

KINERJA STRUKTUR GEDUNG TINGGI MENGUNAKAN STUDI PEMODELAN *FRAME WALL* (STUDI KASUS : GEDUNG MATARAM CITY)

Putri Sukma Aulia¹⁾, Edy Purwanto²⁾, Agus Setiya Budi³⁾

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 :putri.s.aulia@gmail.com

Abstract

Indonesia is a country that is prone to earthquakes because located at the junction of the earth's tectonic plates, namely the Eurasian tectonic plates, the Pacific, the Philippines, and Indo-Australian. The earthquake caused damage to the building structure, even it effects in fatalities. So, a safe and strong building is a must. One way to maintain the structure stability is by using Shear wall either full or half wall (Schodek, 1999). Frame wall is one kind of Shear wall. Frame wall placement must noted so it can work well. The purpose of this study is to discover frame wall placement at the most effective place based on serviceability limit and ultimate limit performance. The method that is used in this study is the dynamic response spectrum analysis by using ETABS. The maximum displacement of the building in the X direction is 0.1827m and in the Y direction is 0.13134m, so if it is viewed from the serviceability limit and the ultimate limit performance, it is categorized as a eligible building (safely) in accordance with SNI 3-1726-2002. SW 2 is the most effective shearwall placement based on serviceability limit and ultimate limit performance. The maximum total drift in the X direction is 0.00279 and the Y direction is 0.00201. The maximum total inelastic drift in the X direction is 0.00277 and the Y direction is 0.00200, so if it is viewed according to ATC – 40, it is included in the level immediate occupancy category.

Keyword :Frame wall, Response Spectrum.

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi gempa bumi karena berada diantara tiga lempengan tektonik, yaitu lempeng Eurasia, Pasifik, Filipina, dan Indo-Australia. Gempa bumi mengakibatkan rusaknya struktur bangunan, bahkan memakan korban jiwa. Karena itu, bangunan yang aman dan handal menjadi suatu keharusan. Salah satu cara untuk menjaga kestabilan struktur tersebut adalah dengan menggunakan dinding geser baik dinding penuh maupun sebagian (Schodek, 1999). *Frame wall* adalah salah satu jenis *Shearwall*. Penempatan *frame wall* harus diperhatikan agar dapat berfungsi dengan baik. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui letak *frame wall* yang paling efektif berdasarkan Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimit. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis dinamik respon spektrum dengan menggunakan software ETABS. Hasil analisis diperoleh *displacement* maksimum gedung arah X adalah 0.1827m dan arah Y adalah 0.13134m, sehingga apabila ditinjau dari kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit gedung dinyatakan memenuhi syarat (aman) sesuai SNI 3-1726-2002. SW 2 adalah perletakan *shearwall* yang paling efektif berdasarkan Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimit. Maksimum total drift arah X adalah 0.00279 dan arah Y adalah 0.00201. Maksimum total inelastik drift arah X adalah 0.00277 dan arah Y adalah 0.00200, sehingga jika ditinjau berdasarkan ATC-40 termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy*.

Kata Kunci :Frame wall, Respon spektrum

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi gempa bumi. Hal ini terjadi karena letak geografis Indonesia yang berada diantara tiga lempengan tektonik dunia, yaitu lempeng Eurasia, Pasifik, Filipina, dan Indo-Australia. Tingginya potensi gempa menuntut bangunan yang aman dan handal menjadi suatu keharusan. Ketersediaan lahan yang semakin sempit membuat bangunan tinggi menjadi alternatif dalam pembangunan saat ini. Bangunan apartemen menjadi pilihan yang tepat untuk dikembangkan guna mengurangi penggunaan lahan. Akan tetapi, bangunan apartemen dalam hal ini khususnya high-rise buildings harus menghadapi tantangan tersendiri dalam perancangan struktur dan pembangunannya untuk memperoleh kestabilan (*stability*) bangunan gedung serta kenyamanan (*serviceability*) bagi penghuni gedung.

Beberapa cara untuk menjaga kestabilan struktur tersebut antara lain menambah elemen struktur diagonal pada struktur sehingga struktur tidak mengalami deformasi jalaran genjang. Cara lainnya adalah dengan menggunakan dinding geser baik dinding penuh maupun sebagian (Schodek, 1999).

Frame walls adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom

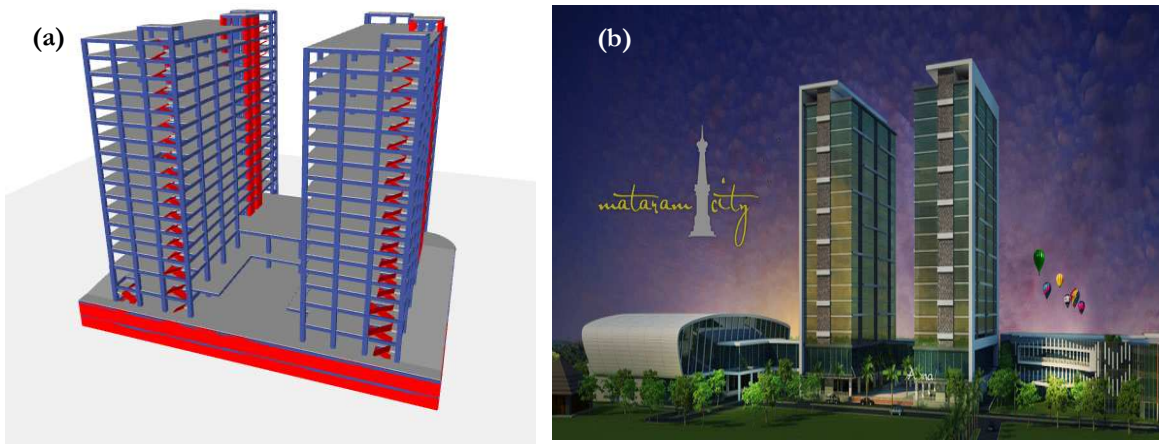
Sebagai salah satu sistem yang berfungsi menjaga kestabilan struktur, penempatan *frame wall* harus diperhatikan agar dapat berfungsi dengan baik. Penempatan sistem penjaga kestabilan ini juga dapat berpengaruh terhadap perilaku bangunan dalam menerima beban, sebagai contoh terhadap simpangan horizontal bangunan serta torsi yang akan terjadi. Hal tersebut melatarbelakangi penulisan “Kinerja Struktur Gedung Tinggi Mataram City Menggunakan Studi Pemodelan *Frame Wall*”.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan analisis dinamik respon spektrum dengan program ETABS 2013 v 13.1.3. Analisis dilakukan dengan cara pemodelan struktur gedung dari mulai kolom, balok, pelat lantai, dan struktur gedung lainnya ke dalam *software*. Pemodelan dilakukan sebanyak 3 kali dengan letak *Shearwall* yang berbeda-beda, yaitu SW 1, SW 2, SW 3. Setelah pemodelan selesai baru dilakukan analisis dari hasil *output* ETABS

Tabel 1. Deskripsi gedung

Diskripsi gedung	Keterangan
Sistem struktur	<i>Dual system Wall-frame</i> beton bertulang
Fungsi gedung	Tempat hunian / hotel / <i>apartement</i>
Jumlah lantai	19
Luas lantai tipikal	1690,57m ²
Elevasi tertinggi gedung	+ 58,9 m
Elevasi terendah gedung	- 6,5 m
Tinggi lantai tipikal	3,1m
Jumlah lantai <i>basement</i>	2
Kedalaman <i>basement</i>	6,5 m
Luas total gedung termasuk <i>basement</i>	42442,04m ²



Gambar 1. Pemodelan gedung pada ETABS (a) dan gedung yang dianalisis (b)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu beton yang digunakan dalam bangunan yang diteliti menggunakan K-350. Mutu tersebut digunakan untuk semua struktur bangunan baik struktur atas ataupun struktur bawah. Nilai f_c beton K-350 adalah 29,61 MPa dengan modulus elastisitas E_c adalah 25576,224 MPa.

Tabel 2. Rekapitulasi berat struktur per lantai

No	Lantai	Beban Mati		Beban Hidup(kN)	Beban Total(kN)
		Struktur(kN)	Tambahan(kN)		
1	LANTAI ATAP	2954,3098	345,572	98,067	3397,9488
2	LANTAI ME	12733,761	2615,5738	504,288	15853,623
3	LANTAI 18	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
4	LANTAI 17	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
5	LANTAI 16	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
6	LANTAI 15	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
7	LANTAI 12	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
8	LANTAI 11	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
9	LANTAI 10	12719,743	2423,6261	1257,0675	16400,437
10	LANTAI 9	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
11	LANTAI 8	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
12	LANTAI 7	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
13	LANTAI 6	12733,761	2430,6682	1260,72	16425,15
14	LANTAI 5	12751,701	2430,6682	1260,72	16443,09
15	LANTAI 3	12751,701	2430,6682	1260,72	16443,09
16	LANTAI 2	13835,573	2430,6682	1260,72	17526,961
17	LANTAI 1	20379,357	3240,2691	1680,6375	25300,264
18	LOBBY	24758,335	4583,1693	2377,1625	31718,667
19	GROUND FLOOR	36056,271	5380,4503	2790,69	44227,411
20	BASEMENT 1	33632,029	3922,9457	4295,196	41850,17
21	BASEMENT 2	25195,495	3042,1873	9242,088	37479,771
Jumlah					430892,93

Pembuatan grafik respon spektrum gempa rencana menggunakan peta gempa berdasarkan SNI 1726-2012. Pada peta tersebut didapatkan bahwa bangunan mempunyai nilai $S_1 = 0,374$ g dan $S_s = 0,979$ g. Selanjutnya berdasarkan Tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 didapatkan nilai $F_a = 1,108$ dan $F_v = 1,651$.

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

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

Berdasarkan Persamaan (1) dan Persamaan (2) maka nilai S_{DS} adalah 0,606 dan S_{D1} adalah 0,375.

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

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

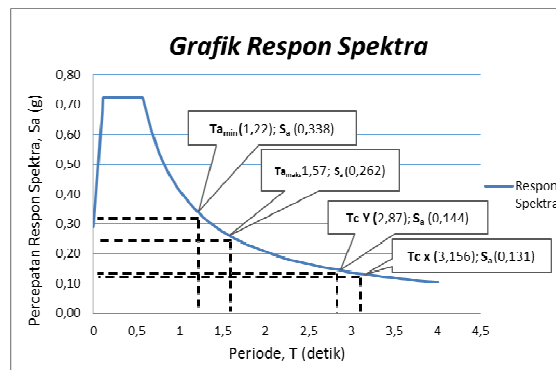
$$S_a \text{ untuk nilai } T = 0, \quad S_a = 0,4 S_{DS} \dots\dots\dots [5]$$

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

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

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

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



Gambar 1. Grafik respon spektrum gempa rencana

Beban-beban lain yang diperhitungkan dalam pemodelan di ETABS adalah beban tekanan tanah pada dinding *basement* dan beban tekanan *uplift* pada *basement* paling dasar. Besarnya tekanan dinding *basement* 14,84 t/m² dan tekanan *uplift* 0 kN/m². Nilai tersebut diperoleh berdasarkan hasil analisis *bored log* yang dilengkapi dengan data laboratorium dan berdasarkan letak M.A.T. atau muka air tanah.

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)

a. Periode getar arah x

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

$$C_t = 0,0488 \quad (\text{Table 15 SNI 1726-2012})$$

$$x = 0,75 \quad (\text{Table 15 SNI 1726-2012})$$

$$h_n = 65,4 \text{ m} \quad (\text{Tinggi gedung})$$

Berdasarkan Persamaan (9), nilai T_a minimum adalah 1,1223 detik.

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

$$C_u = 1,4 \quad (\text{Table 14 SNI 1726-2012})$$

Berdasarkan Persamaan (10), nilai T_a maksimum adalah 1,5712 detik.

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah x adalah 3,156 detik. Karena T_a pada ETABS lebih besar dari syarat maksimal, maka T_a yang digunakan adalah T_a maksimal yaitu 1,571 detik.

b. Periode getar arah y

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

$$T_a \text{ minimum} = 1,1223 \text{ detik}$$

$$T_a \text{ maksimum} = 1,5712 \text{ detik}$$

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah y adalah 2,871 detik. Karena T_a pada ETABS lebih besar dari syarat maksimal, maka T_a yang digunakan adalah T_a maksimal yaitu 1,571 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

a. C_s arah x

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

$$S_{DS} = 0,724$$

$$I_e = 1,00 \quad (\text{Tabel 2 SNI 1726-2012})$$

Berdasarkan Persamaan (11), nilai C_s minimum adalah 0,0319

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

$$S_{D1} = 0,412$$

$$R = 7 \quad (\text{Tabel 9 SNI 1726-2012})$$

$$T = 1,571 \text{ detik}$$

Berdasarkan Persamaan (12), nilai C_s maksimum adalah 0,0375

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

Berdasarkan Persamaan (13), nilai C_s hitungan adalah 0,103. Karena C_s hitungan bernilai lebih dari C_s pada batas maksimal, maka C_s yang dipakai adalah C_s maksimum yaitu 0,0375

b. C_s arah y

Gedung pada arah y sama-sama memiliki dinding geser sehingga nilai R adalah 7 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.

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

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 16141,25773 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

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

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

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	Tinggi (m)	Berat (kN)	$W_x h_x^k$	C_{vx}	$F = C_{vx} V$ (kN)	100%	30%
LANTAI ATAP	65,4	3397,95	2085532,9	0,025	403,688	403,688	121,106
LANTAI ME	62,9	15853,62	9165063,6	0,11	1774,042	1774,042	532,213
LANTAI 18	59,8	16425,15	8786394,6	0,105	1700,745	1700,745	510,223
LANTAI 17	56,7	16425,15	8096746,1	0,097	1567,252	1567,252	470,176
LANTAI 16	53,6	16425,15	7427007,1	0,089	1437,614	1437,614	431,284
LANTAI 15	50,5	16425,15	6777704,7	0,081	1311,931	1311,931	393,579
LANTAI 12	47,4	16425,15	6149412,7	0,074	1190,315	1190,315	357,095
LANTAI 11	44,3	16425,15	5542759	0,066	1072,888	1072,888	321,866
LANTAI 10	41,2	16400,44	4950974,6	0,059	958,339	958,339	287,502
LANTAI 9	38,1	16425,15	4397206,5	0,053	851,148	851,148	255,345
LANTAI 8	35	16425,15	3859929,6	0,046	747,15	747,15	224,145
LANTAI 7	31,9	16425,15	3347568,6	0,04	647,974	647,974	194,392
LANTAI 6	28,8	16425,15	2861222,6	0,034	553,835	553,835	166,15
LANTAI 5	25,7	16443,09	2404783,4	0,029	465,484	465,484	139,645
LANTAI 3	22,6	16443,09	1974020,3	0,024	382,103	382,103	114,631
LANTAI 2	19,5	17526,96	1677579,3	0,02	324,722	324,722	97,417
LANTAI 1	15,5	25300,26	1702149,7	0,02	329,478	329,478	98,843
LOBBY	10,5	31718,67	1173417,8	0,014	227,133	227,133	68,14
GROUND FLOOR	6,5	44227,41	783431,13	0,009	151,645	151,645	45,494
BASEMENT 1	3	41850,17	226133,22	0,003	43,772	43,772	13,131
BASEMENT 2	0	37479,77	0	0	0	0	0
		430892,93	83389037	1	16141,258		

Arah gempa yang sebenarnya tidak dapat dipastikan. 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 analisis dinamik respons spektrum minimum adalah sebesar 85 % gaya geser dasar yang dihitung berdasarkan cara statik ekuivalen. Apabila gaya geser dasar hasil analisis dinamik respon spektrum lebih kecil dari 85 % gaya geser dasar statik ekuivalen, maka ordinat respon spektrum harus dikalikan dengan faktor skalanya.

$$FS = \frac{0,85 V_{statik}}{V_{dinamik}} \dots\dots\dots [16]$$

Tabel 4. Faktor Skala Awal

Percepatan Gempa	Arah	Faktor Skala Awal
RSPX	U1 (100%)	1,401
	U2 (30%)	0,42
RSPY	U1 (30%)	0,42
	U2 (100%)	1,401

Tabel 5. Base shear statik ekuivalen dan dinamik respon spektrum (SW 1)

Statik X(kN)		Statik Y (kN)		RSPX(kN)		RSPY (kN)	
Arah x (100%)	16140,08	Arah x (30%)	4842,02	Arah x (100%)	5460,1886	Arah x (30%)	4181,0183
Arah y (30%)	4842,02	Arah y (100%)	16140,08	Arah y (30%)	4181,124	Arah y (100%)	5461,1814

Tabel 6. Base shear statik ekuivalen dan dinamik respon spektrum (SW 2)

Statik X(kN)		Statik Y (kN)		RSPX(kN)		RSPY (kN)	
Arah x (100%)	16140,08	Arah x (30%)	4842,02	Arah x (100%)	8996,2728	Arah x (30%)	3399,0128
Arah y (30%)	4842,02	Arah y (100%)	16140,08	Arah y (30%)	3720,131	Arah y (100%)	10311,9872

Tabel 7. Base shear statik ekuivalen dan dinamik respon spektrum (SW 3)

Statik X(kN)		Statik Y (kN)		RSPX(kN)		RSPY (kN)	
Arah x (100%)	16140,08	Arah x (30%)	4842,02	Arah x (100%)	7359,5717	Arah x (30%)	2652,1644
Arah y (30%)	4842,02	Arah y (100%)	16140,08	Arah y (30%)	3334,7192	Arah y (100%)	9978,6046

Tabel 8. Rekapitulasi faktor skala

Percepatan Gempa	Arah	Faktor Skala Baru (SW 1)	Faktor Skala Baru (SW 2)	Faktor Skala Baru (SW 3)
RSPX	U1 (100%)	3,591	2,138	2,827
	U2 (30%)	0,421	0,466	0,519
RSPY	U1 (30%)	0,421	0,51	0,653
	U2 (100%)	3,59	1,865	2,601

Hasil Analisis *Displacement* 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 9. Kombinasi pembebanan yang digunakan

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

Keterangan :

D = *Dead load* (beban mati atau beban dari struktur sendiri)

L = *Live load* (beban hidup)

EQ = Beban gempa berdasarkan statik ekuivalen (X dan Y merupakan arah pembebanan)

RSP = Beban gempa berdasarkan respon spektrum (X dan Y merupakan arah pembebanan)

Tabel 10. Kinerja batas layan gedung

Lantai	Syarat Δs antar Lantai (m)	Δs SW 1 (m)			Δs SW 2 (m)			Δs SW 3 (m)		
		Arah X	Arah Y	Ket.	Arah X	Arah Y	Ket.	Arah X	Arah Y	Ket.
LANTAI ATAP	0,0107	0,0032	0,0006	Aman	0,0006	0,004	Aman	0,0025	0,0018	Aman
LANTAI ME	0,0133	0,0046	0,0043	Aman	0,0042	0,0049	Aman	0,0035	0,004	Aman
LANTAI 18	0,0133	0,0057	0,005	Aman	0,0057	0,0061	Aman	0,0046	0,0048	Aman
LANTAI 17	0,0133	0,0061	0,0052	Aman	0,0064	0,0065	Aman	0,0054	0,0052	Aman
LANTAI 16	0,0133	0,0077	0,0055	Aman	0,007	0,007	Aman	0,0065	0,0056	Aman
LANTAI 15	0,0133	0,0084	0,0059	Aman	0,0075	0,0074	Aman	0,0075	0,006	Aman
LANTAI 12	0,0133	0,0087	0,0064	Aman	0,0078	0,0077	Aman	0,0085	0,0064	Aman
LANTAI 11	0,0133	0,0091	0,0068	Aman	0,0081	0,008	Aman	0,0094	0,0068	Aman
LANTAI 10	0,0133	0,0095	0,0073	Aman	0,0083	0,0083	Aman	0,0102	0,0071	Aman
LANTAI 9	0,0133	0,0099	0,0076	Aman	0,0084	0,0084	Aman	0,0109	0,0073	Aman
LANTAI 8	0,0133	0,0103	0,0079	Aman	0,0085	0,0085	Aman	0,0116	0,0075	Aman
LANTAI 7	0,0133	0,0106	0,0084	Aman	0,0084	0,0084	Aman	0,0122	0,0075	Aman
LANTAI 6	0,0133	0,0118	0,0089	Aman	0,0082	0,0083	Aman	0,0127	0,0075	Aman
LANTAI 5	0,0133	0,0124	0,0092	Aman	0,008	0,008	Aman	0,013	0,0065	Aman
LANTAI 3	0,0133	0,012	0,0094	Aman	0,0075	0,0076	Aman	0,0127	0,0064	Aman
LANTAI 2	0,0133	0,0131	0,0127	Aman	0,0089	0,0088	Aman	0,013	0,0073	Aman
LANTAI 1	0,0171	0,017	0,0151	Aman	0,0081	0,0084	Aman	0,0168	0,0074	Aman
LOBBY	0,0214	0,0184	0,0062	Aman	0,003	0,0041	Aman	0,0066	0,0037	Aman
GROUND FLOOR	0,0171	0,0029	0,0002	Aman	0,0007	0,0005	Aman	0,0002	0,0002	Aman
BASEMENT 1	0,015	0,0014	0,0005	Aman	0,0008	0,0006	Aman	0,0013	0,0008	Aman
BASEMENT 2	0,0129	0	0	Aman	0	0	Aman	0	0	Aman

Tabel 11. Kinerja batas ultimit gedung

Lantai	Syarat $\xi \Delta m$ antar Lantai (m)	$\xi \Delta m$ SW 1 (m)			$\xi \Delta m$ SW 2 (m)			$\xi \Delta m$ SW 3 (m)		
		Arah X	Arah Y	Ket.	Arah X	Arah Y	Ket.	Arah X	Arah Y	Ket.
LANTAI ATAP	0,0500	0,0062	0,0012	Aman	0,0019	0,0128	Aman	0,0066	0,0046	Aman
LANTAI ME	0,0620	0,0091	0,0085	Aman	0,0135	0,0158	Aman	0,0092	0,0105	Aman
LANTAI 18	0,0620	0,0111	0,0098	Aman	0,0185	0,0196	Aman	0,012	0,0125	Aman
LANTAI 17	0,0620	0,0118	0,0101	Aman	0,0207	0,021	Aman	0,0142	0,0136	Aman
LANTAI 16	0,0620	0,0151	0,0107	Aman	0,0225	0,0224	Aman	0,0171	0,0148	Aman
LANTAI 15	0,0620	0,0163	0,0116	Aman	0,024	0,0237	Aman	0,0197	0,0158	Aman
LANTAI 12	0,0620	0,0169	0,0126	Aman	0,0252	0,0248	Aman	0,0222	0,0169	Aman
LANTAI 11	0,0620	0,0177	0,0132	Aman	0,0261	0,0258	Aman	0,0246	0,0178	Aman
LANTAI 10	0,0620	0,0185	0,0143	Aman	0,0267	0,0265	Aman	0,0267	0,0185	Aman
LANTAI 9	0,0620	0,0192	0,0149	Aman	0,0271	0,027	Aman	0,0287	0,0192	Aman
LANTAI 8	0,0620	0,0202	0,0154	Aman	0,0272	0,0272	Aman	0,0305	0,0196	Aman
LANTAI 7	0,0620	0,0207	0,0163	Aman	0,027	0,0271	Aman	0,032	0,0198	Aman
LANTAI 6	0,0620	0,023	0,0173	Aman	0,0265	0,0266	Aman	0,0333	0,0196	Aman
LANTAI 5	0,0620	0,0242	0,018	Aman	0,0256	0,0257	Aman	0,0341	0,017	Aman
LANTAI 3	0,0620	0,0234	0,0184	Aman	0,0242	0,0243	Aman	0,0335	0,0169	Aman
LANTAI 2	0,0620	0,0255	0,0248	Aman	0,0287	0,0281	Aman	0,0341	0,0192	Aman
LANTAI 1	0,0800	0,0332	0,0294	Aman	0,026	0,027	Aman	0,0443	0,0195	Aman
LOBBY	0,1000	0,0359	0,0121	Aman	0,0098	0,0131	Aman	0,0174	0,0098	Aman
GROUND FLOOR	0,0800	0,0056	0,0004	Aman	0,0022	0,0015	Aman	0,0005	0,0004	Aman
BASEMENT 1	0,0700	0,0028	0,0009	Aman	0,0027	0,0019	Aman	0,0033	0,0021	Aman
BASEMENT 2	0,0600	0	0	Aman	0	0	Aman	0	0	Aman

Hasil analisis perletakan *Shearwall 1(SW 1)*, *Shearwall 2(SW 2)*, *Shearwall 3(SW 3)*, menyatakan bahwa gedung yang diteliti memenuhi syarat (Aman) terhadap kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit sesuai SNI 03-1726-2002.

Tabel 12. Level kinerja struktur gedung berdasarkan ATC-40

Parameter	SW 1		SW 2		SW 3	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Maksimum Total Drift	0,00279	0,00189	0,00193	0,00201	0,00258	0,00168
<i>Performance Level</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>
	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>
Maksimum Total Inelastik Drift	0,00277	0,00188	0,00192	0,002	0,00256	0,00166
<i>Performance Level</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>
	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>

Berdasarkan *Applied Technology Council-40* (ATC-40), hasil analisis SW 1, SW 2, dan SW 3 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 Kinerja Batas Layan, nilai simpangan antar tingkat arah X terbesar bernilai 0,0184 (**SW 1**) dan arah Y bernilai 0,0151 (**SW 1**). Berdasarkan Kinerja Batas Ultimit, nilai simpangan antar tingkat arah X terbesar bernilai 0,0443 (**SW 3**) dan arah Y bernilai 0,0294 (**SW 1**). **SW 2** adalah perletakan shearwall yang paling efektif berdasarkan Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimit. Berdasarkan *Applied Technology Council-40* (ATC-40), hasil analisis SW 1, SW 2, dan SW 3 level kinerja struktur gedung baik arah X maupun arah Y termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy*.

REKOMENDASI

Jika tidak memperhatikan aspek ekonomis, sebaiknya perletakan *shearwall* ditentukan berdasarkan hasil *displacement* terkecil, dimana dalam penelitian ini perletakan yang memiliki *displacement* terkecil adalah **SW 2**. Penelitian yang selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambah analisis dengan acuan yang berbeda sehingga dapat digunakan untuk membandingkan hasil analisis yang telah dilakukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penyusun ucapkan kepada Bapak Edy Purwanto, S.T., M.T. dan Bapak Agus Setiya Budi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 dalam penelitian ini. Terima kasih kepada ayah, ibu, saudara, dan para sahabat yang telah memberi doa dan semangatnya hingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

REFERENSI

- Applied Technology Council-40, 1996, *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I*, Seismic Safety Commission State of California, California.
- Badan Standardisasi Nasional, 1989, *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1727-1989*, BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002*, BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012*, BSN, Bandung.
- Erni Mulyandari, 2011, *Perencanaan Shearwall Beton Bertulang (Studi Kasus : Apartemen Tuning di Bandung)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- 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.
- Muhammad Lutfi Rifa'i, 2014, *Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus : Hotel di Wilayah Karanganyar)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Muhammad Miftakhur Riza, *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS*, ARS Group.
- R. Lintang Gumilang Bahari, 2014, *Redesain Struktur Basement dan Evaluasi Kinerja Gempa Struktur Gedung Mataram City (Studi Kasus : Gedung Mataram City)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Schodek, Daniel L. 1999. *Struktur Edisi kedua*, Erlangga, Jakarta.
- Widodo, 2000, *Respon Dinamik Struktur Elastik*. UII Press, Yogyakarta.