

# Analisis Desain Rusunawa Daan Mogot Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum dan *Time History*

*Design Analysis of Daan Mogot Flats Using Response Spectrum and Time History Method*

**Mas Adi Prihambodo, Fanny Monika**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Indonesia Indonesia terletak antara dua wilayah jalur gempa, yaitu jalur gempa pasifik (*Circum Pasific Earthquake Belt*) dan jalur gempa asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*). Hal tersebut yang sering menjadikan fenomena gempa di Indonesia. Jakarta merupakan salah satu kota yang terdampak akibat gempa bumi yang mengguncang pada 2 September 2009 gempa tektonik yang berpusat di Tasikmalaya, Jawa Barat mengguncang sebagian wilayah jawa bagian barat pada pukul 14.55 WIB sebesar 7,3 SR. Pada penelitian ini analisis struktur menggunakan *software ETABS* dalam bentuk 3D. Didapat hasil analisis berupa periode, frekuensi, gaya geser dasar, simpangan setiap tingkat, dan perpindahan setiap tingkat. Gaya geser dasar yang didapat dari analisis *software ETABS* untuk arah X sebesar 185846.05 kN (Respon Spektrum), 1317871,96 kN (Kobe Jepang), 1514635,86 kN (Imperial Valley), dan 95859,97 kN (Chi-Chi Taiwan) sedangkan untuk arah Y sebesar 33076,12 kN (Respon Spektrum), 59997,98 kN (Kobe Jepang), 111186,40 kN (Imperial Valley) dan 11181,60 kN (Chi-Chi Taiwan). Hasil nilai dari batas ijin defleksi tiap lantai tidak melebihi nilai simpang ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga kkerja struktur gedung masih dalam kategori aman berdasarkan SNI 1726-2012. Maka diharapkan dengan adanya penelitian ini akan didapatkan perilaku struktur secara tepat dan akurat yang diakibatkan oleh gempa, sehingga diharapkan dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi akibat gempa.

Kata-kata kunci: respon spektrum, *time history*, *interstory drift*, *desplacemet*, dan *base shear*.

**Abstract.** *Indonesia is located between two regions of the earthquake lane, namely the Circum Pacific Earthquake Belt and Trans Asiatic Earthquake Belt. This is what often makes the earthquake phenomenon in Indonesia. Jakarta is one of the cities affected by the earthquake which shook on 2 September 2009 a tectonic earthquake centered in Tasikmalaya, West Java. It's shook the western part of Java at 14.55 West Indonesia Time by 7.3 SR. In this study the structural analysing is using ETABS software in 3D. Obtained the results of the analysis in the form of period, frequency, base shear, Interstory drift, and displacement. The base shear obtained from the analysis of ETABS software for X direction is 185846.05 kN (Spectrum Response), 1317871.96 kN (Kobe Japan), 1514635.86 kN (Imperial Valley), and 95859.97 (Chi-Chi Taiwan) while for Y direction is 33076.12 kN (Spectrum Response), 59997.98 kN (Kobe Japan), 111186.40 kN (Imperial Valley) and 11181.60 kN (Chi-Chi Taiwan). The resulting value of the deflection permit limit for each floor does not exceed the value of the intersection of the license  $0.01h_{sx}$  so that the performance of the building structure is still in the safe category based on SNI 1726-2012. So it is expected that with this research we will get precise and accurate structural behavior caused by the earthquake, so it is expected to minimize the damage caused by the earthquake.*

*Key words: respon spektrum, time history, interstory drift, displacemet, and base shear.*

## 1. Pendahuluan

Letak geografis Indonesia yang merupakan pertemuan tiga lempeng utama dunia, menjadikan negara ini terdiri dari rangkaian kepulauan yang membentang dari Sabang sampai Merauke. Lempeng tersebut, yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Indo-Australia. Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia bertemu di garis Barat Pantai Sumatra, kemudian melalui selatan pantai Jawa, Bali, dan Kepulauan Nusa Tenggara dan berhenti di kepulauan Maluku. Pertemuan lempeng tersebut menyebabkan Lempeng Indo-Australia berada masuk

dibawah Lempeng Eurasia yang memiliki masa jenis lebih berat. Hal tersebut menyebabkan munculnya deretan pegunungan mediterania di jalur busur luar zona subduksi (penunjaman) terutama deretan pegunungan di Pulau Sulawesi, Maluku, dan Irian. Berdasarkan letak geografis tersebut menjadikan Indonesia berada diantara dua wilayah jalur gempa, yaitu jalur gempa pasifik (*Circum Pasific Earthquake belt*) dan jalur gempa asia (*Trans Asiatic Belt*), sehingga gempa sering terjadi di Indonesia.

Jakarta merupakan salah satu kota yang pernah terdampak goncangan gempa yang terjadi di beberapa daerah yang ada disekitarnya. Tepat pada tanggal 2 September

2009 gempa tektonik yang berpusat di Tasikmalaya, Jawa Barat mengguncang sebagian wilayah Jawa bagian barat pada pukul 14.55 WIB sebesar 7,3 SR. Akibat dari gempa tersebut terjadi beberapa kerusakan di beberapa struktur bangunan tinggi. Misalnya, Gedung Veteran di Plaza Semanggi yang salah satu tiang di lantai delapan retak, dan Gedung Rektorat Universitas Indonesia di Depok yang mengalami keretakan pada salah satu sudutnya meskipun tidak terlalu parah. Kemudian gempa dengan kekuatan sebesar 6,1 SR terjadi pada tahun 2018 di Banten. Akibat gempa tersebut banyak korban jiwa yang berjatuh dan kerusakan pada beberapa bangunan seperti pada gedung baru Fakultas Adab dan Humaniora Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah, yang mengalami kerusakan pada bagian dinding samping lift lantai satu. Struktur bangunan di Jakarta harus memperhatikan pengaruh gempa pada bangunan, dengan terlebih dahulu mempertimbangkan besaran gaya saat gempa yang mungkin diterima oleh bangunan tersebut. Besaran potensi gaya yang akan terjadi di suatu wilayah dapat dilihat melalui peta gempa. Sehingga dengan begitu, pertimbangan terhadap gaya gempa dapat dilakukan, untuk meminimalisir kerusakan bangunan saat terjadi gempa dan diharapkan struktur bangunan secara keseluruhan dapat tetap berdiri walaupun dalam kondisi terburuk sekalipun.

Analisis terhadap gaya gempa secara umum terbagi menjadi dua macam, yaitu analisis statik dan analisis dinamik (analisis respon spektrum dan analisis *time history*). Analisis respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk kurva antara periode waktu struktur  $T$ , dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Analisis riwayat waktu atau *time history* adalah metode analisis struktur yang meninjau respon struktur dari waktu ke waktu terhadap getaran gempa.

Pada penelitian pada struktur gedung Rusunawa Daan Mogot digunakan analisis dinamik, yaitu analisis respon spektrum dan analisis *time history*. Penggunaan analisis respon spektrum untuk menentukan gaya geser tingkat nominal dinamik akibat pengaruh gempa, sedangkan analisis *time history*

menggunakan akselogram gempa yang disimulasikan sebagai gerakan tanah masukan. Akselogram gempa adalah hasil rekaman gerakan tanah akibat gempa yang pernah terjadi di lokasi tertentu dan memiliki kemiripan dengan kondisi geologi, topografi dan seismotekniknya dengan lokasi tempat struktur gedung yang ditinjau berada. Sehingga diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat didapatkan perilaku struktur secara tepat dan akurat yang diakibatkan oleh gempa.

## 2. Analisa Dinamik

Analisis dinamik memiliki tujuan menentukan gaya geser tingkat yang mengakibatkan gerakan tanah oleh gempa. Pada penelitian ini digunakan 2 analisis dinamik respon spektrum dan *time history*. Penentuan spektrum respon desain untuk analisis respon spektrum didapat dari [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) dengan memasukkan koordinat dari lokasi struktur bangunan. Pada analisis dinamik *time history* terlebih dahulu menentukan akselogram gempa masukan. Pada data rekaman percepatan tanah yang digunakan harus sesuai dengan rekaman peristiwa gempa yang memiliki jarak patahan, magnitudo, dan mekanisme sumber gempa dengan konsisten pada hal-hal yang mengontrol ketentuan gempa maksimum. Setiap data rekaman tersebut diskalakan hingga pada rentang perioda dari  $0.2T$  hingga  $1.5T$ . Percepatan gempa pilihan dimodifikasi menggunakan program bantu *SeismoMatch* agar respon spektrumnya Konverge dengan respon spektrum elastik desain.

## 3. Respon Spektrum Desain

Menurut SNI 1726:2012 pasal 6.1.1 menjelaskan bahwa parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) ditetapkan pada masing-masing dari respon spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik di pasal 14 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun ( $MCE_R$ , 2% dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Berdasarkan lokasi struktur di

Jakarta, dengan kelas situs SE (tanah lunak), maka didapat data desain respon spektrum berupa  $S_1 = 0,3$ ,  $S_s = 0,686$ ,  $F_v = 2,8$  dan  $F_a = 1,328$ . Sehingga didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

1) Perhitungan Nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$

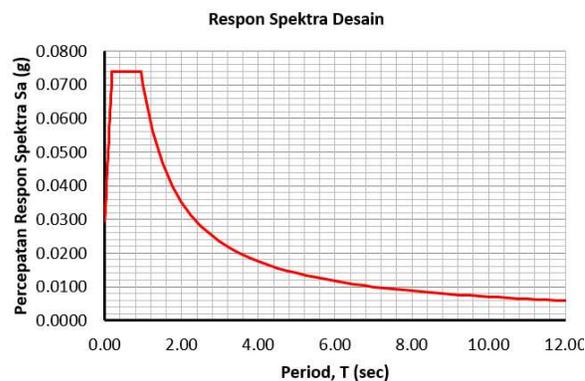
$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times F_a \times S_s \\ &= \frac{2}{3} \times 1,328 \times 0,686 \\ &= 0,607 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times F_v \times S_1 \\ &= \frac{2}{3} \times 2,8 \times 0,3 \\ &= 0,56 \end{aligned}$$

2) Penentuan Respon Spektra

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \times \frac{0,56}{0,607} \\ &= 0,185 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= \frac{0,56}{0,607} \\ &= 0,923 \end{aligned}$$



Gambar 1 Desain respon spektrum

#### 4. Time History

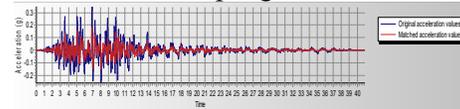
Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 11.1.3.2 untuk analisis tiga dimensi pada data percepatan tanah harus diskalakan hingga masuk pada rentang  $0,2T$  sampai  $1,5T$ . Konvergensi dilakukan terhadap spektrum gempa aktual yang dibandingkan dengan respon spektrum desain pada periode  $0,2T - 1,5T$ . Pada Gambar 4.19 – 4.21 memperlihatkan percepatan gempa masukan yang telah dilakukan modifikasi, data ini yang akan digunakan dalam analisis *time history*.

Tabel 1 Data gempa masukan konvergensi

Data Akselogram Gempa	Kobe Jepang	
	X	Y
Max Aceleration (g)	3,66538	2,57079
Max Velocity (cm/sec)	34,68433	33,47513
Max Displacement (cm)	11,08484	89,81667
Vmax/Amx (sec)	0,00965	0,01327
Acceleration RMS (g)	0,26367	0,20319
Velocity RMS (cm/sec)	12,75692	6,60010
Displacement RMS (cm)	62,67288	51,4837

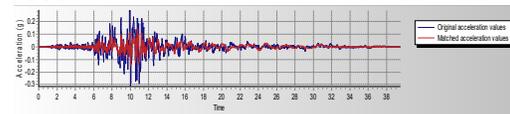
(Sumber : Seismomatch)

a. Lokasi : Kobe Jepang 16 Januari 1995



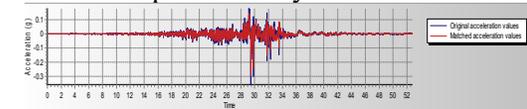
Gambar 2 Akselogram Kobe  
(Sumber : Seismomatch)

b. Lokasi : Chi-Chi Taiwan 20 September 1999



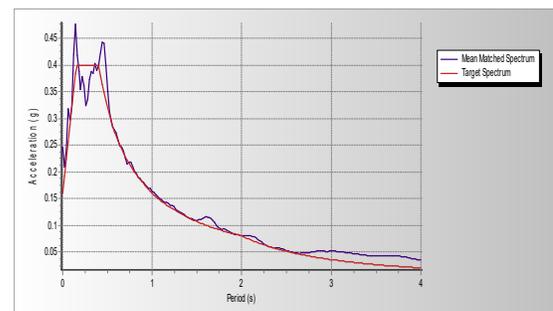
Gambar 3 Akselogram Chi-Chi  
(Sumber : Seismomatch)

c. Lokasi : Imperial Valley 19 Mei 1940



Gambar 4 Akselogram Imperial Valley  
(Sumber : Seismomatch)

Dengan periode struktur ( $T = 1.323$ ) dengan  $0,2T = 0,2646$  detik dan  $1,5T = 1,9845$  detik. Berikut perbandingan kedua data setelah dilakukan konvergensi :



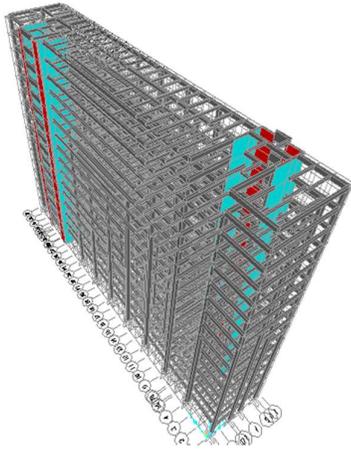
Gambar 5 Respon spektrum aktual rerata dan Respon spektrum desain  
(Sumber : Seismomatch)

## 5. Metode Penelitian

Pernelitian ini dilakukan di Gedung Rusunawa Daan Mogot. Sistem struktur bangunan berupa beton bertulang dengan *shear wall* dan balok kolom 16 lantai dengan ketinggian 52 m. Deskripsi Gedung Rusunawa Daan Mogot dapat dilihat pada Tabel 2, dan Gambar 3D gedung pada Gambar 6

Tabel 2 Deskripsi Gedung Rusunawa Daan Mogot

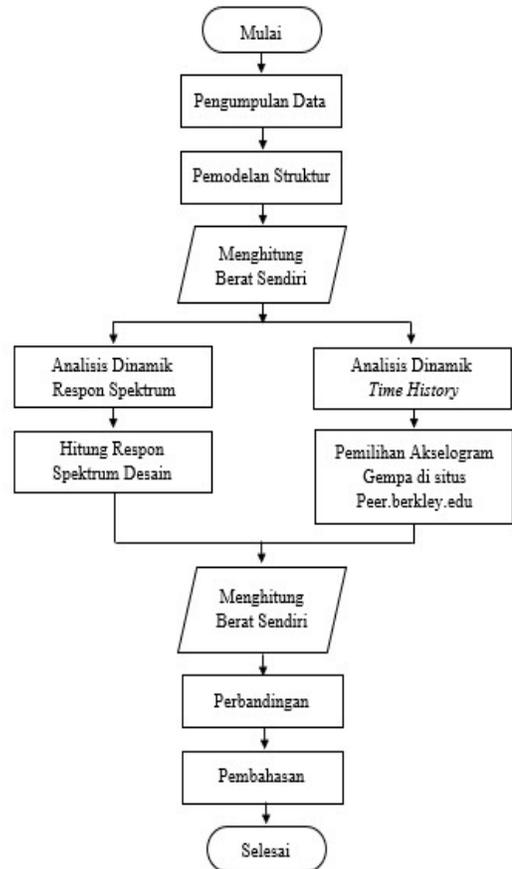
Deskripsi Gedung	Keterangan
Sistem Struktur	Struktur <i>shearwall</i> beton bertulang
Fungsi Bangunan	Rumah susun
Jumlah Lantai	16 lantai
Tinggi Maksimum Gedung	52 m
Tinggi Lantai	3.2 m, kecuali lantai Tipikal
Tipikal	2 (4 m)
Luas Total Gedung	24.431,45 m <sup>2</sup>



Gambar 6 Denah 3D struktur gedung

### Tahapan Analisis

Penelitian ini menggunakan dua metode analisis dinamik, yaitu analisis respon spektrum dan analisis *time history*. *Software* yang digunakan adalah *ETABS*. Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan maka tahap analisis harus sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. Data dan informasi Gedung Rusunawa Daan Mogot didapat berupa gambar *for construction*, gambar *shopdrawing* dalam bentuk softfile, dan laporan perencanaan struktur atas Gedung Rusunawa Daan Mogot. Data tersebut akan digunakan untuk dasar pemodelan struktur menggunakan *Software ETABS* dalam bentuk 3 dimensi.



Gambar 7 Diagram alir penelitian

### Data Struktur Gedung

struktur gedung memiliki tinggi total 52 m dengan elevasi rata pada setiap lantainya 3,2 m. Data elevasi Gedung Rusunawa Daan Mogot dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Tinggi struktur gedung

Lantai	Tinggi (m)	Elevasi (m)
1	0	0
2	4	+4
3	3,2	+7,2
4	3,2	+10,4
5	3,2	+13,6
6	3,2	+16,8
7	3,2	+20
8	3,2	+23,4
9	3,2	+26,4
10	3,2	+29,4
11	3,2	+32,8
12	3,2	+36
13	3,2	+39,2
14	3,2	+42,4
15	3,2	+45,6
16	3,2	+48,8
Atap	3,2	+52

Tabel 4 Spesifikasi Pelat

Tipe	Tebal, mm	Lokasi
S12	120	Lantai Tipikal
S13	130	Lantai Atap Pot Bunga
S15	150	Lantai Atap Tangki Air

Tabel 5 Spesifikasi Balok

Tipe	Dimensi
B1	400 × 700
B2	400 × 800
B3	400 × 900
B4	300 × 600
B5	250 × 400
B6	250 × 500
B7	200 × 400
B8	150 × 200
B9	300 × 350
B10	300 × 400
B11	400 × 1300

Tabel 6 Spesifikasi Kolom

Tipe	Dimensi	Tulangan
K1A	400 × 800	18D16
K1B	400 × 800	28D22
K1B1	400 × 800	28D22
K1B2	400 × 800	28D22
K1C	400 × 800	28D16
K2A	600 × 900	28D22
K2B	600 × 900	28D16
K2C	600 × 900	44D22
K2D	600 × 900	38D22
KL	200 × 200	4D13
KB	250 × 300	6D13
KR	300 × 300	8D13

## Spesifikasi Material

Spesifikasi material pada struktur gedung terdiri dari tegangan leleh pada baja dan kuat tekan beton dimana kedua komponen tersebut mempengaruhi kuat struktur itu sendiri.

### a. Mutu Beton

Tabel 4 Mutu Beton Rencana

Fungsi	Mutu $f'c$ (MPa)
Kolom	35
Shear wall	35
Balok	30
Pelat	30
Pilecap	30
Lainnya	30

### b. Mutu Baja Tulangan

Tabel 7 Mutu Beton Rencana

Fungsi	Mutu $f_y$ (MPa)
$\varnothing \geq 10$ mm (BJTD 40)	400
$\varnothing < 10$ mm (BJTP 24)	240

## Pembebanan

Struktur gedung merupakan suatu susunan elemen yang memiliki fungsi untuk menyalurkan beban mati, beban hidup, beban air hujan, dan beban angin pada bangunan ke dasar tanah. Beban itu sendiri merupakan beban yang direncanakan akan terjadi, yang diterima oleh struktur gedung tersebut.

### a. Beban Mati

Tabel 8 Jenis Beban Hidup

Komponen	Berat	Satuan
Lantai tipikal	95	kg/m <sup>2</sup>
Lantai atap	95	kg/m <sup>2</sup>

### b. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh penghuni dan pengguna bangunan gedung atau struktural lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan lingkungan, seperti beban air hujan, beban angin, dan beban mati. yang terjadi pada elemen struktur gedung sebagai berikut.

Tabel 9 Jenis Beban Hidup

Komponen	Berat	Satuan
Lantai tipikal	200	kg/m <sup>2</sup>
Lantai koridor	500	kg/m <sup>2</sup>
Lantai atap	200	kg/m <sup>2</sup>
Beban tangki air di atap	2000	kg/m <sup>2</sup>

(Sumber : SNI 1727-2013)

## Kontrol gaya geser seismik

Gaya geser dasar seismik adalah total dari seluruh gaya lateral yang terjadi akibat gempa yang diterima oleh bangunan gedung yang ditinjau dan merupakan total dari gaya lateral gempa yang diterima struktur gedung setiap lantainya. Periode fundamental pendekatan struktur T, tidak diizinkan melebihi hasil koefisien pada batas atas untuk perioda yang dihitung ( $C_u$ ) dan periode fundamental pendekatan  $T_a$  harus ditentukan dari persamaan yang telah ditentukan, sehingga didapat perhitungan gaya seismik sebagai berikut :

Tabel 10 Desain gaya dasar seismik

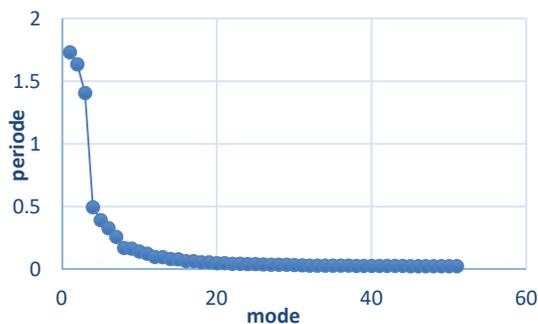
Parameter		sb-X	sb-Y
berat bangunan	$W$	191711.890	191711.890
Spektral periode pendek	$SDS$	0.607	0.607
spektral period 1s	$SD1$	0.560	0.560
modifikasi respon	$R$	7	7
faktor keutamaan	$le$	1	1
periode struktur	$T$	1.323	1.323
koefisien geser max	$C_{smax}$	0.087	0.087
koefisien geser	$C_s$	0.060	0.060
koefisien geser min	$C_{smin}$	0.027	0.027
Cs pakai	$C_S$	0.060	0.060
seismik base shear	$V$	16624.160	16624.160

## 6. Hasil dan Pembahasan

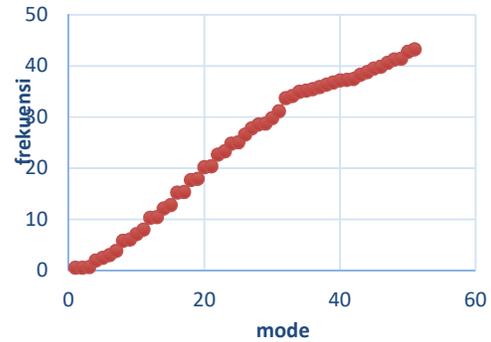
Pada penelitian yang dilakukan ini, didapat hasil berupa kontrol jumlah ragam dan parameter respon, periode dan frekuensi struktur, *base shear* (gaya geser dasar), gaya geser tingkat (*story shear*), *displacement* ( $\Delta_i$ ), pengaruh P-Delta dan ketidak beraturan struktur dengan analisis gedung 16 lantai menggunakan analisis dinamik respon spektrum dan *time history*. Kemudian hasil analisis dari 2 metode tersebut dibandingkan untuk mengetahui efektivitas analisis dinamik respon spektrum terhadap analisis dinamik *time history*.

### Periode dan Frekuensi

Hasil *output* periode dan frekuensi struktur dengan menggunakan *software ETABS* dapat dilihat pada Gambar 8 untuk hubungan mode dan periode dan Gambar 9 untuk hubungan mode dan frekuensi



Gambar 8 Hubungan antara mode dan periode struktur



Gambar 9 Hubungan antara mode dan frekuensi struktur

Pada Gambar 8 dapat diperhatikan bahwa *mode* 1 mempunyai nilai paling rendah jika dibandingkan pada *mode* 51, sedangkan pada Gambar 9 memiliki nilai *mode* 1 lebih besar dibandingkan nilai *mode* 51. Sehingga hasil analisis ini telah sesuai dengan persamaan pada SNI 1726:2012 bahwa semakin kecil nilai periode maka semakin besar nilai frekuensi, karena antara periode dan frekuensi mempunyai nilai yang berbanding terbalik.

### Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

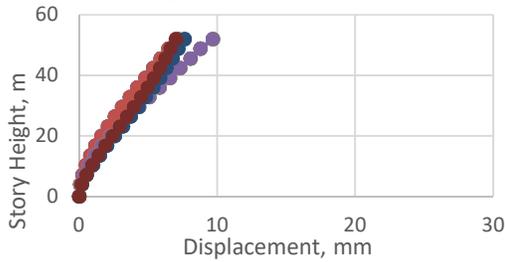
Setelah dilakukan analisis dinamik respon spektrum dan analisis *time history* menggunakan *software ETABS*, maka akan didapatkan nilai geser dasar dinamik ( $V_d$ ). Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1 menjelaskan bahwa nilai geser dasar dinamik ( $V_d$ ) harus lebih besar dari nilai geser dasar statik ( $V_s$ ), Jika hasil tidak sesuai maka dilakukan modifikasi skala respon spektrum dan *time history* dengan perkalian dari hasil bagi antara  $V_d \geq 85\% V_s$  dengan skala awal.

Tabel 11 Kontrol skala desain masukan baru

Beban Gempa	Arah Gaya	$V_d$ (kN)	Kontrol $V_d > 85\% V_s$
<b>Respon Spektrum</b>	X	185846.05	OK
	Y	33076.12	OK
<b>Kobe Jepang</b>	X	1317871.96	OK
	Y	59997.98	OK
<b>Imperial Valley</b>	X	1514635.86	OK
	Y	111186.40	OK
<b>Chi-Chi Taiwan</b>	X	95859.97	OK
	Y	11181.60	OK

## Displacement

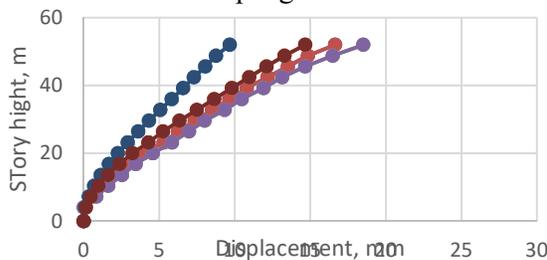
### a. Analisis Respon Spektrum



Gambar 10 Grafik Joint Displacement Analisis Respon Spektrum

Berdasarkan Gambar 10 dilihat bahwa *joint displacement* maksimum terdapat pada *joint label* 30 dan 33 arah X sebesar 9,69 mm dan *joint label* 2 dan 30 arah Y sebesar 7,63 mm yang mana nilai ini tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan *joint displacement* terhadap analisis dinamik tergolong aman.

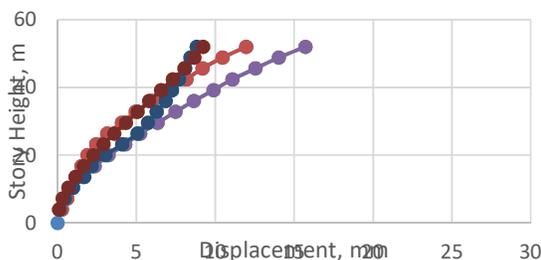
### b. Analisis Kobe Jepang



Gambar 11 Grafik Joint Displacement Analisis Kobe Jepang

Berdasarkan Gambar 11 dilihat bahwa *joint displacement* maksimum terdapat pada *joint label* 30 dan 33 arah X sebesar 18,51 mm dan *joint label* 5 dan 33 arah Y sebesar 14,67 mm yang mana nilai ini tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan *joint displacement* terhadap analisis dinamik tergolong aman.

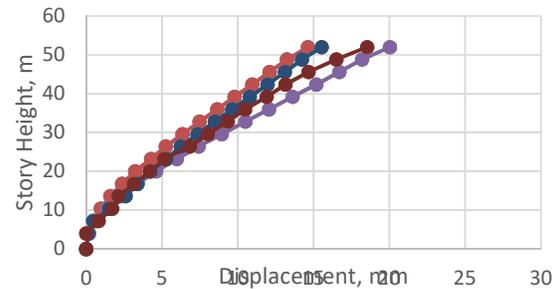
### c. Analisis Imperial Valley



Gambar 12 Grafik Joint Displacement Analisis Imperial Valley

Berdasarkan Gambar 12 dilihat bahwa *joint displacement* maksimum terdapat pada *joint label* 30 dan 33 arah X sebesar 15,72 mm dan *joint label* 5 dan 33 arah Y sebesar 9,23 mm yang mana nilai ini tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan *joint displacement* terhadap analisis dinamik tergolong aman.

### d. Analisis Chi-Chi Taiwan

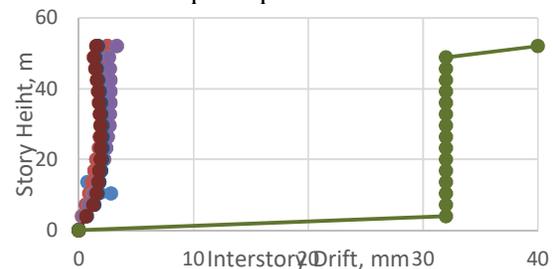


Gambar 13 Grafik Joint Displacement Analisis Chi-Chi Taiwan

Berdasarkan Gambar 13 dilihat bahwa *joint displacement* maksimum terdapat pada *joint label* 30 dan 33 arah X sebesar 20,04 mm dan *joint label* 5 dan 33 arah Y sebesar 18,53 mm yang mana nilai ini tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan *joint displacement* terhadap analisis dinamik tergolong aman. Sehingga dapat dilihat bahwa *joint displacement* maksimum terdapat pada analisis Chi-Chi Taiwan arah X sebesar 20,04 mm dan arah Y sebesar 18,53 mm. Nilai maksimal tersebut ada di lantai 17 (atap) Label 30-X, 33-X, 5-Y dan 33-Y yang mana tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan *joint displacement* terhadap analisis dinamik tergolong aman.

## Hasil Evaluasi Kinerja Batas Ultimit

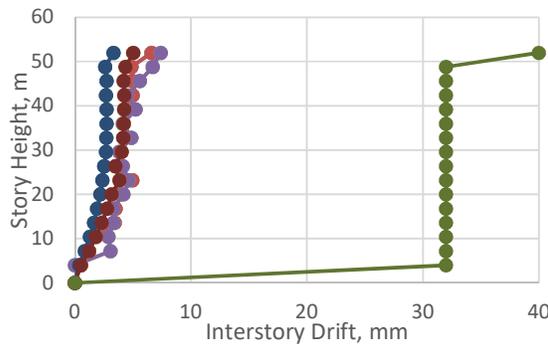
### a. Analisis Respon Spektrum



Gambar 14 Grafik *Interstory Drift* Analisis Respon Spektrum

Berdasarkan Gambar 14 dilihat bahwa *joint Interstory Drift* maksimum terdapat pada *joint label 30 dan 33* arah X sebesar 3,34 mm dan *joint label 2 dan 30* arah Y sebesar 1,69 mm yang mana nilai ini tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan *Interstory Drift* terhadap analisis dinamik tergolong aman.

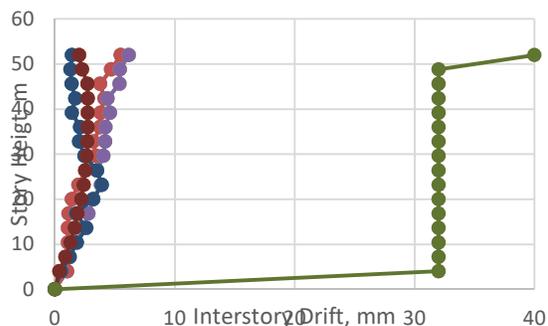
b. Analisis Kobe Jepang



Gambar 15 Grafik *Interstory Drift* Analisis Kobe Jepang

Berdasarkan Gambar 15 dilihat bahwa *joint Interstory Drift* maksimum terdapat pada *joint label 30 dan 33* arah X sebesar 7,41 mm dan *joint label 5 dan 33* arah Y sebesar 5,02 mm yang mana nilai ini tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan *Interstory Drift* terhadap analisis dinamik tergolong aman.

c. Analisis Imperial Valley

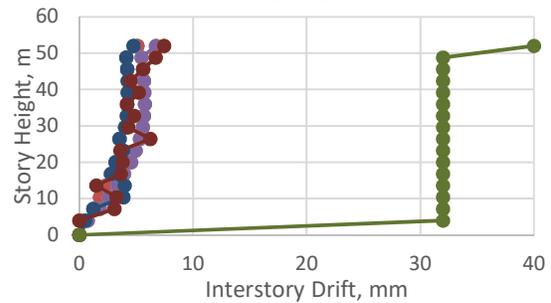


Gambar 16 Grafik *Interstory Drift* Analisis Imperial Valley

Berdasarkan Gambar 16 dilihat bahwa *joint Interstory Drift* maksimum terdapat pada *joint label 30 dan 33* arah X sebesar 6,16 mm dan *joint label 5 dan 33* arah Y sebesar 2,02 mm yang mana nilai ini tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan

SNI 1726:2012 dan *Interstory Drift* terhadap analisis dinamik tergolong aman.

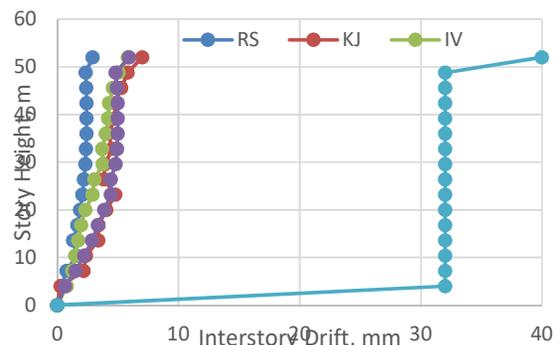
d. Analisis Chi-Chi Jepang



Gambar 17 Grafik *Interstory Drift* Analisis Chi-Chi Taiwan

Berdasarkan Gambar 17 dilihat bahwa *joint Interstory Drift* maksimum terdapat pada *joint label 30 dan 33* arah X sebesar 3,92 mm dan *joint label 5 dan 33* arah Y sebesar 7,47 mm yang mana nilai ini tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan *Interstory Drift* terhadap analisis dinamik tergolong aman.

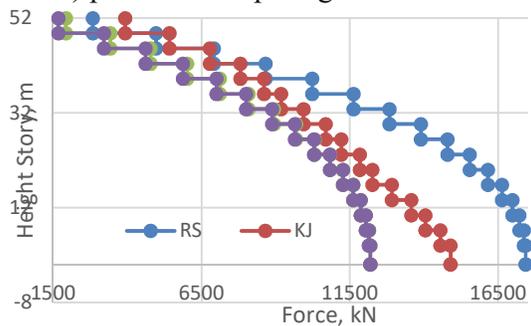
Sehingga dapat dilihat dari hasil analisis gempa dinamik respon spektrum dan *time history* struktur bangunan masih dalam kategori aman terhadap tipe beban gempa. Pada tabel *Interstory Drift* analisis respon spektrum, Kobe Jepang, Imperial Valley, dan Chi-Chi Taiwan menunjukkan bahwa nilai *Interstory Drift* tidak lebih besar dari simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga struktur termasuk kategori aman. Hal ini dapat dilihat juga pada rata-rata simpangan *interstory drift*.



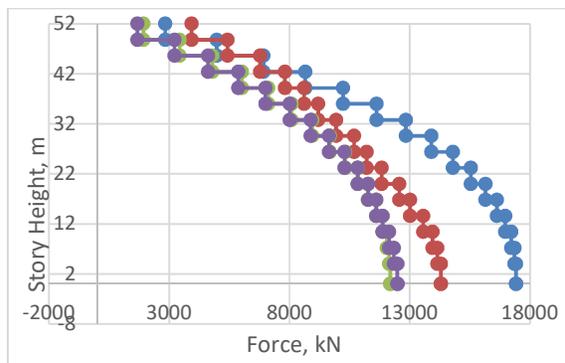
Gambar 181 Grafik *Interstory Drift* rata-rata Maka dengan melihat hasil rata-rata dari *Interstory Drift* analisis respon spektrum, Kobe Jepang, Imperial Valley, dan Chi-Chi Taiwan menunjukkan bahwa struktur termasuk kategori aman karena tidak melebihi batas simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  dalam SNI 1726:2012.

## Story Shear

Setelah pada penelitian ini dilakukan analisis menggunakan *software ETABS* maka didapatkan nilai gaya geser tingkat (*story shear*) pada struktur pada gambar berikut ini :



Gambar 19 Grafik Story Shear arah X



Gambar 20 Grafik Story Shear arah Y

Berdasarkan Gambar 20 didapat nilai *story shear* arah X terbesar lantai dasar terdapat pada analisis respon spektrum sebesar 17424,45 kN, sedangkan untuk arah Y terdapat pada analisis respon spektrum sebesar 17133,67 kN.

## 7. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisis dinamik menggunakan *software ETABS* didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis terhadap periode dan frekuensi struktur didapat bahwa semakin kecil nilai periode maka semakin besar nilai frekuensi, karena antara periode dan frekuensi mempunyai nilai yang berbanding terbalik sehingga hal ini sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012.
2. Hasil nilai *base shear* maksimum yang terjadi pada struktur gedung dengan menggunakan analisis dinamik respon spektrum sebesar 185.846,05 kN, sedangkan pada analisis dinamik *time history* sebesar

1.317.871,96 kN. Sehingga hasil *base shear* memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 karena mendapatkan  $V_{dinamik} > 0,85 V_{statik}$ .

3. Hasil analisis dinamik respon spektrum pada desain gedung rencana didapatkan nilai *displacement* yang tidak melebihi simpangan ijin  $0,01h_{sx}$  sehingga sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan *joint displacement* terhadap analisis dinamik tergolong aman.
4. Nilai batas izin simpangan tiap lantai yang terjadi pada analisis dinamik respon spektrum dan analisis dinamik *time history* tidak melebihi nilai simpangan ijin  $0,01h_x$  sehingga struktur gedung termasuk dalam kategori aman berdasarkan syarat deformasi dan simpangan antar lantai tingkat pada SNI 1726:2012.

## 8. Daftar Pustaka

- Anggen, W., Budi, A. S., & Gunawan, P. (2014). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Time History Menggunakan Etabs (Studi Kasus: Hotel Di Daerah Karanganyar). *Matriks Teknik Sipil*, 2(3).
- Baiquny Febbrian, D., Setiya Budi, A., & Adi Sambowo, K. (2014). Evaluasi Kinerja Gaya Gempa pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Respon Spektrum Berdasarkan Base Share, *Displacement*, dan *Drift* Menggunakan *Software ETABS* (Studi Kasus: Hotel di Daerah Karanganyar). *Matriks Teknik Sipil*, 2(2), 27-34.
- Bayyinah, D. A. L. N., & Faimun, F. (2017). Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan Time History untuk Desain Gedung. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 33-38.
- BSN, 2012, SNI 1726-2012: *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 2013, SNI 1727-2013: *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Choundary, S., C. dan Bokare, P., S., 2017, *Dynamic Analysis Of Multistory Building Using Response Spectrum*

- Method And Seismic Coefficient Method-A Comparison. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4, 2348-7968.
- Faizah, R. (2015). Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time History pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 190-199.
- Listyorini, L., Purwanto, E., & Supriyadi, A. (2015). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung dengan Analisis *Time History* (Studi Kasus : Gedung Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 3(4).
- Patil, S., Ghadge, S., Konapure, C., & Ghadge, C. (2013). Seismic Analysis of High Rise Building by Response Spectrum Method. *International Journal of Computational Engineering Research*, 3(3), 272-279.
- Pratama, F., Budi, A. S., & Wibowo, W. (2014). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis Time History pada Tinjauan Drift dan Displacement Menggunakan Software ETABS. *Matriks Teknik Sipil*, 2(3).
- Purnomo, E., Purwanto, E., & Supriyadi, A. (2014). Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus: Bangunan Hotel di Semarang). *Matriks Teknik Sipil*, 2(4).
- Rendra, R., Kurniawandy, A., Djauhari, Z., (2015). Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa dengan Metode Respon Spektrum dan *Time History*. *Annual Civil Engineering Seminar*, 2(3)
- Sianipar, Tito. (2018). Ibu Kota Jakarta ‘terancam gempa lebih dari 8 SR’. Dikutip 6 Januari 2020 dari BBC Indonesia: <https://www.bbc.com/indonesia>
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman (2011) Diakses pada 6 Januari 2020, dari Desain Spektra Indonesia <http://puskim.pu.go.id>