

EVALUASI KINERJA GAYA GEMPA PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN ANALISIS RESPON SPEKTRUM BERDASARKAN BASE SHARE, DISPALACEMENT, DAN DRIFT MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS (STUDI KASUS : HOTEL DI DAERAH KARANGANYAR)

Donny Baiquny Febbrian¹⁾, Agus Setiya Budi²⁾, Kusno Adi Sambowo³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : donny.febbrian@yahoo.com

Abstract

Indonesia as an archipelago State and State which are included in the ring of fire because the path of it was on meet the Australian plate, the Eurasian plate and the Pacific plate. Have a high enough percentage shift resulting in Indonesian territory vulnerable to earthquake shaking. This study aims to determine the performance evaluation measures earthquake forces in buildings by using the response spectrum dynamic analysis based on share base, displacement and drift in the Immediate Occupancy level category. Analysis of dynamic response spectrum in the X direction and in the Y direction generate $V_{dinamik}$ greater than $0.85 V_{statik}$, so the final value of the dynamic response of building structures against earthquake loading due to the influence of the earthquake nominal plan meets the requirements of SNI 03-1726-2012. Based on the value of displacement in the X direction and the Y direction, the drift rate due to the effect of earthquakes smaller plan than $[(0.03/R)H]$ so it can be safely concluded the serviceability limit the performance evaluation requirements in accordance with SNI 03-1726-2002, and the maximum drift level of the building structure due to the influence of earthquakes in the condition of the building plans on the verge of collapse less than $[0.02H]$ so it can be safely concluded the ultimate limits of performance evaluation requirements in accordance with SNI 03-1726-2002. The maximum total drift and inelastic drift in the X direction and the Y direction, so that when it is viewed according to ATC – 40, it is included in the level immediate occupancy category.

Keyword : response spectrum, base shear, displacement, drift

Abstrak

Indonesia sebagai Negara kepulauan dan Negara yang termasuk di dalam jalur *ring of fire* karena berada di atas pertemuan lempeng Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Memiliki prosentasi pergeseran yang cukup tinggi sehingga mengakibatkan wilayah Indonesia rentan oleh guncangan gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui langkah-langkah evaluasi kinerja gaya gempa pada gedung bertingkat dengan menggunakan analisis dinamik respon spektrum berdasarkan *base share, displacement dan drift* dalam kategori level *Immediate Occupancy*. Analisis dinamik respon spektrum pada arah X dan Y menghasilkan $V_{dinamik}$ lebih besar dari $0,85 V_{statik}$, sehingga nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012. Berdasarkan nilai *displacement* pada arah X dan pada arah Y, maka simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana lebih kecil dari $[(0,03/R)H]$ sehingga dapat disimpulkan aman terhadap syarat evaluasi kinerja batas layan sesuai SNI 03-1726-2002, dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi gedung diambang keruntuhan lebih kecil dari $[0,02H]$ sehingga dapat disimpulkan aman terhadap syarat evaluasi kinerja batas ultimit sesuai SNI 03-1726-2002. Maksimum total *drift* dan *inelastik drift* pada arah X dan pada arah Y, apabila ditinjau berdasarkan ATC-40 termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy*.

Kata kunci : respon spektrum, base shear, displacement, drift

PENDAHULUAN

Gempa bumi dapat terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Faktor utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya menjadi bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. (Schodek, 1999)

Hal yang perlu diperhatikan adalah kekuatan bangunan yang memadai untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya terutama lantai atas. Semakin tinggi bangunan, defleksi lateral yang terjadi juga semakin besar pada lantai atas. (Cormak, 1995)

Yang harus diperhatikan adalah bahwa struktur dapat memberikan layanan yang sesuai dengan perencanaan. Menurut Paulay (1988), Tingkat layanan dari struktur gaya gempa terdiri dari tiga, yaitu:

a. *Serviceability*

Jika gempa dengan intensitas percepatan tanah yang kecil dalam waktu ulang yang besar mengenai struktur, disyaratkan tidak mengganggu fungsi bangunan, seperti aktivitas normal didalam bangunan dan perlengkapan yang ada. Artinya tidak dibenarkan ada terjadi kerusakan pada struktur baik pada komponen struktur maupun dalam elemen non-struktur yang ada. Dalam perencanaan harus diperhatikan kontrol dan batas simpangan (*drift*) yang terjadi saat gempa, serta menjamin kekuatan yang cukup bagi komponen struktur untuk menahan gaya gempa yang terjadi dan diharapkan struktur masih berperilaku elastis.

b. Kontrol Kerusakan

Jika struktur dikenai gempa dengan waktu ulang sesuai dengan umur atau, masa rencana bangunan, maka struktur direncanakan untuk dapat menahan gempa ringan atau gempa kecil tanpa terjadi kerusakan pada komponen struktur ataupun mauun komponen non-struktur, dan diharapkan struktur dalam batas elastis.

c. *Survival*

Jika gempa kuat yang mungkin terjadi pada umur / masa bangunan yang direncanakan membebani struktur, maka struktur direncanakan untuk dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang besar tanpa mengalami kerusakan dan keruntuhan (*collapse*). Tujuan utama dari batas ini adalah untuk menyelamatkan jiwa manusia.

Schodek (1999) menyatakan bahwa pada struktur stabil apabila dikenakan beban, struktur tersebut akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang lebih kecil dibandingkan struktur yang tidak stabil. Hal ini disebabkan karena pada struktur yang stabil memiliki kekuatan dan kestabilan dalam menahan beban.

Analisis dinamik untuk perencanaan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku struktur dari struktur akibat pengaruh gempa, khususnya pada 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 Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*) pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respons (*Respon Spectrum Modal Analysis*) dimana pada cara ini respons maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari Spektrum Respons Rencana (Design Spectra). Pada analisis dinamik elastis digunakan untuk mendapatkan respons struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (Direct Integration Method). Analisis dinamik elastis lebih sering digunakan karena lebih sederhana.

METODE

Pada penelitian ini dilakukan pada gedung Hotel di daerah Karanganyar. Struktur gedung beton bertulang dengan ketinggian 12 Lantai. Fungsi utama bangunan adalah hotel.

Tabel 1. Deskripsi gedung

Diskripsi gedung	Keterangan
Sistem struktur	SRPMK
Fungsi gedung	Hotel
Jumlah lantai	12
Elevasi tertinggi gedung	+ 42,7 m
Tinggi lantai tipikal	3,5m
Luas total gedung	15317 m ²

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu beton yang digunakan dalam bangunan untuk balok dan plat lantai menggunakan nilai kuat tekan $f_c' = 25 \text{ MPa}$ dengan modulus elastisitas E_c adalah 23500 MPa , kolom lantai menggunakan nilai kuat tekan $f_c' = 35 \text{ MPa}$, 30 MPa , dan 25 MPa dengan modulus elastisitas E_c adalah $27805,57 \text{ MPa}$; $25742,96 \text{ MPa}$; 23500 MPa .

Tabel 2. Rekapitulasi berat struktur per lantai

Lantai	Beban Mati			Beban Hidup (Kg)	W Total (Kg)
	Berat Struktur (Kg)	Berat Tambahan (Kg)	Berat Dinding (Kg)		
1	1223814,50	255526,63	192381,28	137281,50	1809003,91
2	857507,00	181587,49	192381,28	97557,75	1329033,52
3	857507,00	181587,49	192381,28	97557,75	1329033,52
4	857507,00	181587,49	192381,28	97557,75	1329033,52
5	857507,00	181587,49	192381,28	97557,75	1329033,52
6	857507,00	181587,49	192381,28	97557,75	1329033,52
7	857507,00	181587,49	192381,28	97557,75	1329033,52
8	857507,00	181587,49	192381,28	97557,75	1329033,52
9	857507,00	181587,49	192381,28	97557,75	1329033,52
10	840636,50	181587,49	90330,76	97557,75	1210112,50
11	849209,50	189555,86	45820,89	101838,75	1186425,00
12 Atap'	187685,50	27160,98	0,00	12654,00	227500,48
Total	9979865,00	2106530,90	1867583,17	1129794,00	15083773,07

Pembuatan grafik respon spektrum gempa rencana menggunakan peta gempa berdasarkan SNI 1726-2012. Pada peta tersebut didapatkan bahwa bangunan mempunyai nilai S_1 0,31 g dan S_s 0,74 g. Selanjutnya berdasarkan Tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 didapatkan nilai F_a 1,208 dan F_v 1,779.

$$S_{DS} = 2/3 F_a S_s \dots\dots\dots [1]$$

$$S_{D1} = 2/3 F_v S_1 \dots\dots\dots [2]$$

Berdasarkan persamaan 1 dan 2 maka nilai S_{DS} adalah 0,596 dan S_{D1} adalah 0,367.

$$T_0 = 0,2(S_{D1} / S_{DS}) \dots\dots\dots [3]$$

$$T_s = (S_{D1} / S_{DS}) \dots\dots\dots [4]$$

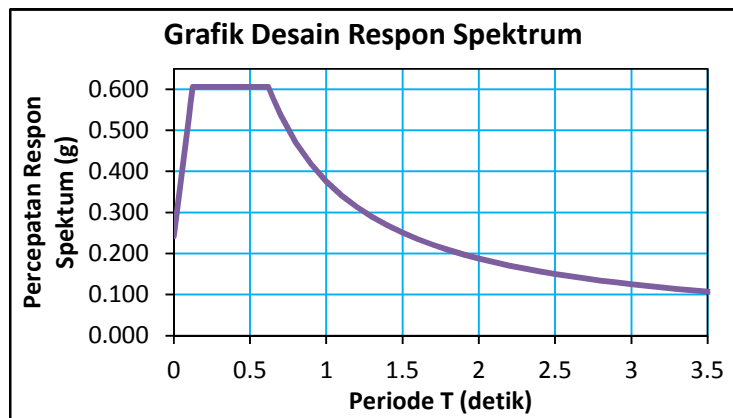
$$S_a \text{ untuk nilai } T = 0, \quad S_a = 0,4 S_{ds} \dots\dots\dots [5]$$

$$S_a \text{ untuk saat di } T_0 \leq T \leq T_s, \quad S_a = S_{DS} \dots\dots\dots [6]$$

$$S_a \text{ untuk nilai } T < T_0, \quad S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 (T/T_0)) \dots\dots\dots [7]$$

$$S_a \text{ untuk nilai } T > T_s, \quad S_a = (S_{D1} / T) \dots\dots\dots [8]$$

Sesuai persamaan 3 sampai 8 dapat dibuat grafik respon spektrum gempa rencana sesuai dengan lokasi bangunan.



Gambar 1. Grafik respon spektrum gempa rencana

Perhitungan Periode getar

Berdasarkan SNI 1726-2012, periode fundamental struktur dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien batasan atas pada periode yang dihitung (C_u)

-Periode getar arah x

$$T_a \text{ minimum} = C_t h_n^x \dots\dots\dots [9]$$

$$C_t = 0,0466 \quad (\text{Table 15 SNI 1726-2012})$$

$$x = 0,9 \quad (\text{Table 15 SNI 1726-2012})$$

$h_n = 43,7 \text{ m}$ (Tinggi gedung)
 Berdasarkan persamaan 9, nilai T_a minimum adalah 1,395 detik.

$T_a \text{ maksimum} = C_u T_a \text{ minimum} \dots \dots \dots [10]$

$C_u = 1,4$ (Table 14 SNI 1726-2012)
 Berdasarkan persamaan 10, nilai T_a maksimum adalah 1,9541 detik.

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah x adalah 2,4093 detik. Karena T_a pada ETABS lebih besar dari syarat maksimal, maka T_a yang digunakan adalah T_a maksimal yaitu 1,9541 detik.

-Periode getar arah y

Untuk nilai T_a minimum dan T_a maksimum pada arah y sama dengan nilai pada arah x.

$T_a \text{ minimum} = 1,3957 \text{ detik}$

$T_a \text{ maksimum} = 1,9541 \text{ detik}$

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah y adalah 2,5169 detik. Karena T_a pada ETABS lebih besar dari syarat maksimal, maka T_a yang digunakan adalah T_a maksimal yaitu 1,9541 detik.

Koefisien Respon Seismik (C_s)

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1, penentuan koefisien respon seismik suatu bangunan sama seperti penentuan periode getar bangunan yaitu terdapat batasan nilai minimum dan nilai maksimum berdasarkan arah bangunannya

- C_s arah x

$C_s \text{ minimum} = 0,044 S_{Ds} I_e \geq 0,01 \dots \dots \dots [11]$

$S_{Ds} = 0,596$

$I_e = 1,00$ (Tabel 2 SNI 1726-2012)

Berdasarkan persamaan 11, nilai C_s minimum adalah 0,0262

$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{D1}}{T(\frac{R}{I_e})} \dots \dots \dots [12]$

$S_{D1} = 0,367$

$R = 8$ (Tabel 9 SNI 1726-2012)

$T = 1,9541 \text{ detik}$

Berdasarkan persamaan 12, nilai C_s maksimum adalah 0,0745

$C_s \text{ hitungan} = \frac{S_{DS}}{(\frac{R}{I_e})} \dots \dots \dots [13]$

Berdasarkan persamaan 13, nilai C_s hitungan adalah 0,02352 Karena C_s bernilai lebih dari C_s pada batas maksimal, maka C_s yang dipakai adalah C_s minimal yaitu 0,0262

- C_s arah y

Gedung pada arah y sama-sama memiliki dinding geser sehingga nilai R adalah 8 sama pada arah x. C_s minimum, C_s maksimum, dan C_s hitungan mempunyai nilai yang sama pada arah x.

Gaya Geser Dasar Seismik

Di dalam SNI 1726-2012 dijelaskan bahwa gaya geser seismik ditentukan dengan perkalian Koefisien respon Seismik dengan berat total gedung.

$V = C_s W_t \dots \dots \dots [14]$

Karena nilai C_s arah x dan arah y sama, maka besarnya gaya geser pada gedung mempunyai nilai yang sama. Berdasarkan persamaan 14 maka nilai V adalah 1462,089 ton.

Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.3 gaya gempa lateral (F) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut

$F = C_{vx} V \dots \dots \dots [15]$

$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \dots \dots \dots [16]$

C_{vx} = faktor distribusi vertikal gaya gempa W_i dan W_x = berat tingkat struktur
 V = gaya lateral atau gaya geser struktur h_i dan h_x = tinggi dasar sampai tingkat i

k = eksponen terkait dengan periode, $T \leq 0,5$ maka $k = 1$ dan $T \geq 2,5$ maka $k = 2$
 Nilai T dan V baik arah x maupun y adalah sama, sehingga distribusi vertikal gaya gempa arah x dan arah y bernilai sama. Perhitungan distribusi vertikal gempa dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 3. Distribusi vertikal gaya gempa dan arah pembebanan

Lantai	h (m)	h_x^k	w (Ton)	$w \cdot h_x^k$	C_{vx}	F_x (Ton)	30 % F_x (Ton)
12 Atap'	43,7	681,08	240,51	163805,76	0,0443	17,52	5,26
11	40,5	597,25	1191,88	711850,29	0,1925	76,13	22,84
10	36,5	499,07	1210,11	603928,13	0,1633	64,59	19,38
9	33,0	419,33	1329,03	557297,39	0,1507	59,60	17,88
8	29,5	345,51	1329,03	459191,22	0,1242	49,11	14,73
7	26,0	277,80	1329,03	369204,62	0,0998	39,49	11,85
6	22,5	216,42	1329,03	287623,36	0,0778	30,76	9,23
5	19,0	161,61	1329,03	214787,33	0,0581	22,97	6,89
4	15,5	113,70	1329,03	151112,20	0,0409	16,16	4,85
3	12,0	73,08	1329,03	97126,34	0,0263	10,39	3,12
2	8,50	40,29	1329,03	53541,42	0,0145	5,73	1,72
1	5,00	16,11	1809,00	29147,17	0,0079	3,12	0,94
Total			15083,77	3698615,23	1,00	395,56	118,67

Arah gempa yang sebenarnya tidak dapat dipastikan. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka dalam SNI disebutkan bahwa pembebanan gempa arah utama dianggap efektif sebesar 100% dan ditambah dengan pembebanan gempa sebesar 30% pada arah tegak lurus nya. Selanjutnya besarnya gaya tersebut dibebankan pada pusat massa struktur tiap-tiap lantai tingkat.

Gaya Geser Dasar Bangunan

Berdasarkan SNI 1726-2012 gaya geser dasar (*base shear*) yang didapatkan dari hasil analisa dinamik respons spektrum minimum adalah sebesar 85 % gaya geser dasar yang dihitung berdasarkan cara statik ekuivalen. Apabila gaya geser dasar hasil analisa dinamik respon spektrum lebih kecil dari 85 % gaya geser dasar statik ekuivalen, maka ordinat respon spektrum harus dikalikan dengan faktor skalanya.

$$FS = \frac{0,85V_{statik}}{V_{dinamik}} \dots \dots \dots [17]$$

Tabel 4. *Base shear* statik ekuivalen dan dinamik respon spektrum

	Statik X(ton)	Statik Y (ton)	RSPX(ton)	RSPY (ton)
Arah x (100%)	395,56	Arah x (30%) 118,67	Arah x (100%) 419,09	Arah x (30%) 227,49
Arah y (30%)	118,67	Arah y (100%) 395,56	Arah y (30%) 295,03	Arah y (100%) 403,61

Tabel 5. Faktor skala

	0,85 V Statik X (ton)	RSPX (ton)	FS	0,85 V Statik Y (ton)	RSPY (ton)	FS
Arah x (100%)	336,22	419,09	0,80	Arah x (30%) 100,86	227,49	0,36
Arah y (30%)	100,86	295,03	0,34	Arah y (100%) 336,22	403,61	0,83

Nilai FS pada RSPX arah x telah kurang dari 1 hal ini berarti V dari dinamik respon spektrum telah lebih besar dari 0,85V statik ekuivalen. Hal ini telah sesuai pada SNI 1726-2012. Maka dari itu analisis dinamik respon spektrum dapat digunakan untuk menentukan *displacement* struktur gedung.

Hasil Analisis *Displacemen* Akibat Beban Kombinasi

Analisis dilakukan dengan *software* ETABS dan dari program tersebut didapatkan hasil *displacement* pada bangunan yang diteliti. Selanjutnya dari berbagai kombinasi yang digunakan diambil nilai *displacement* yang paling besar.

Tabel 6. Kombinasi pembebanan yang digunakan

Kombinasi 1	1,4 D	1,4 D+ 1,4 SIDL
Kombinasi 2	1,2 D + 1,6 L	1,2 D + 1,2 SIDL + 1,6 L
Kombinasi 3	0,9 D ± 1,0 E	0,9 D + 0,9 SIDL + 1,0 EQX/RSPX
Kombinasi 4		0,9 D + 0,9 SIDL + 1,0 EQY/RSPY
Kombinasi 5		0,9 D + 0,9 SIDL - 1,0 EQX/RSPX
Kombinasi 6		0,9 D + 0,9 SIDL - 1,0 EQY/RSPY
Kombinasi 7	1,2 D + 1,0 L ± 1,0 E	1,2 D + 1,2 SIDL + 1,0 L + 1,0 EQX/RSPX
Kombinasi 8		1,2 D + 1,2 SIDL + 1,0 L + 1,0 EQY/RSPY
Kombinasi 9		1,2 D + 1,2 SIDL + 1,0 L - 1,0 EQX/RSPX
Kombinasi 10		1,2 D + 1,2 SIDL + 1,0 L - 1,0 EQY/RSPY

Tabel 7. *Displacement* maksimal gedung hasil output ETABS

Lantai	h (mm)	Statik Ekvivalen Displacement		Dinamik Respon Spektrum Displacement	
		Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)
11	4000	46,190	44,275	47,493	58,682
10	3500	43,413	41,264	44,928	54,965
9	3500	40,462	38,357	42,141	51,393
8	3500	36,905	34,889	38,784	47,191
7	3500	32,790	30,918	34,899	42,382
6	3500	28,269	26,589	30,587	37,068
5	3500	23,430	21,982	25,878	31,286
4	3500	18,393	17,296	20,809	25,080
3	3500	13,322	12,757	15,467	18,553
2	3500	8,359	8,286	9,962	11,856
1	5000	3,872	4,112	4,731	5,538

Kontrol Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar lantai-tingkat akibat pengaruh gempa rencana dengan persyaratan

$$\Delta < \frac{0,03}{R} H \dots\dots\dots [18]$$

R : Koefisien Modifikasi Respons

Δ : Simpangan Antar Tingkat

H : Tinggi Tingkat

Tabel 8. Kinerja batas layan gedung

Lantai	Syarat batas		Δ s Statik		Ket.	Δ s Dinamik		Ket.
	Δ s antar Lantai (mm)	Δ s Ekivalen (mm)	Arah X	Arah Y		Respon Spektrum (mm)		
						Arah X	Arah Y	
1	18,75	3,872	4,112	Aman	4,731	5,538	Aman	
2	13,125	4,4877	4,1735	Aman	5,2313	6,3179	Aman	
3	13,125	4,963	4,4713	Aman	5,5049	6,6967	Aman	
4	13,125	5,0708	4,5386	Aman	5,3425	6,5273	Aman	
5	13,125	5,0371	4,6864	Aman	5,0691	6,2058	Aman	
6	13,125	4,8384	4,6074	Aman	4,7086	5,7822	Aman	
7	13,125	4,5214	4,329	Aman	4,312	5,314	Aman	
8	13,125	4,1148	3,9708	Aman	3,8849	4,8093	Aman	
9	13,125	3,5575	3,4682	Aman	3,3575	4,2023	Aman	
10	13,125	2,9512	2,9067	Aman	2,7869	3,5712	Aman	
11	15	2,7762	3,0108	Aman	2,5648	3,717	Aman	

Kontrol Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi gedung diambang keruntuhan dengan persyaratan.

$$\zeta \Delta < 0,02H \dots\dots\dots[19]$$

$$\zeta = \frac{0,7R}{FaktorSkal a} \dots\dots\dots[20]$$

- ζ : Faktor Penggali
- Δ : Simpangan Antar Tingkat
- H : Tinggi Tingkat
- R : Koefisien Modifikasi Respons

Tabel 9. Kinerja batas ultimit gedung

Lantai	Syarat batas		Ket.	ξ Δm Dinamik Respon Spektrum (mm)		Ket.
	Δm (mm)	ξ Δm Statik Ekuivalen (mm) Arah X Arah Y		Arah X	Arah Y	
1	100	21,680 23,028	Aman	26,491	31,014	Aman
2	70	25,131 23,372	Aman	29,295	35,380	Aman
3	70	27,793 25,039	Aman	30,827	37,502	Aman
4	70	28,396 25,416	Aman	29,918	36,553	Aman
5	70	28,208 26,244	Aman	28,387	34,752	Aman
6	70	27,095 25,801	Aman	26,368	32,380	Aman
7	70	25,320 24,243	Aman	24,147	29,756	Aman
8	70	23,043 22,236	Aman	21,755	26,932	Aman
9	70	19,922 19,422	Aman	18,802	23,533	Aman
10	70	16,527 16,278	Aman	15,607	19,999	Aman
11	80	15,547 16,860	Aman	14,363	20,815	Aman

Hasil analisis statik ekuivalen maupun dinamik respon spektrum menyatakan bahwa gedung yang diteliti memenuhi syarat (Aman) terhadap kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit sesuai SNI 03-1726-2002.

Tabel 13. Level kinerja struktur gedung berdasarkan ATC-40

Parameter	Statik Ekuivalen		Respon Spektrum	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Maksimum Total Drift	0,001140	0,001093	0,001172	0,001448
<i>Performance Level</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>
Maksimum Total Inelastik Drift	0,001044	0,0009916	0,001055	0,001312
<i>Performance Level</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>

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

SIMPULAN

Berdasarkan analisis dinamik respon spektrum pada arah X dan Y menghasilkan Vdinamik lebih besar dari 0,85 Vstatik, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012. Berdasarkan nilai *displacement* pada arah X dan pada arah Y, maka simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana lebih kecil dari [(0,03/R)*H] sehingga dapat disimpulkan aman terhadap syarat evaluasi kinerja batas layan sesuai SNI 03-1726-2002. Berdasarkan nilai *displacement* pada arah X dan pada arah Y, maka simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi gedung diambang keruntuhan lebih kecil dari [0,02xH] sehingga dapat disimpulkan aman terhadap syarat evaluasi kinerja batas ultimit sesuai SNI 03-1726-2002. Berdasarkan hasil analisis dinamik respon spektrum nilai maksimum total *drift* dan *inelastik drift* pada arah X dan arah Y yang ditinjau berdasarkan *Applied Technology Council 40* (ATC-40) termasuk dalam kategori level

Immediate Occupancy yaitu apabila terkena gempa struktur bangunan aman, resiko korban jiwa dari kegagalan struktur tidak terlalu berarti, gedung tidak mengalami kerusakan berarti, dan dapat segera difungsikan/beroperasi kembali.

REKOMENDASI

Analisis respon spektrum perlu dicoba pada gedung-gedung tinggi lainnya untuk mendalami perilaku seismik gedung bertingkat banyak..Selain itu penelitian yang selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambah analisis kinerja gedung dengan metode dan acuan yang berbeda sehingga dapat digunakan untuk membandingkan hasil analisis yang telah dilakukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penyusun ucapkan kepada Bapak Agus Setiya Budi, S.T., M.T. dan Bapak Kusno Adi Sambowo, ST, MSc, Ph.D.selaku dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 dalam penelitian ini. Terima kasih kepada ayah, ibu, kakak, keluarga dan teman-teman yang telah memberi doa serta semangatnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

REFERENSI

- Adhitya P Anugerah, (2011), Evaluasi Kinerja Gedung Bertingkat Simpangan Antar Tingkat Dengan Analisis Ragam Spektrum Respons Menggunakan ETABS V 9.50 Studi Kasus: Gedung Bertingkat Di Yogyakarta, Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Anonim, (1989) Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1727-1989, BSN, Bandung.
- Anonim, (2002), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002, BSN, Bandung.
- Anonim, (2012), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012, BSN, Bandung..
- Anonim, (2012), Peta Hazard Gempa Indonesia 2012 Sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, (2013), Diagram Beban (P) – Waktu (t), Diakses melalui: <http://www.mafiosodeciviliano.com>. Pada November 2013
- Applied Technology Council-40, (1996), Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I, Seismic Safety Commission State of California, California.
- Clough, Ray W, (1998) Dinamika Struktur Jilid 1, Erlangga, Jakarta (Anggota IKAPI).
- Daniel L. Schodek, (1999), Struktur, Erlangga, Jakarta.
- Eko Budiarta, (2013), Study Pustaka geologist, diakses melalui: <http://ekobudiarta.wordpress.com/2012/08/>. Pada tanggal 2 november 2013.
- Helmy Iskandarsyah, (2009), Analisis Respon Spektrum pada Bangunan yang Menggunakan Yielding Damper Akibat Gaya Gempa, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Ismailah Nur Elliza, (2013), Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS V9.50 (Studi Kasus : Gedung Solo Center Point), Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Kardiyono Tjokrodinuljo, (1993), Teknik Gempa, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mc Cormack. Jack, (2004),Desain Beton Bertulang Jilid 1, Erlangga, Bandung.
- Widodo, (2000) Respon Dinamik Struktur Elastik, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Wiryanto Dewobroto, (2007), Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP 2000 Edisi Baru, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.