

STUDI PERBANDINGAN GAYA GESER DASAR SEISMIK BERDASARKAN SNI-03-1726-2002 DAN SNI-03-1726-2012 STUDI KASUS STRUKTUR GEDUNG GRAND EDGE SEMARANG

Agustinus Agus Setiawan

Universitas Pembangunan Jaya, Tangerang-Banten
Jl. Boulevard Bintaro Sektor 7 Bintaro Jaya – Tangerang Selatan 15224
Email : agustinus@upj.ac.id

Abstract: *Grand Edge Hotel and Mall building structure, located in Semarang, is designed as a reinforced concrete structure consisting of 13 layers of story. Load resisting structure consists of a Special Moment Resisting Frames. In the early stages of design, the structure is designed to resist earthquake loading accordance with SNI 03-1726-2002 (Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung), which is based on earthquake with return period of 500 years. Along with the adoption of SNI 03-1726-2012 (Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung) which is based on earthquake with return period of 2500 years, so the calculation of earthquake loading must be redesigned. This study has an objective to make a comparison between the two codes, in terms of seismic base shear changes and examination of the structural performance of buildings in terms of drift ratio that occurs. The results of the dynamic analysis using ETASB program v.9.0.0 shows that seismic base shear increase 107% in the X and Y direction. While the results of SNI 2012 equivalent static analysis generates seismic base shear force is 2.5 times greater than the results of SNI 2002. From the requirements of drift ratio, the building structure does not exceed the requirements, according to both SNI 2002 and SNI 2012.*

Keywords: *earthquake loading, internal forces, seismic base shear, return period*

ABSTRAK: Struktur bangunan gedung Grand Edge Hotel dan Mall yang berlokasi di kota Semarang, direncanakan sebagai suatu struktur gedung beton bertulang yang terdiri dari 13 lapis lantai. Struktur pemikul beban terdiri dari Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus. Pada tahap awal desain, struktur direncanakan terhadap beban gempa sesuai dengan SNI 03-1726-2002 (Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung), yang didasarkan pada gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun. Seiring dengan ditetapkannya SNI 03-1726-2012 (Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung) yang didasarkan pada gempa rencana periode ulang 2500 tahun, maka perhitungan gaya gempa harus didesain ulang. Studi ini bertujuan untuk melakukan perbandingan antara kedua tata cara tersebut ditinjau dari perubahan gaya geser dasar seismik serta pemeriksaan terhadap kinerja struktur gedung ditinjau dari simpangan antar lantai yang terjadi. Hasil analisis dinamis yang diperoleh menggunakan program ETABS v.9.0.0 menunjukkan terjadi peningkatan gaya geser dasar seismik sebesar 107 %, dalam arah X maupun dalam arah Y. Sedangkan hasil analisis statik ekuivalen SNI 2012 menghasilkan gaya geser dasar seismik yang 2,5 kali lebih besar daripada hasil SNI 2002. Ditinjau dari syarat simpangan antar lantai, struktur gedung tersebut tidak melebihi ketentuan, baik menurut SNI 2002 maupun SNI 2012.

Kata Kunci : beban gempa, gaya dalam, gaya geser dasar seismik, periode ulang

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki intensitas tinggi terhadap kejadian gempa bumi. Hal ini dapat terjadi karena letak Indonesia yang berada dalam pengaruh tiga buah lempeng besar yaitu Lempeng Samudra Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng

Samudra Pasifik. Dampak yang ditimbulkan dari setiap kejadian gempa bumi adalah berupa kerugian baik materiil maupun non materiil. Kerugian berupa kerusakan infrastruktur adalah suatu hal yang kerap dijumpai. Kerusakan yang terjadi pada umumnya adalah akibat tidak dipenuhinya peraturan-peraturan perencanaan

yang ada. Di Indonesia sendiri terdapat peraturan yang mengatur tentang tata cara perencanaan ketahanan terhadap gempa, yaitu yang termuat dalam SNI 03-1726-2002 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. Namun setelah 10 tahun berjalan, tata cara ini dirubah seiring dengan keluarnya peraturan baru yang termuat dalam SNI 03-1726-2012 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Peraturan gempa tahun 2002 didasarkan pada gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun (probabilitas kejadian 10% dalam kurun waktu 50 tahun), sedangkan peraturan gempa 2012 dibuat berdasarkan gempa rencana dengan periode ulang 2500 tahun (probabilitas kejadian 2% dalam kurun waktu 50 tahun), sehingga nampak terjadi perubahan yang cukup signifikan ditinjau dari beban gempa rencana yang harus diberikan pada struktur. Meskipun demikian tidak selalu lokasi dengan tingkat resiko gempa tinggi menurut SNI 2002, mengalami kenaikan respon spektranya pula pada SNI 2012 (Yoyong & Iman, 2013).

Struktur gedung Grand Edge Hotel dan Mall yang terletak di kota Semarang merupakan struktur gedung yang direncanakan sebagai struktur beton bertulang, yang berupa Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus. Pada tahap awal desain, struktur ini direncanakan terhadap beban gempa yang ditentukan dalam SNI 03-1726-2002. Namun seiring dengan perjalanan proses desain, terbitlah peraturan gempa baru

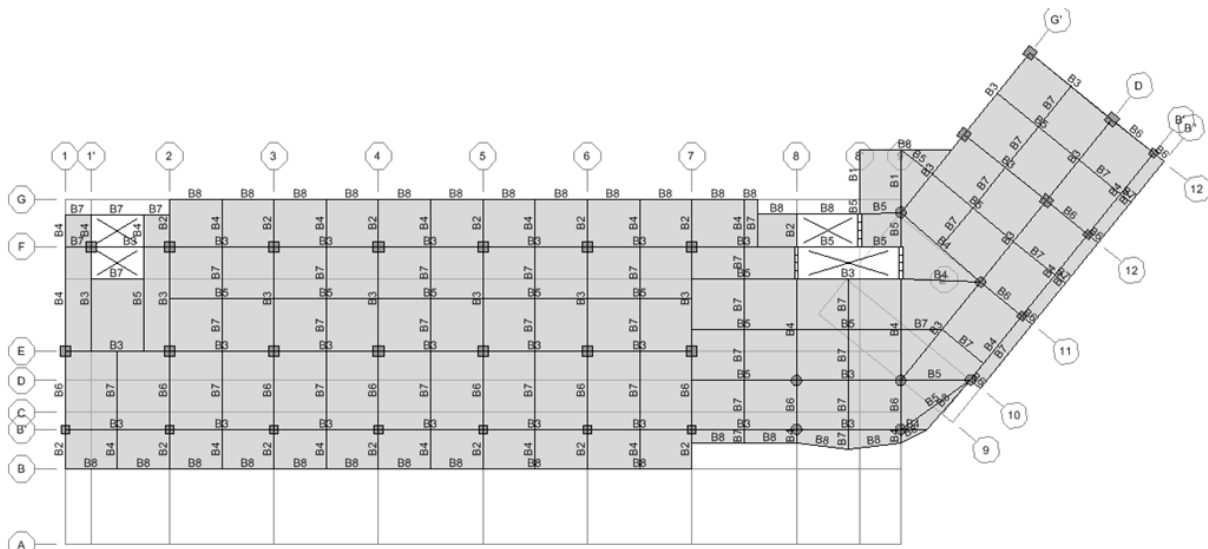
SNI 03-1726-2012. Untuk mengakomodasi perubahan-perubahan terhadap beban gempa rencana, maka struktur tersebut harus didesain ulang guna mematuhi kaidah yang berlaku sesuai etika keprofesionalan.

Studi ini bertujuan untuk Studi ini bertujuan untuk melakukan perbandingan antara kedua tata cara tersebut ditinjau dari perubahan gaya geser dasar seismik serta perubahan besarnya gaya dalam pada beberapa elemen struktur gedung.

METODE PENELITIAN

Struktur gedung Grand Edge Hotel dan Mall yang terdiri dari 13 lapis lantai, berlokasi di kota Semarang dan berdiri pada lapisan tanah keras, akan dianalisis secara dinamik (menggunakan metode ragam spektrum respon) dan secara statis ekuivalen menggunakan dua macam beban gempa yang merujuk pada SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012. Tipe struktur yang dipilih adalah Struktur Ganda, yang merupakan kombinasi Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus dan Dinding Struktural Khusus. Denah lantai tipikal dari struktur gedung Grand Edge Hotel dan Mall ditunjukkan dalam Gambar 1.

Tinggi total struktur adalah 37,00 m dihitung dari taraf penjepitan lateral. Faktor modifikasi respon diambil sebesar 8,50 untuk model SNI 2002, dan sebesar 8,00 untuk model SNI 2012. Faktor keutamaan untuk kedua model diambil sama yaitu sebesar 1,00.



Gambar 1.Denah balok-kolom lantai tipikal elevasi +14.00

HASIL DAN ANALISIS

Spektrum Respon Desain

Spektrum Respon Desain Menurut SNI 03-1726-2002

Kota Semarang berdasarkan peta zonasi gempa pada SNI 03-1726-2002 digolongkan ke dalam Wilayah Gempa 2, dengan percepatan puncak batuan dasar sebesar 0,10g, dan bangunan berada pada lapisan tanah keras.

Spektrum Respon Desain Menurut SNI 03-1726-2012

Berbeda dengan SNI 03-1726-2002, maka pada SNI 03-1726-2012 spektrum respon desain dibuat berdasarkan nilai S_s (spektrum respon percepatan 0,2 detik di batuan dasar)

serta S_1 (spektrum respon percepatan 1 detik di batuan dasar). Untuk kota Semarang kedua nilai tersebut adalah $S_s = 0,83g$ dan $S_1 = 0,29g$. Dari nilai S_s dan S_1 , dapat ditentukan nilai koefisien situs F_a dan F_v , berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, yaitu $F_a = 1,068$ dan $F_v = 1,51$. Parameter percepatan spektral desain, S_{DS} dan S_{D1} selanjutnya dapat dihitung sebagai berikut :

- $S_{DS} = 2/3(F_a)(S_s) = 0,591g$
- $S_{D1} = 2/2(F_v)(S_1) = 0,2919g$

Dengan nilai S_{DS} dan S_{D1} tersebut, maka struktur termasuk ke dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D. Struktur rangka pemikul momen khusus diperbolehkan digunakan untuk tiap struktur dengan KDS D.

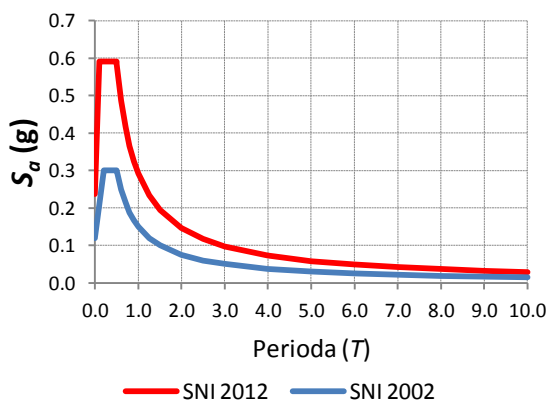
Tabel 1. Koefisien Situs, F_a (Sumber : SNI 03-1726-2012)

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan Pada Periode Pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Tabel 2. Koefisien Situs, F_v (Sumber : SNI 03-1726-2012)

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan Pada Periode Pendek, $T = 1$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Selanjutnya kurva spektrum respon dibuat sesuai prosedur dalam pasal 6.4 SNI 03-1726-2012. Gambar 2 menunjukkan perbandingan kurva spektrum respon yang dihasilkan dari SNI 03-1726-2002 dan 2012. Dari gambar tersebut nampak jelas bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada kurva spektrum respon dari kedua peraturan tersebut, khusus untuk lokasi bangunan yang berada pada lapisan tanah keras pada kota Semarang.



Gambar 2. Spektrum respon gempa rencana

Waktu Getar Alami

Nilai waktu getar alami struktur diperoleh melalui analisis dinamis dengan bantuan program ETABS, waktu getar diperoleh dari dua kondisi yaitu kondisi penampang utuh (*uncrack*), dan kondisi penampang retak (*crack*) yang

diperoleh melalui reduksi momen inersia penampang. Sebagai syarat batas untuk waktu getar, SNI 03-1726-2002 mensyaratkan bahwa waktu getar alami tidak boleh diambil lebih besar daripada $\tau_n = 0,19(13) = 2,47$ detik. Sedangkan SNI 03-1726-2012 memberikan rumus empiris untuk perhitungan waktu getar untuk suatu struktur rangka pemikul momen, yang menyebutkan bahwa waktu getar alami tidak perlu diambil lebih besar daripada $C_u \cdot T_a = 1,4(C_u \cdot h_n^x) = 1,4 \times 0,0466(37)^{0,90} = 1,68$ detik. Tabel 3 merangkumkan hasil perhitungan waktu getar alami struktur.

Tabel 3. Waktu Getar Alami Struktur

Waktu Getar	Empiris		Hasil Output Etabs	
	2002	2012	crack	uncrack
T_{1x}	2,47	1,68	2,02	1,85
T_{1y}	2,47	1,68	2,18	1,69

Dari hasil dalam Tabel 3, maka waktu getar alami untuk kedua arah (x dan y) diambil sebesar 1,68 detik.

Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya Geser Dasar Menurut SNI 03-1726-2002

Gaya geser dasar dihitung berdasarkan persamaan :

$$V = \frac{C \cdot I}{R} W_t \quad (1)$$

Dengan $C = 0,089$, $I = 1,00$, $R = 8,50$, dan berat bangunan $W_i = 14.342.890$ kgf maka $V_x = V_y = 0,089(1,0)(14.342.890)/8,50 = \mathbf{150.178,49}$ kgf

Gaya Geser Dasar Menurut SNI 03-1726-2012

Gaya geser dasar dihitung dengan persamaan

$$V = C_s W \quad (2)$$

Dengan $C_{Sx} = \frac{S_{DS}}{R_x/I_e} = \frac{0,591}{8,0} = 0,074$, nilai ini

tidak perlu lebih besar daripada,

$$C_{Sx maks} = \frac{S_{D1}}{T_x(R_x/I_e)} = \frac{0,2919}{1,68(8)} = 0,022, \text{ namun}$$

tidak kurang dari $C_{s \min} = 0,044 S_{DS}/I_e = 0,044(0,591)(1,0) = 0,026 > 0,01$. Jadi digunakan $C_{sx} = C_{s \min} = 0,026$. Dengan cara yang sama $C_{sy} = 0,026$.

Sehingga $V_x = V_y = 0,026(14.342.890) = \mathbf{372.915,14}$ kgf

Sehingga $V_x = V_y = 0,026(14.342.890) = \mathbf{372.915,14}$ kgf

Dari hasil perhitungan ini, nampak bahwa gaya geser dasar seismik yang dihasilkan menurut peraturan SNI 03-1726-2012 lebih besar hingga hampir 2,5 kali lipat. Hal ini antara lain disebabkan karena kurva spektrum respon dari kedua peraturan ini memang menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan (yang dipengaruhi oleh perbedaan gempa rencana dengan periode ulang yang berbeda). Selain itu nilai faktor modifikasi respon, R juga berbeda. Untuk Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus pada peraturan SNI 03-1726-2002, nilai R boleh diambil sebesar 8,50. Sedangkan pada peraturan SNI 03-1726-2012 nilai R hanya dibatasi sebesar 8,0 untuk jenis sistem struktur yang sama.

Distribusi Vertikal Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik selanjutnya didistribusikan vertikal ke lantai di atasnya,

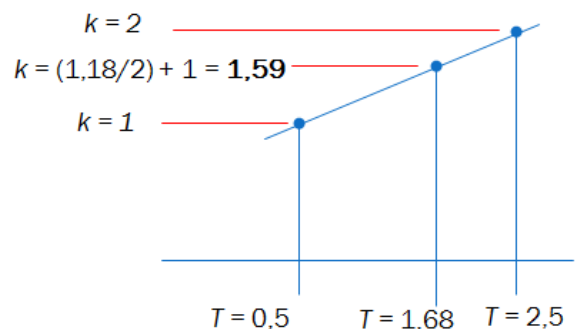
dengan menggunakan persamaan dalam SNI 03-1726-2002 :

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} V \quad (3)$$

Sedangkan menurut SNI 03-1726-2012 distribusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$F_x = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V \quad (4)$$

Nilai kantung struktur dengan perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2. Perhitungan interpolasi linier dilakukan seperti dalam Gambar 3.

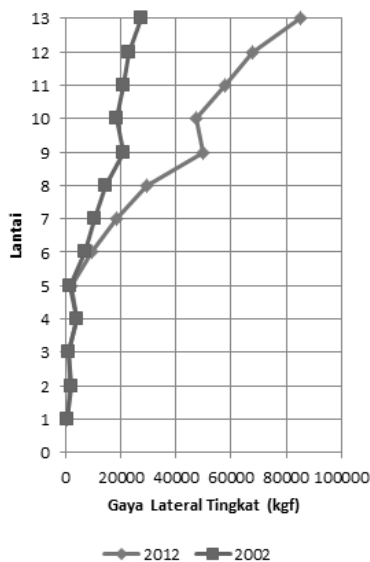


Gambar 3. Perhitungan nilai k

Dari hasil tersebut diperoleh, nilai k sebesar 1,59. Tabel 4 menunjukkan hasil distribusi vertikal gaya geser dasar seismik, sesuai SNI 03-1726-2002 dan 2012. Sedangkan Gambar 4 memperlihatkan perbandingan gaya lateral tingkat di tiap lantai yang dihasilkan dari gaya geser dasar seismik menurut SNI 2002 maupun 2012. Nampak bahwa pada lantai ke-1 hingga ke-5 besar gaya lateral hampir sama, namun pada lantai ke-6 dan seterusnya, gaya lateral yang dihasilkan dari peraturan SNI 03-1726-2012 jauh lebih besar.

Tabel 4. Distribusi Vertikal Gaya Geser Dasar

Story	SNI 2012		SNI 2002	
	F_x (kgf)	Static Story Shear	F_x (kgf)	Static Story Shear
+27.70	85.466,31	85.466,31	27.374,18	27.374,18
+24.20	67.630,57	153.096,88	22.981,09	50.355,27
+21.00	57.564,71	210.661,59	20.766,05	71.121,32
+17.50	47.423,94	258.085,54	18.406,94	89.528,26
+14.00	49.707,29	307.792,83	20.974,89	110.503,15
+09.50	29.533,15	337.325,98	14.170,25	124.673,40
+04.75	18.302,92	355.628,90	10.462,15	135.135,55
+00.00	9.563,99	365.192,89	7.019,97	142.155,52
-01.50	1.628,67	366.821,55	1.331,21	143.486,72
-03.20	3.978,33	370.799,88	3.784,22	147.270,95
-04.65	767,56	371.567,44	865,17	148.136,12
-06.10	1.201,02	372.768,46	1.719,63	149.855,75
-07.60	146,68	372.915,14	322,74	150.178,49
Σ	372.915,14		150.178,49	



Gambar 4. Gaya lateral tingkat

Analisis Dinamik

Selanjutnya dilakukan analisis secara dinamik dengan metode ragam spektrum respon. Jumlah ragam getar yang disertakan dalam analisis harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus mencapai minimal 90%. Penjumlahan respon dari masing-masing ragam getar dilakukan dengan metode kombinasi kuadratik lengkap (*Complete Quadratic Combination, CQC*). Dalam SNI 03-1726-2002

disyaratkan bahwa nilai akhir respon dinamik struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana tidak boleh kurang dari 80% nilai respon ragam pertama ($V > 0,8V_1$). Nilai V_1 adalah besar gaya geser dasar seismik seperti yang telah dihitung sebelumnya. Syarat yang sedikit berbeda dirumuskan dalam SNI 03-1726-2012, yang menyatakan bahwa nilai akhir respon dinamik struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana tidak boleh kurang dari 85% nilai respon ragam pertama ($V > 0,85V_1$). Tabel 5 menunjukkan gaya geser tingkat dan gaya lateral tingkat yang dihasilkan dari analisis dinamis.

Tabel 5. Gaya Geser Tingkat Analisis Dinamis

Story	SNI 2002		SNI 2012	
	V_x	V_y	V_x	V_y
+27.70	28422,15	24774,63	58283,52	51010,39
+24.20	40830,97	35257,44	83157,87	72270,81
+21.00	49490,1	41663,56	100947,3	85467,5
+17.50	56087,28	46340,71	115321,3	95541,75
+14.00	63892,09	52654,92	132244	109044,8
+09.50	69867,1	57412,01	144371,9	118717,3
+04.75	76995,53	64043,48	158689,1	132195,3
+00.00	83501,86	71235,25	172195,6	147197,7
-01.50	84673,98	73193,54	174659,7	151305,7
-03.20	91410,87	82353,73	188895,7	170621,9
-04.65	92989,28	84844,82	192246,7	175881,4
-06.10	96249,78	89510,38	199194,5	185760,9
-07.60	97688,41	91335,28	202260,3	189632,4
	$0,8V_1 = 120.142,79$		$0,85V_1 = 316.977,87$	

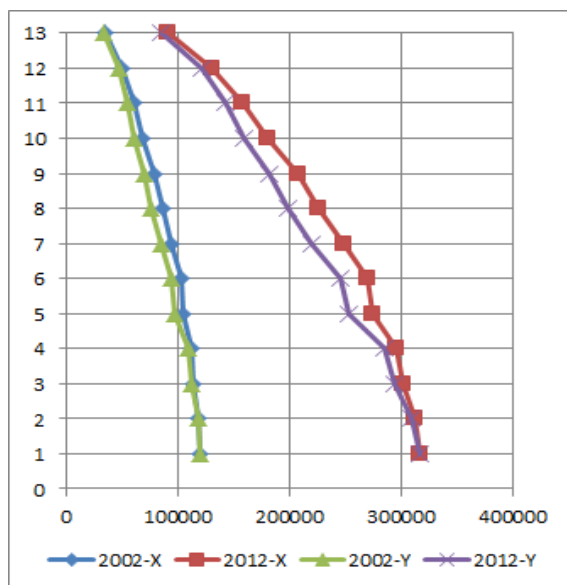
Dari hasil tersebut untuk kesemua arah gaya geser dasar yang dihasilkan dari analisis dinamis masih lebih kecil dari $0,8V_1$ (untuk SNI 2002) dan lebih kecil dari $0,85V_1$ (untuk SNI 2012). Oleh karena itu gaya geser dasar hasil analisis dinamis harus diskalakan menggunakan suatu faktor skala (FS). Untuk SNI 03-1726-2002 besarnya FS dalam arah x adalah sebesar $120.142,79/97.688,41 = 1,23$, dan dalam arah y sebesar $120.142,79/91.335,28 = 1,32$. Sedangkan untuk SNI 03-1726-2012 besarnya FS dalam arah x adalah $316.977,87/202.260,3 =$

1,57, dan dalam arah y adalah sebesar $316.977,87/189.632,4 = 1,67$.

Selanjutnya analisis dinamis diulang kembali dengan memperhitungkan faktor skala tersebut. Nilai gaya geser tingkat hasil dari analisis dinamik yang telah dikalikan dengan faktor skala ditampilkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Gaya Geser Tingkat Dinamis Terskala

Story	SNI 2002		SNI 2012	
	V_x	V_y	V_x	V_y
+27.70	34958,71	32702,01	91505,13	85187,35
+24.20	50221,33	46539,11	130557,9	120692,2
+21.00	60871,89	54995,05	158487,3	142730,7
+17.50	68986,3	61168,8	181054,4	159554,7
+14.00	78586,07	69503,43	207623	182104,7
+09.50	85935,22	75782,69	226663,8	198257,8
+04.75	94703,05	84536,1	249141,8	220766,1
+00.00	102705,7	94029,09	270347,1	245820,1
-01.50	104147,4	96613,99	274215,8	252680,6
-03.20	112433,7	108705,3	296566,2	284938,6
-04.65	114375,1	111993,5	301827,3	293721,9
-06.10	118385,4	118151,9	312735,4	310220,7
-07.60	120154,9	120560,7	317548,6	316686



Gambar 5. Gaya geser tingkat untuk desain

Simpangan Antar Lantai

Gaya gempa rencana akan menghasilkan simpangan struktur dalam arah lateral. Dalam

proses perencanaan struktur, maka simpangan lateral antar lantai tingkat (*story drift*) harus selalu diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur, mencegah kerusakan elemen-elemen non struktural, serta untuk menjamin kenyamanan pengguna bangunan

Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2002

Kontrol simpangan antar lantai berdasarkan SNI 03-1726-2002 ditentukan berdasarkan kriteria Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimit. Untuk memenuhi syarat kinerja batas layan, maka simpangan antar tingkat tidak boleh melampaui $0,03/R$ kali tinggi tingkat atau 30 mm. Sedangkan untuk memenuhi kriteria Kinerja Batas Ultimit, maka hasil kali antara simpangan antar lantai dengan faktor $0,7R/FS$ tidak boleh lebih besar daripada 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

Simpangan Antar Lantai SNI 03-1726-2012

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus dihitung sesuai persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (5)$$

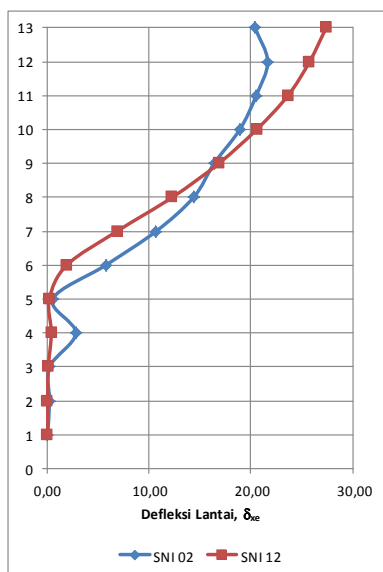
Nilai C_d diambil sebesar 5,5, dan faktor keutamaan, I_e diambil sama dengan 1,0. Simpangan antar lantai yang diijinkan adalah $\Delta_a = 0,020h_{sx}$. Untuk Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus KDS = D, maka nilai Δ_a harus dibagi dengan $\rho = 1,3$.

Tabel 7. Pemeriksaan Terhadap Syarat Simpangan Antar Lantai Dalam Arah X

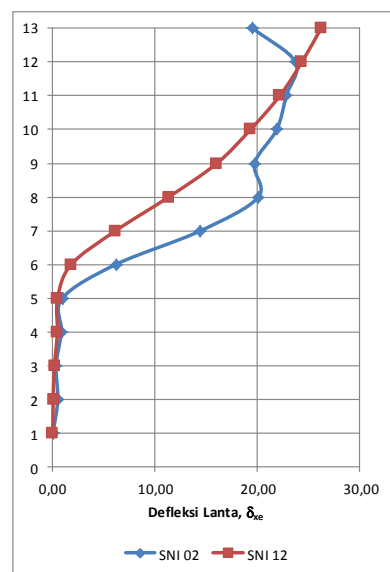
Story	SNI 02					SNI 12				
	h_i	δ_{xe}	Drift	0,03* h_i/R ; 30 mm		δ_{xe}	δ_x	Drift	$\Delta_e/1,3$	Drift < $\Delta/1,3$
+27.70	3,50	20,41	1,24	12,4	OK	27,41	150,74	8,99	53,85	OK
+24.20	3,20	21,65	1,12	11,3	OK	25,77	141,74	11,66	49,23	OK
+21.00	3,50	20,52	1,60	12,4	OK	23,65	130,09	16,92	53,85	OK
+17.50	3,50	18,92	2,52	12,4	OK	20,58	113,17	20,47	53,85	OK
+14.00	4,50	16,40	2,02	15,9	OK	16,85	92,70	25,12	69,23	OK
+09.50	4,75	14,38	3,67	16,8	OK	12,29	67,58	29,85	73,08	OK
+04.75	4,75	10,70	4,95	16,8	OK	6,86	37,73	27,19	73,08	OK
+00.00	1,50	5,75	5,21	5,3	OK	1,92	10,55	9,47	23,08	OK
-01.50	1,70	0,54	2,26	6,0	OK	0,20	1,08	-1,10	26,15	OK
-03.20	1,45	2,80	2,57	5,1	OK	0,40	2,17	1,61	22,31	OK
-04.65	1,45	0,22	0,00	5,1	OK	0,10	0,56	0,46	22,31	OK
-06.10	1,50	0,22	0,18	5,3	OK	0,02	0,10	0,00	23,08	OK
-07.60	1,40	0,04	0,04	4,9	OK	0,02	0,10	0,10	21,54	OK

Tabel 8. Pemeriksaan Terhadap Syarat Simpangan Antar Lantai Dalam Arah Y

Story	SNI 02					SNI 12				
	h_i	δ_{ye}	Drift	0,03* h_i/R ; 30 mm		δ_{ye}	δ_y	Drift	$\Delta_e/1,3$	Drift < $\Delta/1,3$
+27.70	3,50	19,60	4,17	12,4	OK	26,28	144,52	10,33	53,85	OK
+24.20	3,20	23,77	0,90	11,3	OK	24,40	134,20	11,89	49,23	OK
+21.00	3,50	22,87	0,93	12,4	OK	22,24	122,31	15,75	53,85	OK
+17.50	3,50	21,94	2,16	12,4	OK	19,37	106,55	18,02	53,85	OK
+14.00	4,50	19,78	0,36	15,9	OK	16,10	88,53	25,95	69,23	OK
+09.50	4,75	20,14	5,64	16,8	OK	11,38	62,58	28,56	73,08	OK
+04.75	4,75	14,50	8,30	16,8	OK	6,19	34,03	23,92	73,08	OK
+00.00	1,50	6,20	5,24	5,3	OK	1,84	10,10	7,38	23,08	OK
-01.50	1,70	0,96	0,09	6,0	OK	0,50	2,73	0,09	26,15	OK
-03.20	1,45	0,87	0,52	5,1	OK	0,48	2,63	1,51	22,31	OK
-04.65	1,45	0,35	0,17	5,1	OK	0,20	1,12	0,76	22,31	OK
-06.10	1,50	0,52	0,46	5,3	OK	0,06	0,36	0,14	23,08	OK
-07.60	1,40	0,05	0,05	4,9	OK	0,04	0,21	0,21	21,54	OK



Gambar 6. Simpangan lantai arah X



Gambar 7. Simpangan lantai arah Y

Hasil pemeriksaan terhadap syarat simpangan antar lantai menunjukkan bahwa untuk kedua peraturan tersebut, semua syarat simpangan antar lantai dapat terpenuhi dengan baik.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis ulang terhadap struktur bangunan Grand Edge Hotel dan Mall, ditinjau dari pengaruh perubahan beban gempa desain (perubahan dari SNI 03-1726-2002 ke SNI 03-1726-2012), maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara statik ekuivalen, gaya geser dasar seismik mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu sebesar 150.178,49 kgf (SNI 2002) menjadi 372.915,14 kgf (SNI 2012), yang naik hampir 2,5 kali lipatnya
2. Dari hasil analisis dinamis dengan metode analisis ragam spektrum respon, gaya geser dasar seismik yang dihasilkan juga mengalami perubahan yang cukup besar. Untuk kedua arah (X dan Y) gaya geser dasar seismik analisis dinamis meningkat sebesar 107%
3. Karena gaya geser dasar seismik hasil analisis dinamis masih kurang dari $0,8V_1$ (untuk SNI 2002), dan juga masih kurang dari $0,85V_1$ (untuk SNI 2012), maka analisis dinamis diulang kembali dengan memperbesarnya menggunakan faktor skala.
4. Hasil pemeriksaan terhadap simpangan antar lantai, baik sesuai peraturan SNI 2002 maupun SNI 2012, struktur gedung Grand Edge Hotel dan Mall masih menunjukkan tingkat kinerja yang aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfiandi, Y. dan Satyarno I (2013). *Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar di Indonesia dalam SNI Gempa 2012 dan SIN Gempa 2002*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Computer and Structures, Inc. (2003). *ETABS Integrated Building Design Software – Tutorial*. California: Berkeley
- HAKI (Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia). (2008). *Shortcourse HAKI 2008 :Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: HAKI (Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia).
- HAKI (Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia). (2011). *Shortcourse HAKI 2011 : Perancangan Struktur Tahan Gempa*. Jakarta: HAKI (Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia)
- SNI-03-1726-2012. (2012). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- SNI-03-1726-2002. (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Sutjipto, S. (2011). *Dampak Persyaratan Geser Dasar Seismik Minimum pada RSNI-03-1726-201X terhadap Gedung Tinggi Terbangun*. Jakarta.
- Suyono, N. (2007). *Rangkuman Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983*.

