen satu dimensi.
- 3) Plat lantai, plat tangga dan plat bordes dimodelkan sebagai elemen dua dimensi.
- 4) Massa yang diperhitungkan sebagai beban gempa terdiri dari 100% beban mati dan 30% beban hidup.
- 5) Tangga dan atap dimodelkan secara terpisah sehingga dapat mempermudah dalam proses pemodelan.

## C. Pembebanan Gempa SNI 03-1726-2002

### 1. Waktu getar bangunan

Dari hasil analisis Etabs diperoleh periode alami bangunan sebesar 0,9.

### 2. Percepatan Puncak Permukaan Tanah ( $A_0$ )

Bangunan terletak di wilayah gempa 3 dengan jenis tanah sedang, sehingga menurut peta gempa dan Tabel 5 SNI 03-1726-2002 percepatan puncak permukaan tanahnya adalah 0,23 g.

### 3. Faktor Keutamaan (I) dan Faktor reduksi gempa masukan (R)

Gedung termasuk kategori umum sehingga menurut tabel 1 SNI 03-1726-2002, faktor  $I = 1$ , taraf kinerja struktur dianggap daktail penuh maka dalam tabel 9 SNI 03-1726-2002 Faktor reduksi ( $R$ ) = 8,5.

#### 4. Gempa Masukan

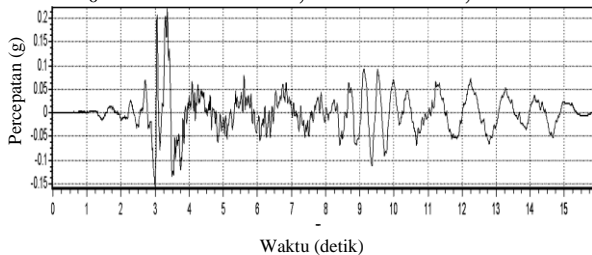
Digunakan 4 rekaman gempa masukan dalam penelitian ini yaitu Imperial Valley ( $A_0 = 0,11276$  dan  $0,07884$ ), Northern California ( $A_0 = 0,16164$  dan  $0,20334$ ), Morgan Hill ( $A_0 = 0,15115$  dan  $0,19999$ ) dan Superstition Hills ( $A_0 = 0,12984$  dan  $0,13008$ ). Seluruh rekaman diperoleh dari situs [peer.berkeley.edu](http://peer.berkeley.edu), dengan memasukkan data respon spektrum wilayah gedung, sehingga akan didapatkan rekaman gempa yang konvergen.

#### 5. Modifikasi Gempa Masukan

Berhubung gerakan tanah akibat gempa pada suatu lokasi tidak mungkin dapat diperkirakan dengan tepat, maka sebagai gempa masukan dapat juga dipakai gerakan tanah yang disimulasikan. Parameter-parameter yang menentukan gerakan tanah yang disimulasikan ini antara lain terdiri dari waktu getar dominan tanah, konfigurasi spektrum respons, jangka waktu gerakan dan intensitas gempunya (SNI 1726-2002) Modifikasi gempa menggunakan *software seismomatch*.

##### a) Imperial Valley

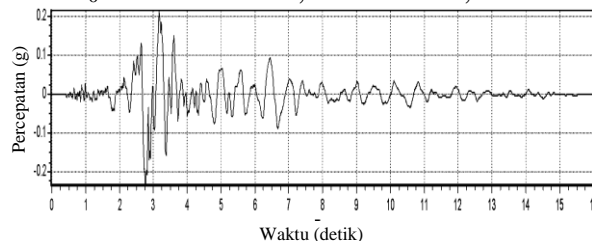
$A_0$  Modifikasi = 0,21795 dan 0,28311



Gambar 4.2 Akselerogram Imperial Valley

##### b) Northern California

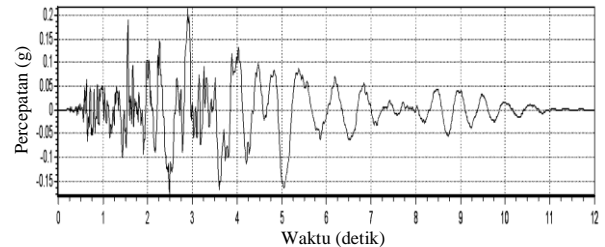
$A_0$  Modifikasi = 0,24333 dan 0,30553



Gambar 4.3 Akselerogram Gempa Northern California

##### c) Morgan Hill

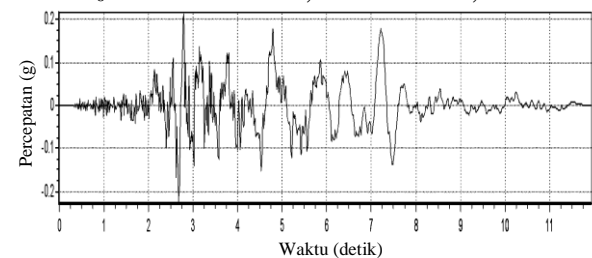
$A_0$  Modifikasi = 0,21369 dan 0,25292



Gambar 4.4 Akselerogram Gempa Morgan Hill

##### d) Superstition Hills

$A_0$  Modifikasi = 0,22361 dan 0,26338



Gambar 4.5 Akselerogram Gempa Superstition Hills

#### 6. Penskalaan percepatan puncak permukaan tanah

SNI 1726-2002 mensyaratkan untuk perencanaan struktur gedung melalui analisis dinamik linier riwayat waktu terhadap pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan gempa nominal, percepatan muka tanah asli dari gempa masukan harus diskalakan ke taraf pembebanan gempa nominal tersebut, sehingga nilai percepatan puncaknya  $A$  menjadi :

$$A = \frac{A_0 \times I}{R}$$

$$A = \frac{0,23 \times 1}{8,5} = 0,027$$

Tabel 4.1 Faktor Skala SNI 2002

Gempa	Arah	PGA <sub>max</sub> (g)	PGA <sub>scaled</sub> (g)	Skala (g)	Faktor Skala
		A	B	C= B/A	FS = C.g
Imperial Valley	X	0,21795	0,027	0,1239	1,215
	Y	0,28311	0,027	0,0953	0,935
Northern California	X	0,24333	0,027	0,1109	1,088
	Y	0,30553	0,027	0,0883	0,866
Morgan Hills	X	0,21369	0,027	0,1264	1,240
	Y	0,25292	0,027	0,1067	1,047
Superstition hills	X	0,22361	0,027	0,1207	1,184
	Y	0,26338	0,027	0,1025	1,006

**7. Pembebanan Gempa SNI 03-1726-2012**

1) Percepatan Puncak Permukaan Tanah

Nilai PGA didapatkan dari website [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) dengan memasukkan koordinat lokasi bangunan. Didapat nilai PGA = 0,462 g.

2) Faktor keutamaan (I) dan faktor reduksi beban gempa (R)

Gedung termasuk kategori IV sehingga menurut tabel 2 SNI 03-1726-2012, faktor I = 1,5 faktor modifikasi respons (R) untuk rangka beton bertulang pemikul momen khusus ditentukan dalam tabel 9 SNI 03-1726-2012 Faktor modifikasi respons (R) = 8.

3) Modifikasi Akselerogram

- a) Gempa Imperial Valley  
PGA Modifikasi = 0,30335 dan 0,37160
- b) Gempa Northern California  
PGA Modifikasi = 0,32143 dan 0,38967
- c) Gempa Morgan Hill  
PGA Modifikasi = 0,27051 dan 0,27463
- d) Gempa Superstition Hills  
PGA Modifikasi = 0,27673 dan 0,31137

4) Koefisien Situs

Nilai percepatan puncak permukaan tanah (PGA) dipengaruhi oleh kelas situs. Nilai PGA sesuai kelas situs dapat dilihat pada tabel 8 SNI 1726-2012.

Nilai PGA 0,462 tidak terdapat dalam tabel 8 SNI 1726-2012 sehingga perlu dilakukan Interpolasi linier. Dari interpolasi diperoleh nilai F<sub>PGA</sub> sebesar 1,0620.

$$\begin{aligned}
 PGA_M &= F_{PGA} \times PGA \\
 &= 1,0620 \times 0,462 \\
 &= 0,491 \text{ g}
 \end{aligned}$$

5) Penskalaan PGA

Pasal 11.1.4 SNI 1726-2012 menjelaskan mengenai parameter respons menetapkan setiap gerak tanah dalam analisis harus diskalakan dengan I/R.

$$\begin{aligned}
 PGA_{Mdiskalakan} &= PGA_M \times (I/R) \\
 &= 0,491 \times (1,5/8) \\
 &= 0,092 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Faktor Skala SNI 2012

Gempa	Arah	PGA <sub>M</sub> (g)	PGA <sub>scaled</sub> (g)	Skala (g)	Faktor Skala
		A	B	C= B/A	FS = C.g
Imperial Valley	X	0,30035	0,092	0,3060	3,002
	Y	0,37160	0,092	0,2475	2,428
Northern California	X	0,32143	0,092	0,2862	2,808
	Y	0,38967	0,092	0,2361	2,316
Morgan Hill	X	0,27051	0,092	0,3401	3,336
	Y	0,27463	0,092	0,3349	3,285
Superstition Hills	X	0,27673	0,092	0,3325	3,262
	Y	0,31137	0,092	0,2955	2,899

**V. PEMBAHASAN**

**A. Faktor Skala Akibat Pengaruh Base Shear**

1. Faktor Skala Baru SNI 03-1726-2002

SNI 03-1726-2002 pada pasal 7.1.3 mensyaratkan Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respons ragam yang pertama ( $V \geq 0,8 V_1$ )

Dari output ETABS diperoleh nilai Base shear dinamik untuk semua gaya gempa

kecuali Imperial Valley arah X dan Superstition Hills arah Y kurang dari 80% *base shear* statik sehingga diperlukan penskalaan ulang.

Tabel 5.1 Skala Baru SNI 2002

Gempa	Arah	Faktor skala	$0,8V_1/V$	Faktor skala Baru
Imperial Valley	x	0,972	0,972	-
	y	1,364	1,364	1,276
Northern California	x	1,045	1,045	1,137
	y	1,729	1,729	1,498
Morgan Hill	x	1,28	1,28	1,587
	y	1,149	1,149	1,202
Superstition Hills	x	0,962	0,962	-
	y	1,379	1,379	1,387

## 2. Faktor Skala Baru SNI 03-1726-2012

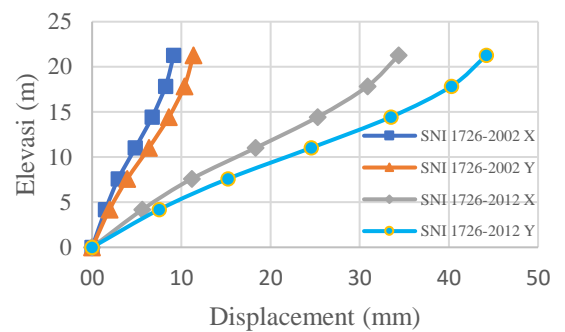
Pasal 7.9.4.1 SNI 03-1726-2012 menjelaskan apabila nilai gaya geser dasar atau *base shear* dinamik maksimum yang telah diskalakan kurang dari 85% ( $V_t < 0.85 V$ ) dari nilai *base shear* statik maksimum maka harus dicari faktor skala baru. Untuk perhitungan faktor skala baru akan ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 5.2 Skala Baru SNI 2012

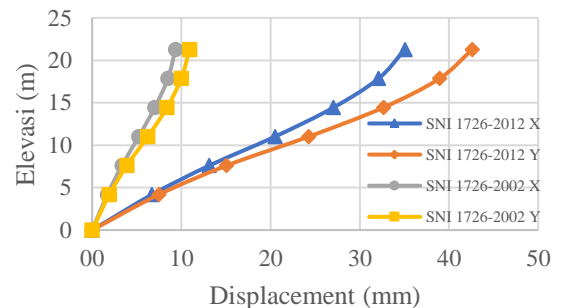
Gempa	Arah	Faktor skala	$0,8V_1/V$	Faktor skala Baru
Imperial Valley	x	3,002	1,086	3,259
	y	2,428	1,578	3,831
Northern California	x	2,808	1,125	3,158
	y	2,316	1,942	4,499
Morgan Hill	x	3,336	1,121	3,74
	y	3,285	1,102	3,62
Superstition Hills	x	3,262	1,108	3,613
	y	2,899	1,461	4,234

## B. Joint Displacement

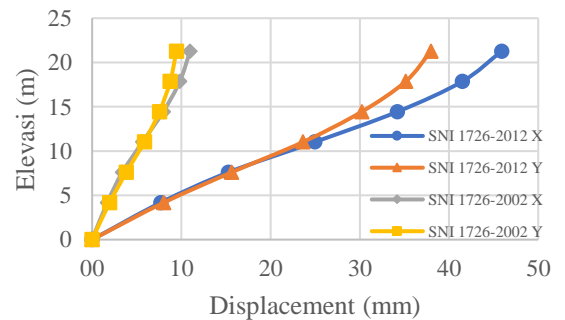
Nilai *joint displacement* diperoleh dari perhitungan menggunakan *ETABS* yang dioutputkan ke dalam bentuk tabel. *Joint* yang diambil adalah *joint* 1, 10 dan 14. *Joint* tersebut diambil karena berada pada sisi gedung dengan lantai paling banyak sehingga dianggap memiliki nilai *joint displacement* terbesar



Gambar 5.1 Perbandingan *Displacement* Gempa California 2002 dan 2012

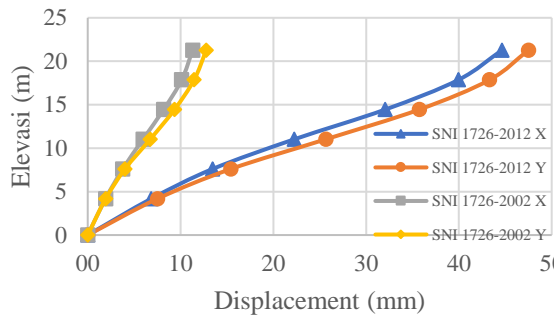


Gambar 5.2 Perbandingan *Displacement* Gempa Imperial Valley 2002 dan 2012

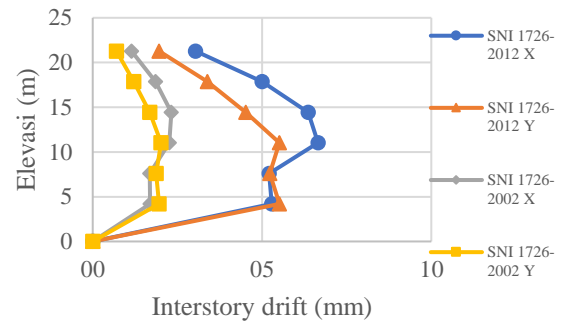


Gambar 5.3 Perbandingan *Displacement* Gempa Morgan Hill 2002 dan 2012





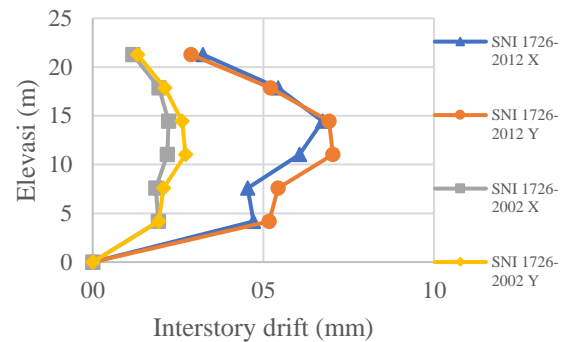
Gambar 5.4 Perbandingan *Displacement* Gempa Superstition Hills 2002 dan 2012



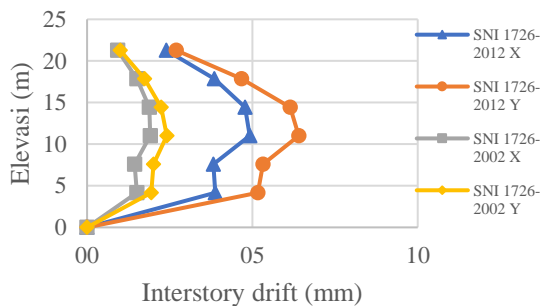
Gambar 5.7 Perbandingan *Interstory drift* Gempa Morgan Hill 2002 dan 2012

### C. Interstory Drift

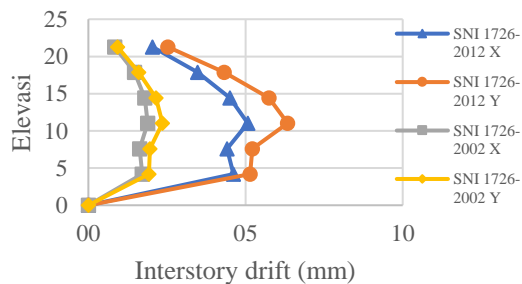
*Interstory drift* didapatkan dari selisih *displacement* antar lantai untuk SNI 1726-2002, sedangkan SNI 1726 2012 pada pasal 11.1.4 menetapkan selisih simpangan antar lantai dikalikan dengan  $Cd/R$ , dimana  $Cd$  adalah faktor pembesaran defleksi dan  $R$  adalah koefisien modifikasi respons. Dari tabel 9 SNI 1726-2012 untuk rangka beton bertulang pemikul momen khusus didapatkan nilai  $Cd$  sebesar 5,5 dan  $R$  sebesar 8.



Gambar 5.8 Perbandingan *Interstory drift* Gempa Superstition Hills 2002 dan 2012



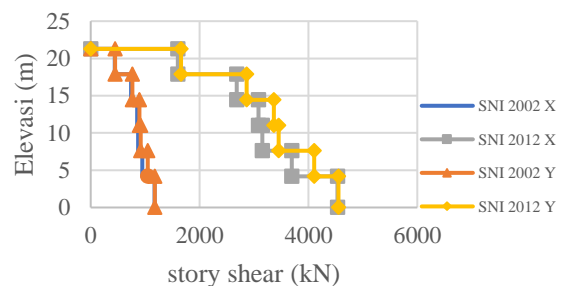
Gambar 5.5 Perbandingan *Interstory drift* Gempa California 2002 dan 2012



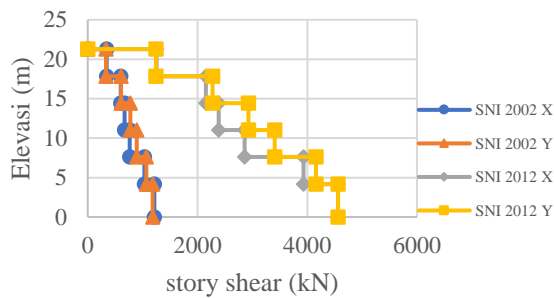
Gambar 5.6 Perbandingan *Interstory drift* Gempa Imperial Valley 2002 dan 2012

### D. Story Shear

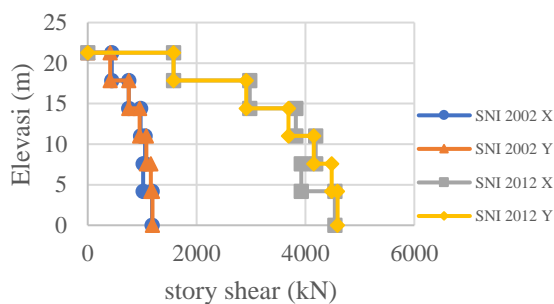
*Story shear* atau gaya geser lantai diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan Etabs yang dioutputkan ke dalam bentuk tabel.



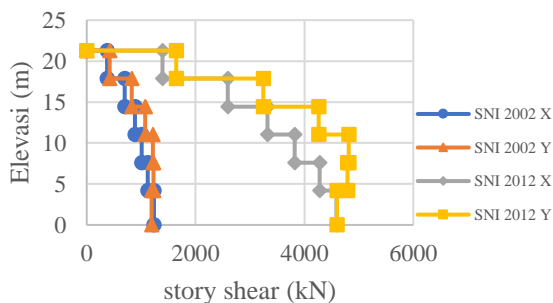
Gambar 5.9 Perbandingan *Story Shear* Gempa California 2002 dan 2012



Gambar 5.10 Perbandingan *Story Shear* Gempa Imperial Valley 2002 dan 2012



Gambar 5.11 Perbandingan *Story Shear* Gempa Morgan Hill 2002 dan 2012



Gambar 5.12 Perbandingan *Story Shear* Gempa Superstition Hills 2002 dan 2012

## VI. Kesimpulan dan Saran

### A. Kesimpulan

Studi analisis beban gempa dengan metode dinamik *time history* berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 menghasilkan beberapa hal, sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut:

#### 1. *Joint Displacement*

##### a. SNI 03-1726-2002

Hasil analisis menggunakan *ETABS* struktur aman untuk semua lantai pada arah X

dan Y, dengan *joint displacement* terbesar terjadi pada beban Gempa Superstition Hills di joint 14 arah Y pada atap sebesar 13,1 mm.

##### b. SNI 03-1726-2002

Hasil analisis menggunakan *ETABS* struktur aman untuk semua lantai pada arah X dan Y, dengan *joint displacement* terbesar terjadi pada beban Gempa Superstition Hills di joint 14 arah Y pada atap sebesar 47,9 mm.

#### 2. *Interstory Drift*

##### a. SNI 03-1726-2002

Hasil analisis menggunakan *ETABS* struktur aman untuk semua lantai pada arah X dan Y, dengan *interstory drift* terbesar terjadi di joint 14 arah Y pada lantai 3 ketika struktur dibebani dengan beban Gempa Superstition Hills sebesar 2,8 mm.

##### b. SNI 03-1726-2002

Hasil analisis menggunakan *ETABS* struktur aman untuk semua lantai pada arah X dan Y, dengan *interstory drift* terbesar terjadi di joint 14 arah Y pada lantai 4 ketika struktur dibebani dengan beban Gempa Superstition Hills sebesar 8,5 mm.

#### 3. *Story Shear*

##### a. SNI 03-1726-2002

*Story shear* terbesar terjadi pada struktur dengan beban gempa Superstition Hills di lantai 1 arah X yaitu sebesar 1235,69 kN. Sedangkan *story shear* terkecil terjadi pada struktur dengan beban gempa Imperial Valley di atap arah Y yaitu sebesar 332,87 kN.

##### b. SNI 03-1726-2012

*Story shear* terbesar terjadi pada struktur dengan beban gempa Superstition Hills di lantai 3 arah Y yaitu sebesar 4813,44 kN. Sedangkan *story shear* terkecil terjadi pada struktur dengan beban gempa Imperial Valley di atap arah Y yaitu sebesar 1245,88 kN.

#### 4. Perbandingan Nilai *Joint Displacement* dan *Interstory Drift* SNI 03-1726-2002 dengan SNI 03-1726-2012

- a. Gempa Northern California mengalami rasio peningkatan *joint displacement* rata-rata sebesar 3,77 pada arah X dan 3,88 pada arah Y; *Interstory drift* mengalami rasio peningkatan rata-rata sebesar 2,59 pada arah X dan 2,68 pada arah Y; *Story shear* meningkat rata-rata sebesar 3,70 pada arah X dan 3,79 pada arah Y.
- b. Gempa Imperial Valley mengalami rasio peningkatan *joint displacement* rata-rata sebesar 3,86 pada arah X dan 3,89 pada arah Y; *Interstory drift* mengalami rasio peningkatan rata-rata sebesar 3,12 pada arah X dan 2,69 pada arah Y; *Story shear* meningkat rata-rata sebesar 3,68 pada arah X dan 3,80 pada arah Y.
- c. Gempa Morgan Hill mengalami rasio peningkatan *joint displacement* rata-rata sebesar 4,36 pada arah X dan 4,04 pada arah Y; *Interstory drift* mengalami rasio peningkatan rata-rata sebesar 2,87 pada arah X dan 2,77 pada arah Y; *Story shear* meningkat rata-rata sebesar 3,86 pada arah X dan arah Y.
- d. Gempa Superstition Hills mengalami rasio peningkatan *joint displacement* rata-rata sebesar 3,78 pada arah X dan 3,81 pada arah Y; *Interstory drift* mengalami rasio peningkatan rata-rata sebesar 2,71 pada arah X dan 2,53 pada arah Y; *Story shear* meningkat rata-rata sebesar 3,75 pada arah X dan 3,91 pada arah Y.

#### B. Saran

1. Perlu dilakukan analisis dengan menggunakan rekaman gempa yang ada di wilayah Indonesia lainnya.
2. Perlu dilakukan analisis dengan jumlah rekaman gempa lebih dari 4 buah.
3. Perlu dilakukan analisis ulang dengan menggunakan program numerik lain seperti SAP2000 untuk memperoleh perbandingan hasil analisis yang lebih akurat.
4. Perlu dilakukan pemodelan ulang struktur dengan elemen yang lebih lengkap meliputi dinding dan fondasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Tular, R.B. 1984. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Diredja, Nessa Valiantine dkk. 2012. *Analisis Dinamik Riwayat Waktu Gedung Beton Bertulang Akibat Gempa Utama dan Gempa Susulan*. Surakarta: Dinamika TEKNIK SIPIL/Vol.12/No.1/Januari 2012/Nessa Valiantine Diredja, dkk./Halaman 70-77
- Sari, Dian Ayu Lingling, dkk. 2013. *Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Riwayat Waktu Menggunakan Software ETABS V 9.5 (Studi Kasus: Gedung Solo Center Point)*. Surakarta: e-Jurnal Matriks Teknik Sipil
- Anggen, Wandrianto S., dkk. 2014. *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Time History Menggunakan ETABS (Studi Kasus: Hotel Di Daerah Karanganyar)*. Surakarta: e-Jurnal Matriks Teknik Sipil
- Pratama, Fajri, dkk. 2014. *Evaluasi Kinerja Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Time History Pada Tinjauan Drift dan Displacement Menggunakan Software ETABS*. Surakarta: e-Jurnal Matriks Teknik Sipil
- Patil, A.S., dan Kumbhar, P.D. 2013. *Time History Analysis Of Multistoried RCC Buildings For Different Seismic Intensities*. Diambil dari: [www.ijscer.com](http://www.ijscer.com) (20 Maret 2017)
- Al Rasyid, Harun, dkk. 2013. *Studi Perilaku Bangunan Multi Tower 15 Lantai Menggunakan Metode Non Linear Time History Analysis Dengan Membandingkan Dua Letak Shearwall*

*Pada Struktur (Studi Kasus Bentuk Struktur Apartemen Pucak Bukit Golf).*  
Surabaya: JURNAL TEKNIK  
POMITS Vol. 1, No. 1 (2013) 1-6

Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)*. Bandung. Ditjen Cipta Karya Direktorat Masalah Bangunan

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Bandung: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum