

ANALISIS KINERJA STRUKTUR PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN ANALISIS DINAMIK RESPON SPEKTRUM MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS (STUDI KASUS : BANGUNAN HOTEL DI SEMARANG)

Edy Purnomo¹⁾, Edy Purwanto²⁾, Agus Supriyadi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2),3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: civiluns@uns.ac.id

Abstract

Indonesian is a country prone to earthquakes. The high potential earthquake caused Indonesia's geographical position is located at the confluence of three major tectonic plates, the Eurasian plate, the Pacific, and Indo-Australian. With the earthquakes in Indonesia, which resulted in huge losses and damage to the building, it would require the development of seismic analysis of the structure. There are two approaches that are used to calculate the lateral loads (earthquakes) are working on a building structure, the equivalent static analysis and dynamic analysis (spectrum response or time history). This study aims to determine the safety of buildings observation from displacement, drift and base shear. The results of this study were analyzed with the ultimate performance limits of the structure and performance of the structure service life limit. The method used is the dynamic response spectrum analysis using ETABS program. Response spectrum method is a structural analysis method using seismic spectrum which is depicted in the form of curves relation between the period of the building structure with the acceleration value of the building when exposed to earthquake load. The conclusion of this study indicate that the value of displacement in the X direction is 0.0573 m and the Y direction is 0.0557 m. Displacement value analysis of the performance of the boundary conditions on the service life $\{(0.03/R) \times H\}$ of a Building in Semarang on the influence of the X direction earthquake load plan already qualified, while the Y direction earthquake load effect specifically on the top floor ineligible serviceability limit performance. Displacement value analysis on the effect seismic load plan X direction and Y direction, stating that The Building in Semarang already qualified ultimate performance limit $(0.02 \times H)$. The maximum total drift in the X direction is 0.0018 m and the Y direction is 0.0017 m. From these results it can be concluded that the Building in Semarang, including the level of Immediate Occupancy (IO). Value of displacement between floors in a Building in Semarang not exceed the maximum displacement limit $\{(0.015 \times H_n) / \rho\}$.

Keywords: Response Spectrum, Displacement, Drift, Base Shear.

Abstrak

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. Dengan adanya kejadian gempa di Indonesia yang mengakibatkan kerusakan dan kerugian sangat besar terhadap bangunan, maka diperlukan pengembangan analisis gempa terhadap struktur. Ada dua pendekatan yang digunakan untuk memperhitungkan beban lateral (gempa bumi) yang bekerja pada suatu struktur bangunan, yaitu analisis secara statik ekuivalen dan analisis dinamik (*response spectrum* atau *time history*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keamanan gedung ditinjau dari *displacement*, *drift* dan *base shear*. Hasil dari penelitian ini dianalisis dengan kinerja struktur batas ultimit dan kinerja struktur batas layan. Metode yang digunakan adalah analisis dinamik *response spectrum* dengan menggunakan program ETABS. Metode *response spektrum* adalah metode analisis struktur bangunan dengan menggunakan spektrum gempa yang digambarkan dalam bentuk kurva hubungan antara periode struktur bangunan dengan nilai percepatan bangunan itu sendiri ketika terkena beban gempa. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai displacement lantai teratas pada arah X adalah 0,0573 m dan pada arah Y adalah 0,0557 m. Analisis nilai *displacement* terhadap syarat kinerja batas layan $\{(0,03/R) \times H\}$ pada Bangunan Hotel di Semarang dari pengaruh beban gempa rencana arah X sudah memenuhi syarat, sedangkan untuk pengaruh beban gempa rencana arah Y khusus pada lantai teratas tidak memenuhi syarat kinerja batas layan. Analisis nilai *displacement* terhadap pengaruh beban gempa rencana arah X maupun arah Y, menyatakan bahwa Bangunan Hotel di Semarang sudah memenuhi syarat kinerja batas ultimit $(0,02 \times H)$. Nilai maksimum total *drift* pada arah X adalah 0,0018 m dan pada arah Y adalah 0,0017 m. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa Bangunan Hotel di Semarang termasuk dalam level kinerja *Immediate Occupancy* (IO). Nilai *displacement* antar lantai pada Bangunan Hotel di Semarang tidak melampaui batas *displacement* maksimum $\{(0,015 \times H_n) / \rho\}$.

Kata Kunci : Response Spectrum, Displacement, Drift, Base Shear.

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 (*response spectrum* dan *time 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 tugas akhir ini akan dilakukan analisis kinerja struktur dengan menggunakan analisis dinamik respon spektrum pada Bangunan Hotel di Semarang.

LANDASAN TEORI

Secara umum analisis struktur terhadap beban gempa terdiri dari 2 macam, yaitu :

1. Analisis beban statik ekuivalen adalah suatu cara analisis struktur dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban statik horisontal yang diperoleh dengan hanya memperhitungkan respon ragam getar yang pertama, dan biasanya distribusi gaya ini di sederhanakan sebagai segitiga terbalik.
2. Analisis dinamik adalah analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa diseluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik dibagi menjadi 2 macam, yaitu :
 - a. Analisis ragam respon spektrum dimana total respon didapat melalui superposisi dari respon masing-masing ragam getar.
 - b. Analisis riwayat waktu adalah analisis dinamis dimana pada model struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respon struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.

Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat terhadap gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Analisis dinamik dilakukan pada perancangan struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis. Pada cara elastis dibedakan menjadi Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*), dimana pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respon (*Response Spectrum Modal Analysis*), dimana pada cara ini respon maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari Spektrum Respon Rencana (*Design Spectra*). Analisis dinamik elastis digunakan untuk mendapatkan respon struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*). Analisis dinamik elastis ini lebih sering digunakan karena lebih sederhana. 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 statik ekuivalen.

METODE

Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode analisis dinamik respon spektrum dengan menggunakan *software* ETABS. Langkah-langkah dalam metode analisis ini yaitu pengumpulan data dan studi literatur. Memodelkan struktur bangunan secara 3D (tiga dimensi). Menghitung dan menginput beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Menghitung respon spektrum bangunan dengan menggambarkan kurva respon spektrum gempa rencana untuk selanjutnya di input ke dalam pemodelan. Melakukan analisis untuk mendapatkan nilai *displacement*, *drift* dan *base shear*. Pada tahap terakhir peneliti melakukan kontrol kinerja struktur bangunan untuk mengambil kesimpulan dari hasil analisis yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil *Displacement* akibat Beban Kombinasi

Hasil *displacement* maksimum akibat beban kombinasi dari analisis dinamik respon spektrum menggunakan *software* ETABS dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Simpangan (*Displacement*) Horisontal Maksimum

No	Lantai	UX (m)	UY (m)
1	Atap 1	0,0573	0,0557
2	Atap	0,0561	0,0727
3	Lantai 9	0,0531	0,0676
4	Lantai 8	0,0489	0,0608
5	Lantai 7	0,0432	0,0525
6	Lantai 6	0,0368	0,0435
7	Lantai 5	0,0295	0,0338
8	Lantai 4	0,0216	0,0240
9	Lantai 3	0,0136	0,0145
10	Lantai 2	0,0066	0,0063
11	Lantai Dasar (<i>Base</i>)	0,0000	0,0000

Hasil *Base Shear* akibat Beban Kombinasi

Hasil *base shear* maksimum akibat beban kombinasi dari analisis dinamik respon spektrum menggunakan *software* ETABS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Simpangan Horisontal (*Displacement*) Maksimum

Lantai	Vx (kN)	Vy (kN)
Lantai Dasar (<i>Base</i>)	5099,0800	7770,5700

Analisis Data Hasil Hitungan

Analisis Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.1, gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis respon spektrum, minimum adalah sebesar 85% gaya geser dasar yang dihitung berdasarkan cara statik ekuivalen. Apabila gaya geser dasar hasil analisa respon spektrum lebih kecil dari 85% gaya geser dasar statik ekuivalen, maka ordinat respon spektrum harus dikalikan dengan nilai $0,85 \frac{V_i}{V}$.

Dalam Tabel 3 terlihat bahwa gaya geser dasar hasil analisis respon spektrum sudah memenuhi batas yang disyaratkan.

Tabel 3. Analisis Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Beban Gempa	Vx (kN)	Vy (kN)	Syarat (kN)	Keterangan
Arah X	5099,08	-	2027,13	Memenuhi syarat
Arah Y	-	7770,57	3722,33	Memenuhi syarat

Analisis Kinerja Batas Layan

Hasil *displacement* dari analisis respons spektrum struktur gedung dengan *software* ETABS selanjutnya dilakukan kontrol kinerja batas layan dengan syarat yang ditentukan sesuai Persamaan [1].

$$\frac{\Delta_s}{FS} \leq \frac{0,03}{R} \times H_i \leq 30 \text{ mm} \dots\dots\dots [1]$$

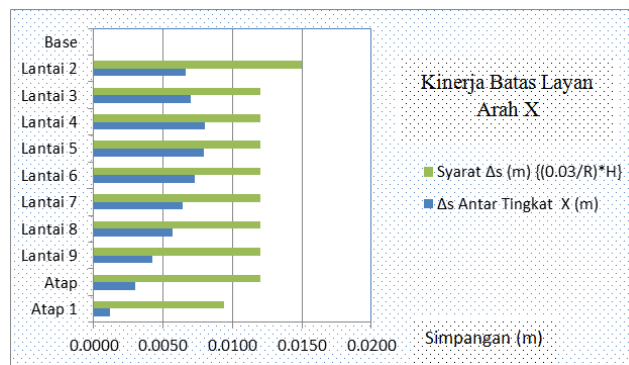
keterangan :

- R = koefisien modifikasi respon
- Δ_s = simpangan antar tingkat
- FS = faktor skala
- H_i = tinggi tingkat

Hasil hitungan kontrol kinerja batas layan arah X untuk setiap lantai tingkat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kontrol Kinerja Batas Layan Arah X

No.	Lantai	H (m)	Δs arah X (m)	Δs antar tingkat X (m)	Syarat Δs (m) $\{(0.03/R)*H\}$	Keterangan
1	Atap 1	2,5	0,0573	0,0012	0,0094	Memenuhi syarat
2	Atap	3,2	0,0561	0,0030	0,0120	Memenuhi syarat
3	Lantai 9	3,2	0,0531	0,0042	0,0120	Memenuhi syarat
4	Lantai 8	3,2	0,0489	0,0057	0,0120	Memenuhi syarat
5	Lantai 7	3,2	0,0432	0,0064	0,0120	Memenuhi syarat
6	Lantai 6	3,2	0,0368	0,0073	0,0120	Memenuhi syarat
7	Lantai 5	3,2	0,0295	0,0079	0,0120	Memenuhi syarat
8	Lantai 4	3,2	0,0216	0,0080	0,0120	Memenuhi syarat
9	Lantai 3	3,2	0,0136	0,0070	0,0120	Memenuhi syarat
10	Lantai 2	4,0	0,0066	0,0066	0,0150	Memenuhi syarat
11	Lantai Dasar (<i>Base</i>)	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	Memenuhi syarat



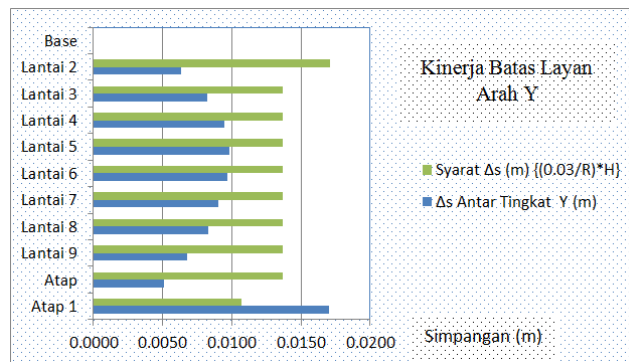
Gambar 1. Grafik Kontrol Kinerja Batas Layan Arah X

Dalam Gambar 1 menjelaskan hasil hitungan kontrol kinerja batas layan struktur gedung untuk arah X pada setiap lantai tingkat sudah memenuhi dari batas yang disyaratkan.

Hasil hitungan kontrol kinerja batas layan arah Y untuk setiap lantai tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kontrol Kinerja Batas Layan Arah Y

No.	Lantai	H (m)	Δs arah Y (m)	Δs antar tingkat Y (m)	Syarat Δs (m) $\{(0.03/R)*H\}$	Keterangan
1	Atap 1	2,5	0,0557	0,0170	0,0107	Tidak memenuhi syarat
2	Atap	3,2	0,0727	0,0051	0,0137	Memenuhi syarat
3	Lantai 9	3,2	0,0676	0,0068	0,0137	Memenuhi syarat
4	Lantai 8	3,2	0,0608	0,0083	0,0137	Memenuhi syarat
5	Lantai 7	3,2	0,0525	0,0090	0,0137	Memenuhi syarat
6	Lantai 6	3,2	0,0435	0,0097	0,0137	Memenuhi syarat
7	Lantai 5	3,2	0,0338	0,0098	0,0137	Memenuhi syarat
8	Lantai 4	3,2	0,0240	0,0095	0,0137	Memenuhi syarat
9	Lantai 3	3,2	0,0145	0,0082	0,0137	Memenuhi syarat
10	Lantai 2	4,0	0,0063	0,0063	0,0171	Memenuhi syarat
11	Lantai Dasar (<i>Base</i>)	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	Memenuhi syarat



Gambar 2. Grafik Kontrol Kinerja Batas Layan Arah Y

Hasil hitungan kontrol kinerja batas layan struktur gedung untuk arah Y yang ditunjukkan pada Gambar 2 terlihat pada struktur lantai teratas (lantai atap 1) ternyata tidak memenuhi batas yang disyaratkan. Hal ini disebabkan karena pada lantai atap 1 hanya mempunyai massa lantai dan ketinggian lantai yang kecil dibandingkan dengan lantai yang ada di bawahnya, sehingga ketika gedung terkena beban gempa rencana maka gedung akan berdeformasi (mengalami simpangan) lebih kecil dibandingkan dengan lantai tingkat dibawahnya. Dengan demikian nilai simpangan (Δs) antar lantai tingkat juga akan berubah.

Kontrol kinerja batas layan sendiri merupakan salah satu kontrol dalam analisis struktur yang menunjukkan tingkat kenyamanan tiap lantai gedung, khususnya sebagai lantai hunian. Pada kasus ini, struktur lantai atap 1 pada Gedung Hotel di Semarang ini hanya difungsikan sebagai penutup lift dan tangga, bukan untuk lantai hunian, sehingga apabila tingkat kenyamanan kurang maka tidak akan berpengaruh terhadap segala aktifitas di dalam gedung tersebut.

Analisis Kinerja Batas Ultimit

Hasil *displacement* dari analisis respons spektrum struktur gedung dengan *software* ETABS selanjutnya dilakukan kontrol kinerja batas ultimit dengan syarat yang ditentukan sesuai Persamaan [2].

$$\xi \times \Delta m \leq 0,02 \times H_i \dots \dots \dots [2]$$

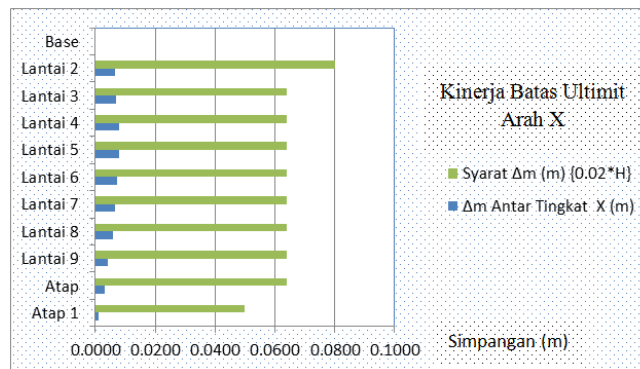
keterangan :

- ξ = faktor pengali
- Δm = simpangan antar tingkat
- H_i = tinggi tingkat

Hasil hitungan kontrol kinerja batas ultimit arah X untuk setiap lantai tingkat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kontrol Kinerja Batas Ultimit Arah X

No.	Lantai	H (m)	Δm arah X (m)	Δm antar tingkat X (m)	$\xi \cdot \Delta m$ antar tingkat X (m)	Syarat Δm (m) $\{(0.02*H)\}$	Keterangan
1	Atap 1	2,5	0,0573	0,0012	0,0067	0,0500	Memenuhi syarat
2	Atap	3,2	0,0561	0,0030	0,0168	0,0640	Memenuhi syarat
3	Lantai 9	3,2	0,0531	0,0042	0,0235	0,0640	Memenuhi syarat
4	Lantai 8	3,2	0,0489	0,0057	0,0319	0,0640	Memenuhi syarat
5	Lantai 7	3,2	0,0432	0,0064	0,0358	0,0640	Memenuhi syarat
6	Lantai 6	3,2	0,0368	0,0073	0,0409	0,0640	Memenuhi syarat
7	Lantai 5	3,2	0,0295	0,0079	0,0442	0,0640	Memenuhi syarat
8	Lantai 4	3,2	0,0216	0,0080	0,0448	0,0640	Memenuhi syarat
9	Lantai 3	3,2	0,0136	0,0070	0,0392	0,0640	Memenuhi syarat
10	Lantai 2	4,0	0,0066	0,0066	0,0370	0,0800	Memenuhi syarat
11	Lantai Dasar (<i>Base</i>)	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Memenuhi syarat



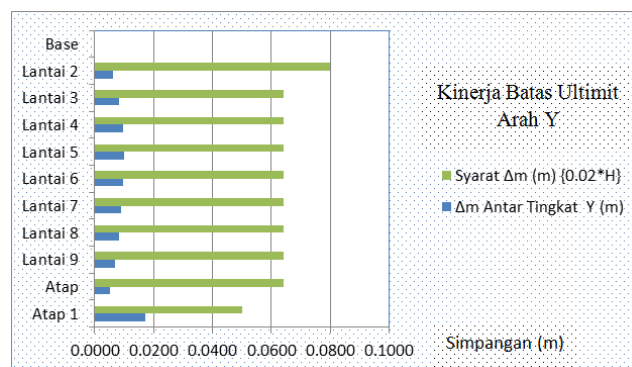
Gambar 3. Grafik Kontrol Kinerja Batas Ultimit Arah X

Dalam Gambar 3 menjelaskan hasil hitungan kontrol kinerja batas ultimit struktur gedung untuk arah X pada setiap lantai tingkat sudah memenuhi dari batas yang disyaratkan.

Hasil hitungan kontrol kinerja batas ultimit arah Y untuk setiap lantai tingkat dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kontrol Kinerja Batas Ultimit Arah Y

No.	Lantai	H (m)	Δm arah Y (m)	Δm antar tingkat Y (m)	$\xi \cdot \Delta m$ antar tingkat Y (m)	Syarat Δm (m) $\{(0.02 \cdot H)\}$	Keterangan
1	Atap 1	2,5	0,0557	0,0170	0,0833	0,0500	Memenuhi syarat
2	Atap	3,2	0,0727	0,0051	0,0250	0,0640	Memenuhi syarat
3	Lantai 9	3,2	0,0676	0,0068	0,0333	0,0640	Memenuhi syarat
4	Lantai 8	3,2	0,0608	0,0083	0,0407	0,0640	Memenuhi syarat
5	Lantai 7	3,2	0,0525	0,0090	0,0441	0,0640	Memenuhi syarat
6	Lantai 6	3,2	0,0435	0,0097	0,0475	0,0640	Memenuhi syarat
7	Lantai 5	3,2	0,0338	0,0098	0,0480	0,0640	Memenuhi syarat
8	Lantai 4	3,2	0,0240	0,0095	0,0466	0,0640	Memenuhi syarat
9	Lantai 3	3,2	0,0145	0,0082	0,0402	0,0640	Memenuhi syarat
10	Lantai 2	4,0	0,0063	0,0063	0,0309	0,0800	Memenuhi syarat
11	Lantai Dasar (<i>Base</i>)	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Memenuhi syarat



Gambar 4. Grafik Kontrol Kinerja Batas Ultimit Arah Y

Dalam Gambar 4 menjelaskan hasil hitungan kontrol kinerja batas ultimit struktur gedung untuk arah Y pada setiap lantai tingkat sudah memenuhi dari batas yang disyaratkan.

Level Kinerja Struktur (ATC-40)

Menurut ATC-40, batasan rasio *drift* ditunjukkan pada Tabel 8 dibawah ini :

Tabel 8. Batasan Rasio *Drift* Menurut ATC-40.

Parameter	Performance Level			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Live Savety	Structural Stability
Maksimum Total <i>Drift</i>	0,01	0,01 s.d 0,02	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$
Maksimum Total <i>In-elastic Drift</i>	0,005	0,005 s.d 0,015	No limit	No limit

Untuk menentukan level kinerja struktur gedung, dapat dihitung menggunakan rumus sesuai Persamaan [3] dan Persamaan [4].

$$\text{Maksimum total } Drift = \frac{Dt}{Hn} \dots\dots\dots [3]$$

$$\text{Maksimum total In-elastic } Drift = \frac{Dt - D1}{Hn} \dots\dots\dots [4]$$

keterangan :

Dt = *displacement* atap (lantai teratas)

D1 = *displacement* lantai dasar

Hn = tinggi gedung

Hasil hitungan level kinerja gedung menurut ATC-40 untuk arah X dan arah Y pada lantai teratas dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Level Kinerja Struktur Gedung

Beban Gempa	Maksimum total <i>Drift</i>	Maksimum total <i>In-elastic Drift</i>	Level Kinerja
Arah X	0,0018	0,0018	<i>Immediate Occupancy</i>
Arah Y	0,0017	0,0017	<i>Immediate Occupancy</i>

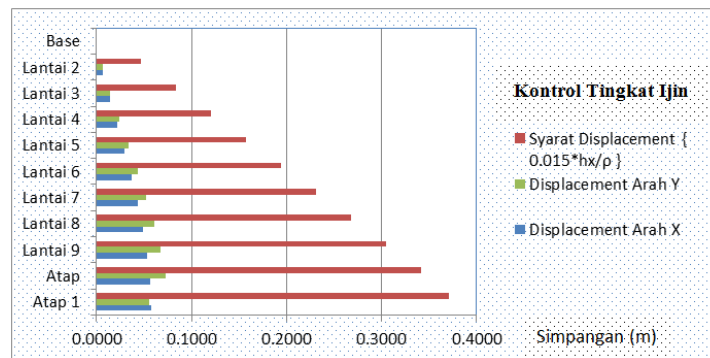
Simpangan Antar Lantai Maksimum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 12.6.4.4, batasan nilai *displacement* antar lantai maksimum yang diijinkan akibat pengaruh beban gempa rencana adalah $\frac{0,015 \cdot h_{sx}}{\rho}$, dimana *hsx* adalah tinggi lantai dan ρ adalah faktor redundansi yang diperoleh berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.4.2 adalah sebesar 1,3.

Kontrol *displacement* antar lantai maksimum struktur gedung akibat pengaruh beban gempa rencana dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. *Displacement* Antar Lantai Maksimum Analisis Respon Spektrum

No.	Lantai	Hx (m)	UX (m)	UY (m)	Syarat [(0,015 <i>h_{sx}</i>)/ ρ] (m)	Keterangan
1	Atap 1	32,10	0,0573	0,0557	0,3704	Memenuhi syarat
2	Atap	29,60	0,0561	0,0727	0,3415	Memenuhi syarat
3	Lantai 9	26,40	0,0531	0,0676	0,3046	Memenuhi syarat
4	Lantai 8	23,20	0,0489	0,0608	0,2677	Memenuhi syarat
5	Lantai 7	20,00	0,0432	0,0525	0,2308	Memenuhi syarat
6	Lantai 6	16,80	0,0368	0,0435	0,1938	Memenuhi syarat
7	Lantai 5	13,60	0,0295	0,0338	0,1569	Memenuhi syarat
8	Lantai 4	10,40	0,0216	0,0240	0,1200	Memenuhi syarat
9	Lantai 3	7,20	0,0136	0,0145	0,0831	Memenuhi syarat
10	Lantai 2	4,00	0,0066	0,0063	0,0462	Memenuhi syarat
11	Lantai Dasar (<i>Base</i>)	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	Memenuhi syarat



Gambar 5. Grafik *Displacement* Antar Lantai Maksimum Analisis Respon Spektrum

Hasil hitungan kontrol *displacement* antar lantai maksimum pada struktur gedung yang ditampilkan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa *displacement* struktur gedung tersebut pada arah X dan arah Y telah memenuhi batas yang disyaratkan.

SIMPULAN

Setelah melakukan analisis struktur Gedung Hotel di Semarang menggunakan metode respon spektrum, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis ragam spektrum respon pada arah X dan Y menghasilkan $V_i \geq 0,85 V$, maka dapat disimpulkan bahwa nilai akhir respon dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rancana telah memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.1.
2. Berdasarkan tinjauan *displacement* arah X, Gedung Hotel di Semarang sudah memenuhi syarat terhadap syarat kinerja batas layan, sedangkan berdasarkan tinjauan *displacement* pada arah Y, Gedung Hotel di Semarang terlihat pada lantai teratas (lantai atap 1) ternyata tidak memenuhi syarat kinerja batas layan.
3. Berdasarkan tinjauan *displacement* pada arah X dan arah Y, Gedung Hotel di Semarang dinyatakan telah memenuhi syarat kinerja batas ultimit dan syarat *displacement* antar lantai maksimum yang diijinkan berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 12.6.4.4.
4. Berdasarkan hasil analisis ragam spektrum respons terhadap level kinerja struktur gedung sesuai ATC-40, pada arah X maupun arah Y nilai maksimum total *drift* dan total *in-elastic drift* menunjukkan Gedung Hotel di Semarang termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy* (IO).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Edy Purwanto, ST, MT dan Ir. Agus Supriyadi, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Applied Technology Council. 1996. *ATC 40 - Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Redwood City, California, United States of America. Seismic Safety Commission State of California.
- Depertemen Pekerjaan Umum, 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum
- Elliza, Ismailah Nur. 2013. *Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS V 9.50 (Studi Kasus : Gedung Solo Center Point)*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Gumilang, R. Lintang. 2013. *Kinerja Struktur Gedung Tinggi Mataram City Menggunakan Study Pemodelan Basement*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- IBC. 2009. *International Building Code*. United States of America. International Code Council.
- Peta Hazard Gempa Indonesia. 2010. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Standar Nasional Indonesia. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 03-1726-2012. Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia