

ANALISA KINERJA GAYA DALAM PADA STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DENGAN SNI 03-1726-2012 MENGGUNAKAN BANTUAN ETABS V 9.7.2

Robby Rizky P.P.¹⁾, Dr. Ir. H. Habir²⁾, Wahyu Mahendra T.A. ST, MT.³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

^{2), 3)} Dosen Pembimbing Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Jln Ir H. Juanda No. 80, Samarinda 75123

e-mail : robbyrizkypp12@gmail.com

INTISARI

Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah jalur gempa pasifik (*Circum Pasific Earthquake Belt*) dan jalur gempa asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*) sehingga sangat berpotensi mengalami gempa. Gempa bumi adalah getaran atau gerakan gelombang pada kulit bumi akibat dari pergeseran tiba-tiba dari lapisan tanah di bawah permukaan bumi (lempeng bumi). Ada 2 pendekatan yang digunakan untuk memperhitungkan beban lateral (gempa bumi) yang bekerja pada struktur, yaitu secara statik ekuivalen dan analisis dinamik (*respon spectrum* atau *time history*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja gaya dalam pada struktur gedung bertingkat yang ditinjau berdasarkan *drift*, *displacement* dan *base shear*. Metode yang digunakan adalah analisis dinamik response spektrum dengan menggunakan bantuan ETABS V 9.7.2. Sistem struktur yang direncanakan menggunakan sistem ganda yaitu dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Dinding Geser.

Nilai drift terbesar arah x adalah 10,75 mm dan yang terkecil adalah 0,12 mm. Sedangkan nilai drift terbesar arah y adalah 7,06 mm dan yang terkecil adalah 0,07 mm. Untuk nilai displacement terbesar arah x adalah 2,49 mm, dan nilai displacement terbesar arah y adalah 1,18 mm. Selanjutnya nilai base shear arah x dan arah y masing-masing sebesar 3323,911 kN dan 3873,630 kN. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil analisis respon spectrum pada arah X dan Y menghasilkan Vdinamik lebih besar 0,85 Vstatik, gempa rencana memenuhi ketentuan yang berlaku sesuai peraturan SNI 03-1726-2012.

Kata kunci : *Response spectrum*, *drift*, *displacement*, *base shear*

ABSTRACT

Indonesia is a country that is in the path of the Pacific earthquake (Circum Pacific Earthquake Belt) and the Asian earthquake (Trans Asiatic Earthquake Belt) so that the potential of experiencing an earthquake. An earthquake is a vibration or wave motion on the skin of the Earth resulting from the sudden shifting of soil layers under the surface of the Earth (earth plate). There are 2 approaches are used to account for lateral loads (earthquakes) are working on the structure, i.e. in a static analysis and dynamic equivalent (response spectrum or time history).

This research aims to know the performance style in a multi-storey building structure is reviewed based on drift, displacement and base shear. The method used is the dynamic response spectrum analysis using ETABS help V 9.7.2. The planned structure of the system using a dual system with a system of Order Bearers moment of Shear Wall and Medium.

The value of the largest *drift* direction x is 10.75 mm and the smallest is 0.12 mm. While the value of the largest *drift* direction y is 7.06 mm and the smallest is 0.07 mm. Largest *displacement* values For the x direction is 2.49 mm and the value of the largest *displacement* direction y is 1.18 mm. Next value of *base shear* direction x and direction y each of 3323.911 kN and kN 3873.630. Then it can be concluded that the results of the analysis of *response spectrum* on the X and Y direction menghasilkan Vdinamik larger Vstatik 0,85, earthquake plan comply with applicable rules SNI 03-1726-2012.

Key words: *Response spectrum*, *drift*, *displacement*, *base shear*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah jalur gempa pasifik (*Circum Pasific Earthquake Belt*) dan jalur gempa asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*) sehingga sangat berpotensi mengalami gempa. Gempa bumi adalah getaran atau gerakan gelombang pada kulit bumi akibat dari pergeseran tiba-tiba dari lapisan tanah di bawah permukaan bumi (lempeng bumi). Gempa dahsyat yang pernah terjadi di Indonesia yang telah menimbulkan korban manusia dan harta benda antara lain :

- Gempa/ Tsunami Aceh 26 Desember 2004 berkekuatan 9 Skala Richter
- Gempa Nias 28 maret 2005 berkekuatan 8,7 Skala Richter
- Gempa Yogyakarta 26 mei 2006 berkekuatan 5,9 Skala Richter
- Gempa Padang tahun 2009 berkekuatan 7,6 Skala Richter
- Gempa Mentawai tahun 2010 berkekuatan 7,2 Skala Richter

Dengan adanya kejadian gempa di Indonesia yang mengakibatkan kerugian sangat besar bagi bangunan, maka diperlukan pengembangan analisis gempa terhadap struktur. Ada 2 pendekatan yang digunakan untuk memperhitungkan beban lateral (gempa bumi) yang bekerja pada struktur, yaitu secara statik ekuivalen dan analisis dinamik (*respon spectrum* atau *time history*). Analisis dinamik sangat cocok digunakan untuk struktur bangunan yang tidak beraturan, bertingkat banyak terhadap pengaruh gempa. Dalam hal ini, khususnya bangunan gedung bertingkat di Samarinda, Kaltim termasuk wilayah gempa 1 yang mempunyai potensi rendah untuk mengalami gempa. Dengan demikian melakukan re-evaluasi kinerja seismik terhadap struktur bangunan, merupakan hal yang cukup penting sebagai bagian langkah konkret dalam penanggulangan dampak dari bencana gempa.

Dalam penelitian ini menggunakan analisis dinamik dengan metode analisis respon spektrum. Respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode struktur T, lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Dalam analisis respon spektrum hanya dipakai untuk menentukan gaya geser tingkat nominal dinamik akibat pengaruh gempa rencana. Gaya-gaya internal dalam unsur struktur gedung didapat dari analisis 3 dimensi berdasarkan beban gempa statik ekuivalen.

Metode yang dipakai yaitu Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah suatu sistem rangka ruang dimana komponen-komponen strukturnya dapat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Permodelan struktur menggunakan aplikasi Etabs V.9.7.2.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengevaluasi kinerja struktur portal pada gedung bertingkat menggunakan analisis respon spektrum yang ditinjau berdasarkan *drift*, *displacement* dan *base shear* ?
2. Apakah Sistem Rangka Pemikul Momen yang bekerja pada struktur gedung bertingkat memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 ?

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada Evaluasi Kinerja Struktur Portal pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Respon Spektrum Menggunakan ETABS V 9.7.2 adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini memberi manfaat terhadap ilmu pengetahuan khususnya teknik sipil, mengembangkan pengetahuan mengenai penggunaan software ETABS V 9.7.2 khususnya dalam desain struktur beton portal 3 dimensi, dan memberikan pemahaman tentang analisis gempa dinamik.
2. Untuk mengetahui kinerja struktur portal pada gedung bertingkat dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) sesuai persyaratan yang telah ditentukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pembebanan pada struktur

Jenis pembebanan

Suatu konstruksi bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan. Adapun jenis pembebanannya antara lain :

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang. Sesuai SNI 1727;2013, yang termasuk beban mati adalah seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah. Menurut SNI 1727;2013 seperti terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.4. Beban Hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan Beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf(kN/m ²)	Terpusat psf(kN/m ²)
Apartemen (Lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang Kantor	50 (2,4)	2 000 (8,9)
Ruang Komputer	100 (4,79)	2 000 (8,9)
Gudang persenjataan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat lantai)	100 (4,79) ^a	
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) ^a	
Pengguna pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	100 (4,79) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
Lantai Pertama	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Lantai lain		

Sumber : SNI 1727;2013

3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

Tabel 2.5. Faktor Arah Angin, K_d^* .

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung	
Sistem penahan beban angin utama	0,85
Komponen dan kladding bangunan gedung	0,85
Atap lengkung	0,85
Cerobong asap, tangki, dan struktur yg sama	
Segi Empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85 0,85

Tabel 2.5. Lanjutan

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber : Faktor arah angin pasal 2.3 dan pasal 2.4.

4. Beban Gempa

Beban Gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui percepatan yang terjadi pada batuan dasar. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, wilayah indonesia dapat dibagi ke dalam 6 wilayah zona gempa.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013 yaitu:

Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu U harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor sebagai berikut :

Tabel 2.6. Kombinasi Pembebanan

No.	Kombinasi Pembebanan
1.	$U = 1,4 D$
2.	$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
3.	$U = 1,2 D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$
4.	$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
5.	$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$
6.	$U = 0,9 D + 1,0 W$
7.	$U = 0,9 D + 1,0 E$

Sumber : SK SNI – 03 – 2847 – 2013

Untuk beban hidup (L), Beban Angin (W), Beban Gempa (E) diambil dari peraturan muatan Indonesia, yang nilainya bebannya disesuaikan dengan guna dari ruangan atau lantai dalam bangunan. Untuk beban mati (D) nilai pembebanan diambil dari persamaan – persamaan pada posisi beban terpusat atau beban titik (P) dan posisi terbagi rata (q) untuk semua komponen struktur.

Kuat Rencana

Kuat rencana suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan perilaku lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi dari SNI 03-2847-2013, dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ).

Pengertian Umum Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan getaran yang terjadi pada permukaan tanah yang dapat disebabkan oleh aktivitas tektonik, vulkanisme, longsoran termasuk batu, bahan peledak. Dari semua penyebab tersebut di atas, guncangan yang disebabkan oleh peristiwa tektonik merupakan penyebab utama kerusakan struktur dan perhatian utama dalam kajian tentang bahaya gempa. (Chen dan Lui, 2006)

Gempa bumi yang paling banyak terjadi di Indonesia adalah gempa bumi tektonik, yang merupakan jenis gempa yang menimbulkan kerusakan paling luas.

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

1. Immediate Occupancy (IO)

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

2. Life Safety (LS)

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

3. Collapse Prevention (CP)

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

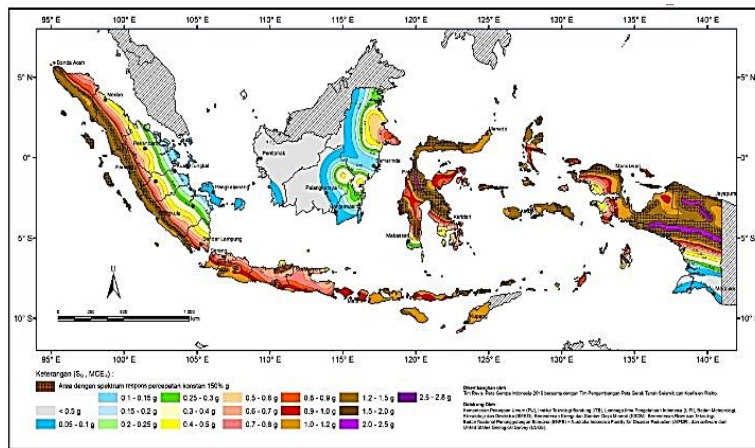
Wilayah Gempa Bumi di Indonesia

Untuk wilayah gempa bumi yang terdapat di Indonesia dapat dilihat pada SNI1726-2012.

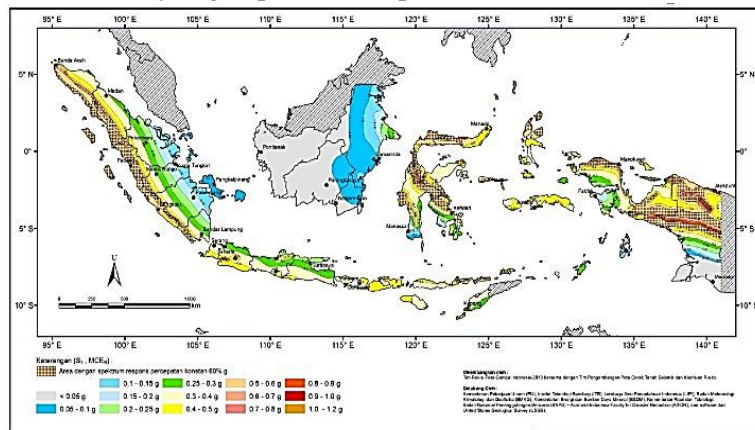
Pada SNI1726-2012, peta wilayah gempa ditetapkan berdasarkan parameter percepatan gempa batuan dasar, yang terdiri dari dua buah yaitu :

- S_s (Percepatan batuan dasar periode pendek 0.2 detik)
- S_1 (Percepatan batuan dasar periode 1.0 detik)

Peta wilayah dapat dilihat pada gambar 2.5 dan gambar 2.6 sebagai berikut :



Gambar 2.3 Peta wilayah gempa menurut peraturan SNI 1726-2012 berdasarkan parameter S_s



Gambar 2.4. Peta wilayah gempa menurut peraturan SNI 1726-2012 berdasarkan parameter S_1

Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Perencanaan bangunan tahan gempa secara konvensional adalah berdasarkan konsep bagaimana meningkatkan kapasitas tahanan struktur terhadap gaya gempa yang mengikuti ketentuan berikut ini :

- a) Pada gempa kecil bangunan tidak boleh mengalami kerusakan.
- b) Pada gempa menengah komponen struktural tidak boleh rusak, namun komponen non-struktural diijinkan mengalami kerusakan.
- c) Pada gempa kuat komponen struktural boleh mengalami kerusakan, namun bangunan tidak boleh mengalami keruntuhan.

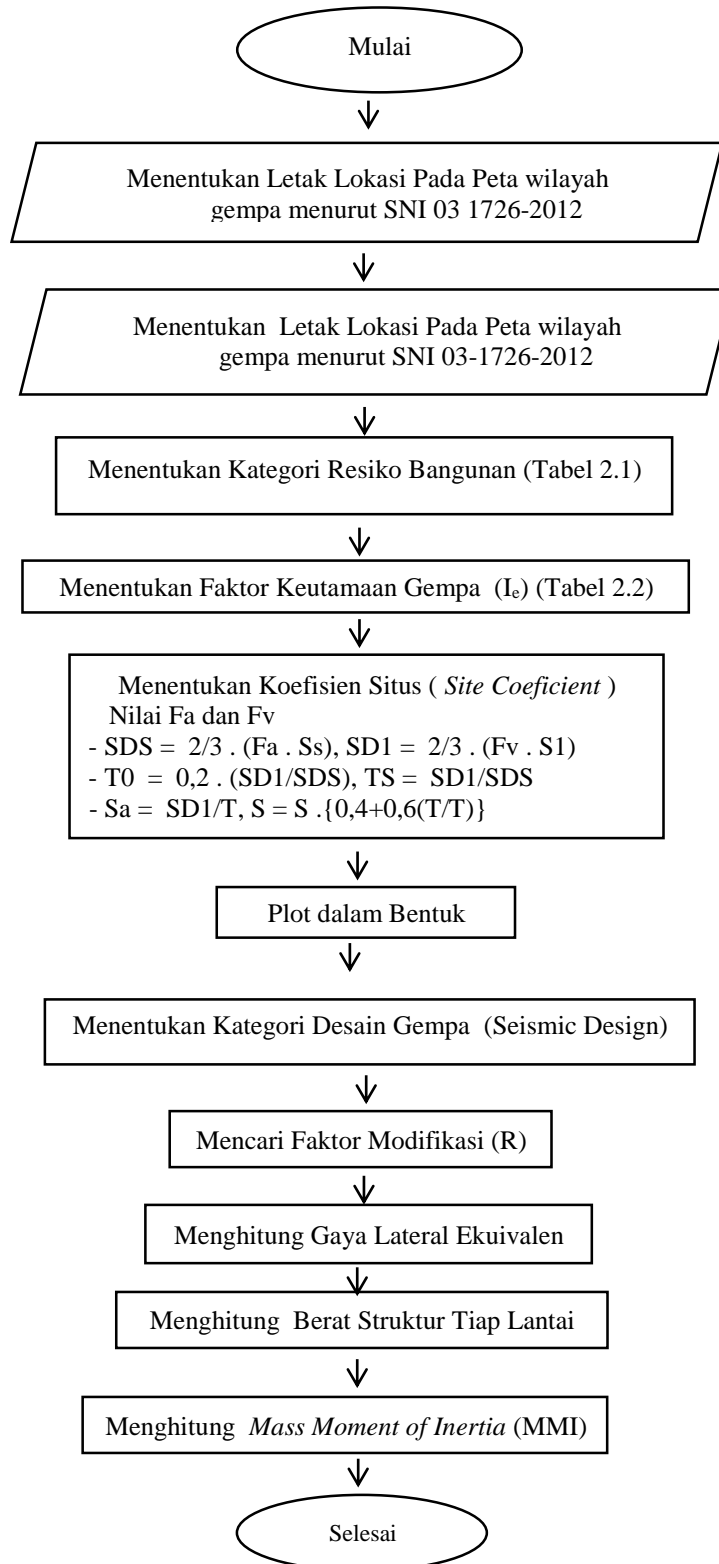
METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi dalam penelitian ini adalah pada Gedung Mesra Business & Resort Hotel yang berlokasi di Jl. Pahlawan No. 1, Samarinda, Indonesia, 75123.

Desain Penelitian

Diagram Alir Analisis Respon Spektrum



PEMBAHASAN

**Analisa Gempa Statik Ekuivalen
Koefisien Respon Seismik**

$$cs = \frac{sds}{R/Ie}$$

$$= \frac{0,134}{5/1} = 0,0268$$

nilai cs tidak perlu lebih dari

$$cs = \frac{sd1}{T(R/Ie)}$$

$$= \frac{0,141}{1,2162 \cdot 5/1} = 0,023$$

nilai cs tidak kurang dari

$$cs = 0,044 \times sds \times Ie > 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,134 \times 1 > 0,01$$

$$= 0,0059 \geq 0,01$$

maka $csx = 0,023$

nilai cs tidak perlu lebih dari

$$cs = \frac{sd1}{T(R/Ie)}$$

$$= \frac{0,141}{1,0436 \cdot 5/1} = 0,02702$$

nilai cs tidak kurang dari

$$cs = 0,044 \times sds \times Ie > 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,134 \times 1 > 0,01$$

$$= 0,0059 \geq 0,01$$

maka $csy = 0,02702$

Gaya Geser Dasar Seismik

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.1, gaya gempa lateral didapat dengan mengalikan dengan berat bangunan dengan koefisien respon seismik

$$V = Cs \times W$$

- Arah x = $0,02319 \times 143355,50$
= 3323.911 kN
- Arah y = $0,02702 \times 143355,50$
= 3873.630 kN

Distribusi Beban Vertikal Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.3, distribusi vertikal beban gempa ditentukan dengan menghitung gaya gempa pada tiap lantai, F_i , dengan Persamaan (6-9). Selanjutnya nilai F_i dikalikan dengan faktor distribusi vertikal C_{vx} sesuai Persamaan (6-10) untuk mendapatkan nilai V_i . Rangkuman hasil perhitungannya seperti berikut:

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w \times h^k}{\sum w \times h^k}$$

C_v = faktor distribusi beban gempa

W_i & W_x = bagian dari berat total seismik efektif struktur (W) yang ditempatkan pada tingkat I atau x

h = tinggi dasar ke tingkat I atau x

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur

untuk struktur dengan periode $\leq 0,5$ s , $k = 1$, untuk struktur dengan periode $\geq 2,5$ s , $k = 2$, untuk struktur dengan periode antara 0,5 s sampai 2,5 $k = 2$

- Untuk $T_{ex} = 1,0436$ maka nilai $k = 0,5 \times T + 0,75 = 1.2718$
 - Untuk $T_{cy} = 0,7393$ maka nilai $k = 0,5 \times T + 0,75 = 1.1196$
- maka besarnya distribusi beban geser akibat gempa dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4.26 Gaya gempa ($f_i x$) pada tiap lantai

lantai	h	h^k	w_i	$w_i \times h^k$	cv	$f_i x$
atap	37.5	100.432487	10489.782	1053514.891	0.169	561.475
8	33.5	87.0106822	12184.136	1060149.942	0.170	565.012
7	29.5	74.0183641	14839.136	1098368.535	0.176	585.380
6	25.5	61.4974049	15192.982	934328.935	0.150	497.955
5	21.5	49.5009144	14934.136	739253.363	0.119	393.988
4	17.5	38.0989118	14724.136	560973.540	0.090	298.973
3	13.5	27.3888468	14864.136	407111.530	0.065	216.972
2	9.5	17.5179015	14954.136	261965.073	0.042	139.615
1	5.5	8.74184825	13852.842	121099.438	0.019	64.540
Base	1.5	1.67477026	14954.136	25044.741	0.004	13.348
total		464.207361	126035.418	6236765.246	1	3323.911

Sumber : Perhitungan 2017

Tabel 4.27 Gaya gempa ($f_i y$) pada tiap lantai

lantai	h	h^k	w_i	$w_i \times h^k$	cv	$f_i y$
atap	37.5	57.8598746	10489.782	606937.471	0.158	613.018
8	33.5	50.9952096	12184.136	621332.544	0.162	627.557
7	29.5	44.2281439	14839.136	656307.420	0.171	662.882
6	25.5	37.5703005	15192.982	570804.880	0.149	576.523
5	21.5	31.0367364	14934.136	463506.827	0.121	468.150
4	17.5	24.6477975	14724.136	362917.510	0.095	366.553
3	13.5	18.4326515	14864.136	273985.429	0.071	276.730
2	9.5	12.4370261	14954.136	185984.973	0.048	187.848
1	5.5	6.74455621	13852.842	93431.268	0.024	94.367
Base	1.5	1.57457037	14954.136	23546.339	0.006	23.782
total		283.952296	126035.418	3835208.322	1	3873.630

Sumber : Perhitungan 2017

Beban gempa untuk masing- masing arah harus dianggap penuh (100%) untuk arah yang ditinjau dan 30% untuk arah tegak lurusnya. Beban arah yang tidak terduga, misalnya dari arah $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$, dll. Beban gempa yang diinput ke pusat massa tersebut ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 4.28 Gaya Gempa 100% dan 30%

lantai	Distribusi gempa tiap lantai			
	F_x (kN)	30% F_x (kN)	F_y (kN)	30% F_y (kN)
atap	561.475	168.442599	613.018	183.905
8	565.012	169.503453	627.557	188.267
7	585.380	175.614082	662.882	198.865
6	497.955	149.386398	576.523	172.957
5	393.988	118.196486	468.150	140.445
4	298.973	89.6919844	366.553	109.966
3	216.972	65.0915567	276.730	83.019
2	139.615	41.8846266	187.848	56.354
1	64.540	19.3621413	94.367	28.310
Base	13.348	4.00431107	23.782	7.135

Sumber : Perhitungan 2017

Eksentrisitas dan Torsi

Torsi berdasarkan SNI 1726:2012 terdiri dari torsi bawaan dan torsi tak terduga. Eksentrisitas dari torsi bawaan dapat dilihat melalui ETABS. Berikut merupakan data eksentrisitas dari torsi bawaan yang didapat melalui software ETABS Untuk masing-masing arah baik searah sumbu-x dan searah sumbu-y. Dari program bantu analisis didapat nilai pusat massa (XCM),serta pusat kekakuan (XCR dan YCR) yang diperlihatkan pada Tabel 6.24. Dari nilai-nilai ini dapat diketahui besarnya eksentrisitas pusat massa dan pusat kekakuan (ex, dan ey).

Tabel 4.29 Data Eksentrisitas Torsi dari ETABS

lantai	pusat massa		pusat rotasi		eksentrisitas	
	x cm	y cm	x cr	y cr	x m	y m
basement	35.34	12.34	35.435	13.562	-0.092	-1.227
1	35.19	12.35	36.065	15.176	-0.877	-2.829
2	35.26	12.35	37.141	14.97	-1.88	-2.617
3	35.26	12.35	37.84	14.507	-2.579	-2.154
4	35.26	12.35	38.181	14.07	-2.92	-1.717
5	35.26	12.35	38.297	13.696	-3.036	-1.343
6	35.26	12.35	38.303	13.384	-3.042	-1.031
7	35.26	12.35	38.297	13.129	-3.036	-0.776
8	35.78	12.49	38.314	12.919	-2.536	-0.426
atap	36.77	13.26	42.179	13.371	-5.408	-0.111

Sumber : Perhitungan 2017

Eksentrisitas dari torsi tak terduga adalah eksentrisitas tambahan sebesar 5% dari dimensi arah tegak lurus panjang bentang struktur bangunan dimana gaya gempa bekerja. Data mengenai eksentrisitas tak terduga dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 4.30 Data Eksentrisitas Torsi Tak Terduga

lantai	panjang bentang total		0.05Lx (m)	0.05Ly (m)
	Lx	Ly		
Basement	67.18	24	3.359	1.200
1	67.18	24	3.359	1.200
2	67.18	24	3.359	1.200
3	67.18	24	3.359	1.200
4	67.18	24	3.359	1.200
5	67.18	24	3.359	1.200
6	67.18	24	3.359	1.200
7	67.18	24	3.359	1.200
8	67.18	24	3.359	1.200
atap	67.18	24	3.359	1.200

Sumber : Perhitungan 2017

Eksentrisitas torsi tak terduga harus dikalikan dengan faktor pembesaran momen torsi tak terduga (A) ditentukan dari persamaan berikut ini.

$$A = \left(\frac{\delta_{max}}{1.2 \delta_{avg}} \right)^2$$

Untuk mengetahui faktor amplifikasi (Ax), dicari nilai δ_{max} , δ_{min} , δ_{avg} , dengan besar nilai δ_{avg} adalah:

$$\delta_{avg} = \frac{\delta_{max}}{2} \quad \text{dan} \quad \frac{\delta_{min}}{2}$$

Nilai-nilai max, min, Avg diambil dari kombinasi pembebanan terbesar atau kombinasi envelope. Nilai dari max,min,avg dan Ax untuk pembebanan gempa arah x / sumbu-x dominan didapat dari software ETABS terdapat dalam Tabel berikut ini.

Tabel 4.31 Nilai δ_{max} , δ_{min} , δ_{Avg} untuk gempa arah x dominan

lantai	δ_{max}	δ_{min}	δ_{avg}	$1.2 \delta_{avg}$	Ax	kontrol
Basement	0.140	0.140	0.140	0.168	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	1.325	1.317	1.321	1.585	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	2.926	2.915	2.920	3.504	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	4.657	4.649	4.653	5.584	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	6.362	6.359	6.361	7.633	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	7.941	7.923	7.932	9.518	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	9.313	9.274	9.293	11.152	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	10.436	10.372	10.404	12.485	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	11.299	11.205	11.252	13.503	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
atap	12.159	12.026	12.092	14.511	0.70	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Sumber : Perhitungan 2017

Tabel 4.32 Nilai δ_{max} , δ_{min} , δ_{Avg} untuk gempa arah y dominan

lantai	δ_{max}	δ_{min}	δ_{avg}	$1.2 \delta_{avg}$	Ay	kontrol
Basement	0.0938	0.0759	0.085	0.102	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	0.6703	0.5954	0.633	0.759	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	1.4717	1.3559	1.414	1.697	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	2.4105	2.2576	2.334	2.801	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	3.4174	3.2217	3.320	3.983	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	4.4359	4.1866	4.311	5.174	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	5.4214	5.1079	5.265	6.318	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	6.3431	5.4214	5.882	7.059	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	7.1753	6.3224	6.749	8.099	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
atap	7.9932	7.4075	7.700	9.240	0.85	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Sumber : Perhitungan 2017

Tipe dari ketidakberaturan torsi yang ditentukan berdasarkan defleksi maksimum (δ_{max}) dan defleksi rata-rata (δ_{avg}):

- $\delta_{max} < \delta_{avg}$ = tanpa ketidakberaturan torsi
- $1,2\delta_{max} < \delta_{max} < 1,4 \delta_{avg}$ = tanpa ketidakberaturan torsi 1
- $\delta_{max} > 1,4 \delta_{avg}$ = ketidakberaturan torsi

Dilihat dari tabel diatas sumbu x termasuk kedalam $\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$ = Tanpa ketidakberaturan torsi sehingga ($A_x < 1$)

Sedangkan untuk sumbu y termasuk kedalam $\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$ = Tanpa ketidakberaturan torsi sehingga ($A_y < 1$)

Untuk eksentrisitas desain berikut ini yang menghasilkan pengaruh paling besar.

- edx = e0x + (0,05 Lx) (Ax)
- edx = e0x - (0,05 Lx) (Ax)
- edx = e0y + (0,05 Lx) (Ay)
- edx = e0y - (0,05 Lx) (Ay)

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan untuk penentuan eksentrisitas desain pada arah sumbu x (edx) dalam bentuk tabel adalah sebagai berikut :

Tabel 4.33 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas Desain pada arah sumbu x (edx)

lantai	eksentrisitas	0,05Lx	Ax	edx	edx
	X (m)				
Basement	-0.092	3.559	0.70	2.39	2.57
1	-0.877	3.559	0.70	1.60	3.36
2	-1.88	3.559	0.70	0.60	4.36
3	-2.579	3.559	0.70	-0.10	5.06
4	-2.92	3.559	0.70	-0.44	5.40
5	-3.036	3.559	0.70	-0.56	5.51
6	-3.042	3.559	0.70	-0.56	5.52
7	-3.036	3.559	0.70	-0.56	5.51
8	-2.536	3.559	0.70	-0.06	5.01
atap	-5.408	3.559	0.70	-2.93	7.89

Sumber : Perhitungan 2017

Tabel 4.34 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas Desain pada arah sumbu y (edy)

lantai	eksentrisitas	0,05Ly	Ay	edy	edy
	Y (m)				
Basement	-1.227	1.200	0.85	-0.21	2.25
1	-2.829	1.200	0.85	-1.81	3.85
2	-2.617	1.200	0.85	-1.60	3.64
3	-2.154	1.200	0.85	-1.14	3.17
4	-1.717	1.200	0.85	-0.70	2.74
5	-1.343	1.200	0.85	-0.32	2.36
6	-1.031	1.200	0.85	-0.01	2.05
7	-0.776	1.200	0.85	0.24	1.79
8	-0.426	1.200	0.85	0.59	1.44
atap	-0.111	1.200	0.85	0.91	1.13

Sumber : Perhitungan 2017

Tabel 4.35 Koordinat pusat massa

Lantai	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas berpengaruh		Koordinat pusat massa	
	X cm	Y cm	X cr	Y cr	X (m)	Y(m)	X (m)	Y(m)
Basement	35.34	12.34	35.44	13.56	2.57	2.25	32.77	10.09
1	35.19	12.35	36.07	15.18	3.36	3.85	31.83	8.50
2	35.26	12.35	37.14	14.97	4.36	3.64	30.90	8.72
3	35.26	12.35	37.84	14.51	5.06	3.17	30.20	9.18
4	35.26	12.35	38.18	14.07	5.40	2.74	29.86	9.62
5	35.26	12.35	38.3	13.70	5.51	2.36	29.75	9.99
6	35.26	12.35	38.3	13.38	5.52	2.05	29.74	10.30
7	35.26	12.35	38.3	13.13	5.51	1.79	29.75	10.56
8	35.78	12.49	38.31	12.92	5.01	1.44	30.76	11.05
atap	36.77	13.26	42.18	13.37	7.89	1.13	28.88	12.13

Sumber : Perhitungan 2017

Kontrol Simpangan Antar lantai

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan

$$\Delta_i < \Delta_a$$

$$\Delta_i = \text{simpangan yang terjadi}$$

$$\Delta_a = \text{simpangan ijin antar lantai}$$

$$\Delta_i = \frac{C_d \times \delta_{ei}}{I}$$

$$\Delta_2 = \delta_{e1} - \delta_{e2} \times \frac{C_d}{I}$$

Dimana :

- δ_{e1} = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1
- δ_{e2} = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2
- C_d = faktor pembesaran defleksi
- I = faktor keutamaan gedung
- $C_d = 5$ sistem rangka beton bertulang momen menengah
- $I = 1$

$$\Delta_2 = 0.020 \times h_{sx} = 0.020 \times 4000 = 80$$

h_{sx} = tinggi tingkat dibawah tingkat x

Dari analisa akibat beban lateral (beban gempa) dengan program ETABS diperoleh nilai simpangan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.43 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

lantai	elevasi	drift	perpindahan	story drift	Δ_2	kontrol
	m	mm	mm	mm	mm	
atap	37.5	10.75	0.82	4.1	80	Memenuhi
8	33.5	9.93	0.71	3.55	80	Memenuhi
7	29.5	9.22	0.97	4.85	80	Memenuhi
6	25.5	8.25	1.19	5.95	80	Memenuhi
5	21.5	7.06	1.39	6.95	80	Memenuhi
4	17.5	5.67	1.52	7.6	80	Memenuhi
3	13.5	4.15	1.54	7.7	80	Memenuhi
2	9.5	2.61	2.49	12.45	80	Memenuhi
1	5.5	1.18	1.06	5.3	80	Memenuhi
basement	1.5	0.12	0.12	0.6	80	Memenuhi

Sumber : Output ETABS 9.7.2 dan Perhitungan 2017

Tabel 4.44 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

lantai	elevasi	drift	perpindahan	story drift	Δ_2	kontrol
	m	mm	mm	mm	mm	
atap	37.5	7.06	0.6	3	80	Memenuhi
8	33.5	6.46	0.77	3.85	80	Memenuhi
7	29.5	5.69	0.84	4.2	80	Memenuhi
6	25.5	4.85	0.9	4.5	80	Memenuhi
5	21.5	3.95	0.94	4.7	80	Memenuhi
4	17.5	3.01	0.91	4.55	80	Memenuhi
3	13.5	2.1	0.85	4.25	80	Memenuhi
2	9.5	1.25	1.18	5.9	80	Memenuhi
1	5.5	0.55	0.48	2.4	80	Memenuhi
basement	1.5	0.07	0.07	0.35	80	Memenuhi

Sumber : Output ETABS 9.7.2 dan Perhitungan 2017

Dari hasil kontrol pada tabel di atas, maka analisis struktur telah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

Kontrol Sistem Ganda

Menurut SNI 1726:2012 bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan.

Maka harus memeriksa persentase antara base shears yang dihasilkan oleh SRPM dan shearwall dari masing-masing kombinasi pembebanan gempa. Caranya adalah dengan menjumlah reaksi perletakan SRPM dan reaksi perletakan shearwall untuk kombinasi pembebanan gempa, kemudian dibandingkan persentasenya. Persentasenya dihitung dan disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.45 Nilai Persentase Base Shear SRPM Dan Shearwall

Pembebanan	Reaksi Dalam Menahan Gempa (kN)				Persentase Dalam Menahan Gempa (%)			
	FX		FY		FX		FY	
	SRPM	SW	SRPM	SW	SRPM	SW	SRPM	SW
RSP X	3816.17	9727.28	1113	14763.5	28%	72%	7%	93%
RSP Y	1303.6	30148.12	3564.43	4535.14	4%	96%	44%	56%

Sumber : Hasil Perhitungan 2017

Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa persentase dari SRPM nilainya lebih besar dari 25% pada pembebanan RSPX dalam reaksi gempa sumbu FX, sehingga konfigurasi struktur gedung ini telah memenuhi syarat sebagai struktur *Dual System* menurut SNI 1726:2012.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai analisa kinerja gaya dalam pada struktur Gedung Mesra Business & Resort Hotel yang berlokasi di Jl. Pahlawan No. 1, Samarinda dengan menggunakan metode Respons Spektrum, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan analisa kinerja gaya dalam pada struktur gedung bertingkat dengan SNI 1726-2012 yang ditinjau berdasarkan drift, displacement dan base shear maka didapat nilai sebagai berikut :

a. Simpangan/ drift

Kontrol simpangan untuk semua lantai yang dianalisa kinerja gaya dalam telah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1 dengan syarat $\Delta_i < \Delta_a$ yaitu $\Delta_i < 80$ mm adalah sebagai berikut :

- Simpangan arah x terbesar = 10,75 mm di atap.
- Simpangan arah x terkecil = 0,12 mm di lantai basement.
- Simpangan arah y terbesar = 7,06 mm di atap.
- Simpangan arah y terkecil = 0,07 mm di lantai basement.

b. Perpindahan/ displacement

Nilai perpindahan merupakan selisih antar simpangan per lantai. Maka didapat nilai perpindahan gempa dinamis arah x dan arah y adalah sebagai berikut :

- Nilai perpindahan gempa dinamis arah x yaitu basement = 0,12 mm ; lantai 1 = 1,06 mm ; lantai 2 = 2,49 mm ; lantai 3 = 1,54 mm ; lantai 4 = 1,52 mm ; lantai 5 = 1,39 mm ; lantai 6 = 1,19 mm ; lantai 7 = 0,97 mm ; lantai 8 = 0,71 mm ; atap = 0,82 mm.

Maka perpindahan gempa dinamis arah x terbesar = 2,49 mm di lantai 2 dan gempa dinamis arah x terkecil = 0,12 mm di basement.

- Nilai perpindahan gempa dinamis arah y yaitu basement = 0,36 ; lantai 1 = 2,2 ; lantai 2 = 5,25 ; lantai 3 = 3,55 ; lantai 4 = 3,88 ; lantai 5 = 3,97 ; lantai 6 = 3,66 ; lantai 7 = 3,59 ; lantai 8 = 3,32 ; atap = 2,91.

Maka perpindahan gempa dinamis arah y terbesar = 5,25 mm di lantai 2 dan gempa dinamis arah x terkecil = 0,36 mm di basement.

- c. Gaya geser dasar/ base shear
Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.1, gaya gempa lateral didapat dengan mengalikan dengan berat bangunan dengan koefisien respon seismik didapat nilai sebagai berikut :
- Gaya geser dasar seismik arah x sebesar 3323,911 kN
 - Gaya geser dasar seismik arah y sebesar 3873,630 kN
2. Setelah ditinjau dari nilai persentase Base Shear SRPM (Sistem rangka pemikul momen) dan Shearwall pada Kontrol Sistem Ganda / Dual System didapat nilai sebagai berikut :
- a. Reaksi Dalam Menahan Gempa (kN) RSPX
 - F_x : SRPM = 3816.17 kN ; SW = 9727.28 kN
 - F_y : SRPM = 1113 kN ; SW = 14763.5 kN
 - b. Reaksi Dalam Menahan Gempa (kN) RSPY
 - F_x : SRPM = 1303.6 kN ; SW = 30148.12 kN
 - F_y : SRPM = 3564.43 kN ; SW = 4535.14 kN
 - c. Persentase Dalam Menahan Gempa (%) RSPX
 - F_x : SRPM = 28% ; SW = 72%
 - F_y : SRPM = 7% ; SW = 93%
 - d. Persentase Dalam Menahan Gempa (%) RSPY
 - F_x : SRPM = 4% ; SW = 96%
 - F_y : SRPM = 44% ; SW = 56%

Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa persentase dari SRPM nilainya lebih besar dari 25% pada reaksi dalam menahan gempa RSPX sumbu F_x , sehingga konfigurasi struktur gedung ini telah memenuhi syarat sebagai struktur Dual System menurut SNI 1726:2012.

Saran

1. Untuk menganalisa dimensi struktur primer yang efisien dan memenuhi syarat-syarat yang ditentukan, maka perlu dilakukan analisis secara bertahap dan berulang dengan menggunakan dimensi minimum yang ditentukan sampai memperoleh dimensi yang tepat. Dalam hal ini perlu dikontrol di antaranya kontrol periode getar struktur, partisipasi massa, $V_{dinamik} \geq 0,85 V_{statik}$, batas simpangan (drift), dan pembesaran momen torsi tak terduga.
2. Dalam menggunakan software ETABS v 9.7.2 harus berhati-hati di dalam menginput data-data strukturnya, karena hasil tetap keluar walaupun data yang diinput salah.

DAFTAR PUSTAKA

- W.F. Chen dan E.M. Lui, 2006 *Desain struktur Untuk Teknik Gempa* CRC Press Taylor & Francis Group.
- McCormac. Jack C, 2000 *Design of Reinforced Concrete* Bennett Books Ltd
- Asroni, Ali. (2010). *Kolom Pondasi & Balok T Beton Bertulang*, Edisi Pertama. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- SNI 03-1727-1989, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1726-2002, *Tata Cara Perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1726-2012, *Tata Cara Perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1727-2013, *Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2847-2013, *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Applied Technology Council, 1996 *Seismic Evaluation and Retrofit Of Concrete Buildings*, Report ATC-40.
- Riza, Muhammad Miftakhur. 2010 *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS*, Seri 1, ARS Group.