

# ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DENGAN METODE RESPON SPECTRUM DITINJAU PADA DRIFT DAN DISPLACEMENT MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS

*(Performance Analysis of Building Structural with Spectrum Response Method Reviewed on Management and Control Using ETABS Software)*

**Ari Mulyo Diah Utami<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil Institut Sains dan Teknologi Nasional

E-mail: [arimulodiahutami@gmail.com](mailto:arimulodiahutami@gmail.com)

## ABSTRAK

Dengan banyaknya kejadian gempa di Indonesia, maka banyak dikembangkan analisis-analisis gempa terhadap struktur. Analisis gempa dibagi menjadi dua yaitu analisis gempa statik ekuivalen dan analisis gempa dinamik. Analisis gempa dinamik digunakan untuk mengetahui kinerja struktur pada bangunan tinggi bertingkat banyak, tidak beraturan, dan bangunan-bangunan yang memerlukan ketelitian yang sangat besar. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis struktur gedung dengan analisis dinamik respon spectrum yang ditinjau berdasarkan *displacement*, dan *drift*. Dalam skripsi ini, akan dibahas proses analisis struktur gedung bertingkat berbentuk Letter L berlantai 7 menggunakan metode respon spektrum, lalu menganalisa perilakunya terhadap beban hidup, mati dan respon spektrum. Acuan desain menggunakan standar SNI 03-1726-2012 dan ATC-40. Kesimpulan dari penelitian ini adalah hasil control kinerja batas layan arah X 0,00403m, dan arah Y 0,00400 m sudah memenuhi syarat kinerja batas layan <0,01125 m. Hasil control kinerja batas ultimit arah X 0,00403m pada arah Y 0,00400 m menunjukkan bahwa Gedung X telah memenuhi syarat kinerja batas ultimit yaitu < 0,006 m. Menurut ATC-40 gedung ini masuk dalam katagori *Immediate Occupancy* (IO).

**Kata kunci** : Respon Spektrum, Analisis Dinamik, Gedung Bertingkat.

## ABSTRACT

*With so many occurrences of the earthquake in Indonesia, then a lot of the developed analysis-analysis of the earthquake to the structure. Earthquake analysis is divided into two equivalent static earthquake analysis and the analysis of earthquake dynamics. Analysis of dynamical earthquake used to know the performance of high-floor building structures on the lot, irregular, and buildings that require precision. As for the purpose of this research is to analyze the structure dynamical response analysis with a spectrum that is reviewed based on displacement, and drift. In this thesis, the would have discussed building a multilevel structure analysis process shaped Letter L 7-storey method using response spectrum, then analyze his behavior against the burden of life, death and the response spectrum. Reference design using the standard 03-1726-2012 SNI and ATC-40. Conclusion of this research is the result of control performance limits of layan direction X 0, 00403m, and direction Y 0.00400 m already qualified the performance limits of layan .*

**Keywords**: Dynamic Analysis, Spectral Response, Multilevel Building

1.

## PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi gempa bumi. Tingginya potensi gempa bumi disebabkan letak geografis Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia.

Dalam sepuluh tahun terakhir telah tercatat berbagai aktifitas gempa besar di Indonesia, yaitu Gempa dan Tsunami Aceh (9,2 SR) tahun 2004, Gempa Nias (8,6 SR) tahun 2005, Gempa Yogyakarta (6,3 SR) tahun 2006, Gempa Padang (7,6 SR), Gempa Jambi (6,6 SR) dan Gempa Tasik (7,4 SR) tahun 2009, Gempa Mentawai (7,2 SR) tahun 2010, dan terakhir Gempa Simeuleu (8,5 SR) tahun 2012. Gempa-gempa tersebut telah menyebabkan ribuan korban jiwa, kerusakan serta keruntuhan infrastruktur dan bangunan.

Dengan adanya kejadian gempa di Indonesia, maka banyak dikembangkan analisis-analisis gempa terhadap struktur. Analisis gempa dibagi menjadi dua yaitu analisis gempa statik ekuivalen dan analisis gempa dinamik. Analisis gempa dinamik digunakan untuk mengetahui kinerja struktur pada bangunan tinggi bertingkat banyak, tidak beraturan, dan bangunan-bangunan yang memerlukan ketelitian yang sangat besar. Analisis gempa dinamik meliputi analisis respon spektrum dan analisis riwayat waktu (*history*). Respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk kurva antara periode struktur  $T$ , dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Analisis dinamik respon spektrum memberikan pembagian gaya geser tingkat yang lebih teliti disepanjang tinggi gedung dibandingkan dengan analisis statik ekuivalen. Dari penjelasan diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis kinerja struktur dengan menggunakan analisis dinamik respon spektrum pada bangunan gedung X. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka rumusan masalah ini adalah bagaimana hasil analisis kinerja struktur dengan metode analisis dinamik respon spektrum yang dilihat berdasarkan nilai *displacement*, dan *drift*. Maksud dari penelitian ini adalah menganalisis struktur gedung dengan analisis dinamik respon spektrum yang ditinjau berdasarkan *displacement*, dan *drift*. Tujuan yang dapat diambil dari penelitian ini dapat menganalisis Batas Layan, Batas Ultimate, Kontrol Partisi Massa, Level Kinerja Struktur Menurut ATC – 40 pada gedung bertingkat menggunakan analisis dinamik respon Spektrum.

## KAJIAN PUSTAKA

### Landasan Teori

Menurut *Applied Tecnology Council(ATC)-40*, kriteria-kriteria struktur tahan gempa adalah sebagai berikut:

a. *Immediate Occupancy (IO)*

Bila gempa terjadi, struktur mampu menahan gempa tersebut, struktur tidak mengalami kerusakan structural dan tidak mengalami kerusakan non structural. Sehingga dapat langsung dipakai.

b. *Life Safety (LS)*

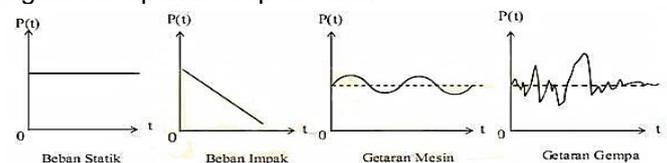
Struktur gedung harus mampu menahan gempa sedang tanpa kerusakan struktur, walaupun ada kerusakan pada elemen non-struktur.

c. *Collapse Prevention (CP)*

Struktur harus mampu menahan gempa besar tanpa terjadi keruntuhan structural walaupun struktur telah mengalami rusak berat, artinya kerusakan struktur boleh terjadi tetapi harus dihindari adanya korban jiwa manusia.

### Analisis Dinamik

Analisis dinamik bertujuan untuk menentukan pembagian gaya geser tingkat akibat gerakan tanah oleh gempa dan dapat dilakukan dengan cara analisis ragam spektrum respon. Pembagian gaya geser tingkat tersebut adalah untuk menggantikan pembagian beban geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung pada analisis beban static ekuivalen. Pada analisis ragam spektrum respon, sebagai spectrum percepatan respon gempa rencana harus dipakai diagram koefisien gempa dasar (C) untuk wilayah masing-masing gempa. Nilai C tersebut tidak berdimensi sehingga respon masing-masing ragam merupakan respon relatif.



Gambar 1. Diagram Beban (P)-Waktu (t)

### Kombinasi pembebanan

Dari kombinasi-kombinasi pembebanan menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.2, maka kombinasi pembebanan yang dipakai dalam penelitian ini antara lain :

- $U = 1,4 D$
- $U = 1,2 D + 1,6 L$
- $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$

**Respon Spektra Desain**

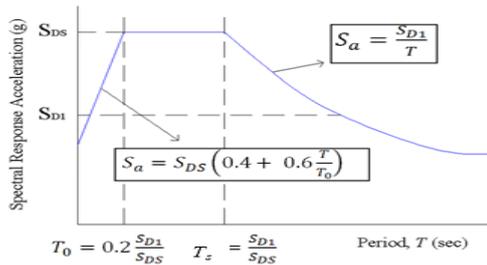
Bila spectrum respon desain diperlukan dan prosedur gerak tanah spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spectrum respon desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 2 dan mengikuti ketentuan sebagai berikut :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spectrum respon percepatan desain  $S_a$  harus diambil dari Persamaan berikut ini :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

2. Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spectrum respon percepatan desain  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$ .

3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , spectrum respon percepatan desain  $S_a$  diambil berdasarkan Persamaan berikut ini :



**Gambar 2.** Desain Respon Spektra

Dimana :

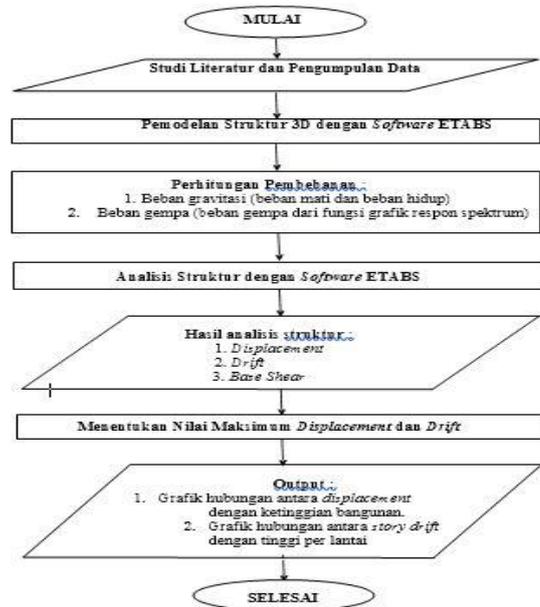
$S_{DS}$  = parameter respon spektra percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = parameter respon spektra percepatan desain pada periode 1 detik

$T$  = periode getar fundamental struktur

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian dilakukan dimulai dari perhitungan pembebanan gravitasi dan gempa. Setelah perhitungan pembebanan didapatkan maka selanjutnya dilakukan perhitungan dengan software Etabs. Hasil analisis berupa *Displacement*, *Drift* dan *Base Shear*. Setelah itu menentukan nilai maksimum dari *Displacement* dan *Drift*. Setelah Didapat hasilnya dibuat grafik hubungan antar *displacement* dengan ketinggian gedung serta grafik hubungan *story drift* dengan tinggi per lantai.

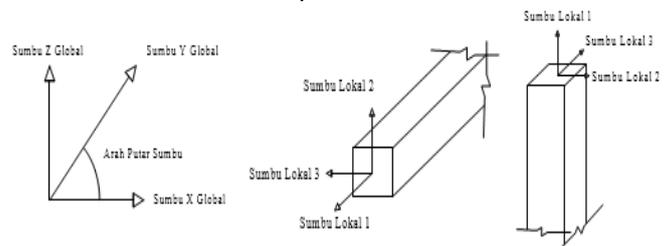


**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian

**Pemodelan Struktur Bangunan**

Pembuatan model struktur bangunan dengan pemodelan 3D menggunakan program ETABS sesuai dengan data perencanaan dari *shop drawing* bangunan hotel. Pada pemodelan struktur 3D dengan menggunakan program ETABS harus memperhatikan aturan-aturan sebagai berikut :

- Sistem koordinat global dan lokal  
Sistem koordinat global pada program ETABS merupakan sistem koordinat 3 dimensi yang saling tegak lurus dimana nilai dan arah yang digunakan memenuhi kaidah aturan tangan kanan. Sistem ini memiliki 3 sumbu yang saling tegak lurus yaitu sumbu X, Y, dan Z. Program ETABS mengasumsikan bahwa untuk sumbu global Z selalu merupakan sumbu vertikal, dimana sumbu global +Z merupakan sumbu vertikal yang memiliki arah ke atas. Bidang X-Y merupakan suatu bidang horizontal. Sistem koordinat lokal yang dipakai pada program ETABS dinyatakan dengan sumbu lokal 1, sumbu lokal 2, dan sumbu lokal 3 seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4



**Gambar 4.** Sistem Koordinat yang Digunakan dalam Program ETABS

Pada sistem koordinat lokal perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Sumbu lokal 1 adalah arah aksial.
2. Sumbu lokal 2 searah sumbu global+Z untuk balok dan searah sumbu global +X untuk kolom.
3. Sumbu lokal 3 mengikuti kaidah aturan tangan kanan, dimana sumbu 3 tegak lurus dengan sumbu lokal 1 dan sumbu lokal 2.

**Perhitungan Pembebanan**

Beban-beban yang bekerja pada struktur yaitu beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban lateral (beban gempa) sesuai dengan Peraturan Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987).

**Perhitungan Respon Spektrum**

Perhitungan respon spektrum mengacu pada SNI 03-1726-2012 dan peta *hazard* gempa Indonesia 2010. Dibutuhkan data fungsi bangunan digunakan untuk mendapatkan nilai faktor keutamaan ( $I_e$ ), letak bangunan terhadap peta *hazard* gempa Indonesia dan jenis tanah dipakai untuk mendapatkan nilai waktu getar alami ( $T_c$ ) dan kurva respon spektrum gempa rencana, sedangkan tipe struktur dipakai untuk menentukan faktor reduksi gempa.

**HASIL DAN ANALISA STRUKTUR**

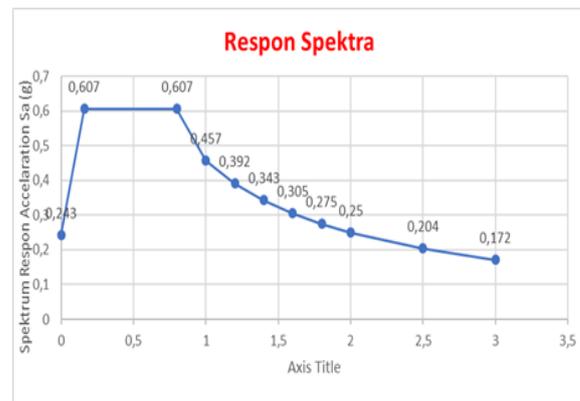
Pada penelitian ini, parameter yang ditinjau adalah Displacement dan Drift pada gedung. Prosedur penelitian yang dilakukan yaitu dengan memberikan pembebanan pada Gedung berupa beban gempa respon spektrum.

**Respon Spektrum**

Lokasi : Gempa Wilayah 4 (Dki Jakarta)  
 Tanah Dasar: Tanah Lunak (SE)  
 Nilai  $S_1$  : 0,293  
 Nilai  $S_s$  : 0,664  
 Nilai  $F_a$  : 1,56  
 Nilai  $F_v$  : 2,83  
 Perhitungan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$   
 $S_{DS} = 2/3 \times F_a \times S_s = 2/3 \times 1,56 \times 0,664 = 0,69$   
 $S_{D1} = 2/3 \times F_v \times S_1 = 2/3 \times 2,83 \times 0,293 = 0,553$   
 Penentuan Respon Spektra  
 $T_0 = 0,2 (S_{D1}/S_{DS}) = 0,16$   
 $T_s = (S_{D1}/S_{DS}) = 0,$

**Tabel 1.** Tabel Respon Spektra

T	0	0,16	0,8	1	2	3
$S_a$	0,243	0,607	0,607	0,457	0,25	0,172



**Gambar 5.** Respon Spektrum Gedung X

Menurut SNI 03-1726-2002 Pasal 7.2.1: nilai Ordinat dari Spektrum Respon Gempa Rencana harus dikalikan dengan factor skala  $I_e/R$ , dimana  $I_e$  adalah faktor keutamaan gempa dan R adalah Koefisien Modifikasi Respons.

Nilai factor skala untuk masing-masing arah gempa rencana untuk metode respon spectrum dapat dilihat pada Tabel 2. dibawah ini:

**Tabel 2.** Nilai faktor skala untuk masing-masing arah gempa rencana

Percepatan Gempa	Arah (Direction)	FaktorSkala( $I_e/R$ )(.g)
RSPX	U1 (100%)	1,5328
	U2(30%)	0,4598
RSPY	U1 (30%)	0,4598
	U2(100%)	1,5328

**Hasil analisis Displacement**

Hasil *displacement* maksimum dari analisis dinamik dengan metode respon spectrum menggunakan program ETABS dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil ini dipakai untuk menghitung Batas Layan dan Batas Ultimit.

**Tabel 3.** Simpangan Horisontal (*Displacement*) Maksimum

Story	UX (m)	UY (m)
STORY7	0,00403304	0,00400335
STORY6	0,00348909	0,00365419
STORY5	0,00295695	0,00328837
STORY4	0,00239955	0,00284908
STORY3	0,00186879	0,00238861
STORY2	0,00137753	0,00188114
STORY1	0,00	0,00

Hasil *base shear* maksimum dari analisis dinamik dengan metode respon spectrum menggunakan program ETABS dapat dilihat pada Tabel 4. nilai *base shear* ini nanti akan digunakan pada evaluasi gaya geser dasar.

**Tabel 4..BaseShearMaksimum**

Lantai	Vx (KN)	Vy (KN)
Base	26946,3	25871,5

**Evaluasi Beban Gempa**

Evaluasi gaya geser dasar akibat beban gempa arah X dan arahY dapat dilihat pada Tabel 5. dibawah ini :

$$\frac{\Delta s}{F_s} \leq \frac{0,03}{R} \times H_i \leq 30 \text{ mm}$$

**Tabel 5. Evaluasi gaya Gser Dasar Akibat Beban Gempa Arah X dan Y**

Lantai	H (m)	Δm arah x (m)	Δm antar tingkat arah x(m)	ξ . Δm antar tingkat arah X (m)	Syarat Δs (m) (0,02* H)	Keterangan
Lantai 7	3	0,00403	0,00055	0,00308	0,06	Memenuhi
Lantai 6	3	0,00348	0,00053	0,002968	0,06	Memenuhi
Lantai 5	3	0,00295	0,00056	0,003136	0,06	Memenuhi
Lantai 4	3	0,00239	0,00053	0,002968	0,06	Memenuhi
Lantai 3	3	0,00186	0,00049	0,002744	0,06	Memenuhi
Lantai 2	3	0,00137	0,00137	0,007672	0,06	Memenuhi
Lantai 1	4	0,00	0,00	0	0,08	Memenuhi

**Tabel 6.Kontrol Kinerja BatasLayan Arah Y**

Lantai	H (m)	Δs arah y (m)	Δs antar tingkat arah y (m)	Syarat Δs (m) {(0,03/R)*H}	Keterangan
Lantai 7	3	0,00400	0,00035	0,01125	Memenuhi
Lantai 6	3	0,00365	0,00037	0,01125	Memenuhi
Lantai 5	3	0,00328	0,00044	0,01125	Memenuhi
Lantai 4	3	0,00284	0,00046	0,01125	Memenuhi
Lantai 3	3	0,00238	0,0005	0,01125	Memenuhi
Lantai 2	3	0,00188	0,00188	0,01125	Memenuhi
Lantai 1	4	0,00	0,00	0,015	Memenuhi

Simpangan tingkat (Δs) antar tingkat didapat dari selisih struktur tingkat x dengan tingkat di bawahnya. Pada perhitungan diatas (Tabel 6. dan Tabel4.7.) diperoleh simpangan maksimum untuk arah X sebesar 0,00055 m < 0,01125 dan arah Y sebesar 0,00035 < 0,01125 maka menunjukkan gedung ini sudah memenuhi dari batas yang diisyaratkan. Tetapi nilai syarat masih terlalu besar, besar kemungkinan dimensi kolom masih terlalu besar, sehingga gedung menjadi boros.

**Kinerja Batas Ultimit**

Hasil simpangan dari analisis respons spectrum struktur gedung dengan program ETABS selanjutnya dikontrol kinerja batas ultimit dengan persyaratan sebagai berikut :

$$\xi \times \Delta m \leq 0,02 \times H_i$$

**Tabel 7.Kontrol Kinerja BatasUltimitArah X**

Lantai	H (m)	Δm arah x (m)	Δm antar tingkat arah x(m)	ξ . Δm antar tingkat arah X (m)	Syarat Δs (m) (0,02*H)	Keterangan
Lantai 7	3	0,00403	0,00055	0,00308	0,06	Memenuhi
Lantai 6	3	0,00348	0,00053	0,002968	0,06	Memenuhi
Lantai 5	3	0,00295	0,00056	0,003136	0,06	Memenuhi
Lantai 4	3	0,00239	0,00053	0,002968	0,06	Memenuhi
Lantai 3	3	0,00186	0,00049	0,002744	0,06	Memenuhi
Lantai 2	3	0,00137	0,00137	0,007672	0,06	Memenuhi
Lantai 1	4	0,00	0,00	0	0,08	Memenuhi

**Tabel 8. Kontrol Kinerja BatasUltimitArah Y**

Lantai	H (m)	Δm arah y (m)	Δm antar tingkat arah y (m)	ξ . Δm antar tingkat arah y (m)	Syarat Δs (m) (0,02*H)	Keterangan
Lantai 7	3	0,00400	0,00035	0,00196	0,06	Memenuhi
Lantai 6	3	0,00365	0,00037	0,002072	0,06	Memenuhi
Lantai 5	3	0,00328	0,00044	0,002464	0,06	Memenuhi
Lantai 4	3	0,00284	0,00046	0,002576	0,06	Memenuhi
Lantai 3	3	0,00238	0,0005	0,0028	0,06	Memenuhi
Lantai 2	3	0,00188	0,00188	0,0105	0,06	Memenuhi
Lantai 1	4	0,00	0,00	0	0,08	Memenuhi

Pada perhitungan diatas (Tabel 7 dan Tabel 8) diperoleh simpangan maksimum untuk arah X sebesar 0,00308 m < 0,06 m dan arah Y sebesar 0,00196 < 0,06 maka menunjukkan gedung ini sudah memenuhi dari batas Ultimit yang diisyaratkan. Tetapi nilai syarat masih terlalu besar, besar kemungkinan dimensi kolom masih terlalu besar, sehingga gedung menjadi boros.

**Level Kinerja Struktur (ATC-40)**

- Evaluasi kinerja gedung menurut ATC-40 untuk arah X :  
 Maksimum total *Drift*= Dt / H total = 0,00403 / 22 = 0,000183  
 Sehingga level kinerja gedung adalah **ImmediateOccupancy**.  
 Maksimum total *In-elasticDrift*= (Dt – D1)/ H total  
 = (0,00403 – 0) / 22 = 0,000183  
 Level kinerja gedung *Nonlinear* adalah **ImmediateOccupancy**.
- Evaluasi kinerja gedung menurutATC-40 untuk arah Y :  
 Maksimum total *Drift*= Dt / H total = 0,0040 / 22 = 0,000182  
 Sehingga level kinerja gedung adalah **ImmediateOccupancy**.  
 Maksimum total *In-elastic Drift*= (Dt – D1)/ H total  
 = (0,0040 – 0) / 22 = 0,000182  
 Level kinerja gedung *Nonlinear* adalah **ImmediateOccupancy**.

Keterangan :

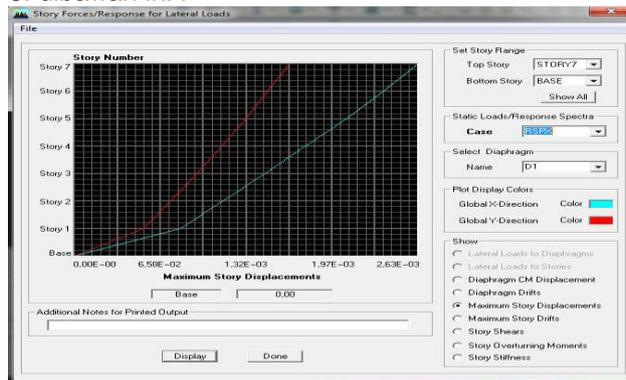
Dt = *displacement* atap (lantai teratas)

D1 = *displacement* lantai dasar

Hasil analisis dinamik respon spektrum berdasarkan Applied Technology Council-40 (ATC-40), kinerja struktur gedung baik arah X maupun arah Y termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy*, yaitu apabila terkena gempa struktur bangunan aman, resiko korban jiwa akibat kegagalan struktur tidak terlalu berarti, gedung tidak mengalami kerusakan berarti, dan dapat segera difungsikan / dioperasikan kembali.

**Grafik Simpangan Struktur Terhadap Beban Gempa**

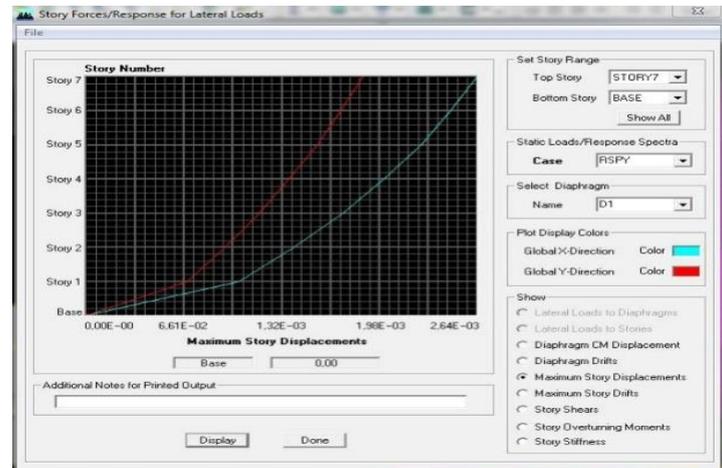
Grafik *displacement* maksimum akibat pengaruh beban gempa arah X dapat dilihat pada Gambar 6. dibawah ini :



**Gambar 6.** *Displacement* Maksimum Akibat Beban Gempa Arah X

Menurut grafik *displacement* Gambar 4.2 diatas, nilai *displacement* untuk lantai 1 adalah 0,0 m, lantai 2 0,00137 m, lantai 3 0,00186 m, lantai 4 0,00239 m, lantai 5 0,00296 m, lantai 6, 0,00349 m, lantai 7 0,00403 m. Ini menunjukkan semakin tinggi tingkat, maka nilai *displacement* semakin besar. Nilai *displacement* telah memenuhi persyaratan yaitu < 0,06 m.

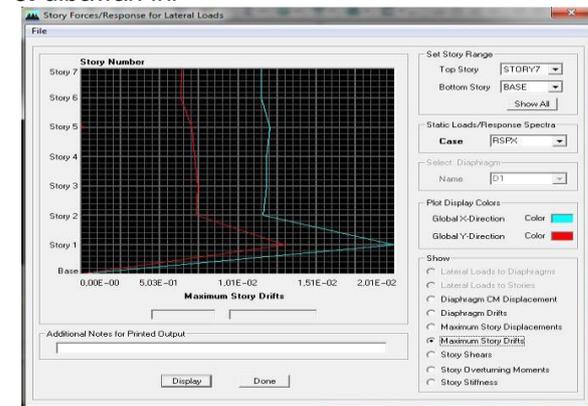
Grafik *displacement* maksimum akibat pengaruh beban gempa arah Y dapat dilihat pada Gambar 7. dibawah ini



**Gambar 7.** *Displacement* Maksimum Akibat Beban Gempa Arah Y

Menurut grafik *displacement* Gambar 4.3 diatas, nilai *displacement* untuk lantai 1 adalah 0,0 m, lantai 2 0,00188 m, lantai 3 0,00238 m, lantai 4 0,00284 m, lantai 5 0,00328 m, lantai 6, 0,00365 m, lantai 7 0,00400 m. Ini menunjukkan semakin tinggi tingkat, maka nilai *displacement* semakin besar. Nilai *displacement* telah memenuhi persyaratan yaitu < 0,06 m.

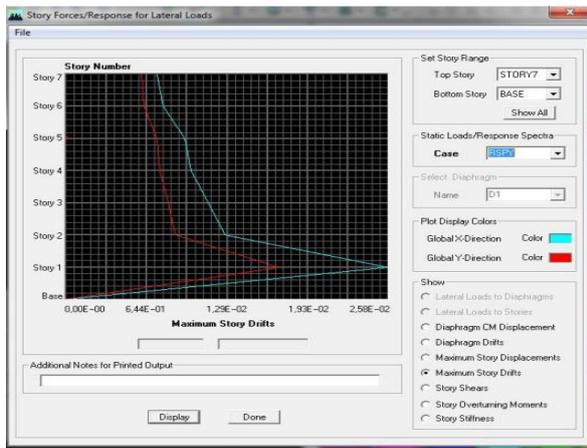
Grafik *story drift* maksimum akibat pengaruh beban gempa arah X dapat dilihat pada Gambar 8. dibawah ini



**Gambar 8.** *Story Drift* Maksimum Akibat Beban Gempa Arah X

Menurut *grafik Story Drift* Gambar 4.10 diatas, nilai drift untuk lantai 1 adalah 0,0 m, lantai 2 0,00006 m, lantai 3 0,00008 m, lantai 4 0,00011 m, lantai 5 0,00013 m, lantai 6, 0,00016 m, lantai 7 0,00018 m. Nilai drift masuk dalam kategori *Immediate Occupancy* karena < 0,01.

Grafik *story drift* maksimum akibat pengaruh beban gempa arah Y dapat dilihat pada Gambar 9. dibawah ini



**Gambar 9.** Story Drift Maksimum Akibat Beban Gempa Arah Y

Menurut grafik Story Drift Gambar 4.11 diatas, nilai drift untuk lantai 1 adalah 0,0 m, lantai 2 0,00009 m, lantai 3 0,00001 m, lantai 4 0,00013 m, lantai 5 0,00015 m, lantai 6, 0,00017 m, lantai 7 0,000182 m. Nilai drift masuk dalam kategori Immediate Occupancy karena  $< 0,01$ .

**KESIMPULAN**

1. Berdasarkan hasil analisis ragam spectrum respons terhadap *base shear* telah memenuhi persyaratan  $V_x$  sebesar 21788,97 Kn  $> 2694,63$  kN dan  $V_y$  sebesar 5025,988 kN  $> 2587,15$  kN.
2. Berdasarkan hasil analisis *displacement* struktur gedung, didapatkan hasil sebagai berikut :
  - a. Hasil control kinerja batas layan arah X 0,00403m, arah Y 0,00400 m. Sudah memenuhi syarat kinerja batas layan  $< 0,01125$  m.
  - b. Hasil control kinerja batas ultimit arah X 0,00403 m, arah Y 0,00400 m. Telah memenuhi syarat kinerja batas ultimit yaitu  $< 0,006$  m
  - c. Hasil control *displacement* antar lantai maksimum arah X 0,00403m arah Y 0,00400m, Telah memenuhi syarat *displacement* maksimum.
3. Berdasarkan ATC-40, Bangunan Gedung X ini termasuk dalam level kinerja *Immediate Occupancy* (IO).

**REFERENSI**

**Applied Technology Council (ATC)**  
 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, ATC-40, Volume 1, Report No. SSC 96-01.*

**Chopra, Anil K.** (2001). *Dynamic of Structure: Theory And Application to Earthquake Engineering.* Prentice Hall, New Jersey.

**Clough, R. W. & Penzien, J.,** *Dynamic of Structure.* Second Edition, McGraw-Hill.

**Paz, Mario.** (1996). *Dinamika Struktur Teori & Perhitungan terj.* Manu A. P. Jakarta: Erlangga.

**Peraturan Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987).**

**SNI 03-1726-2012, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung.**

Halaman ini sengaja dikosongkan