

PENGARUH PENAMBAHAN DINDING GESER BETON BERTULANG TERHADAP KINERJA STRUKTUR GEDUNG BIZ SQUARE APARTMENT SURABAYA ZONA 1

Nafisul Adabi

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: nafisuladabi@mhs.unesa.ac.id

Muhammad Imaduddin, S.T., M.T.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: muhammadimaduddin@unesa.ac.id

ABSTRAK

Biz Square Apartment Surabaya zona 1 merupakan gedung 15 lantai (Elevasi + 46,60 m) yang didesain tanpa menggunakan dinding geser. Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisa kinerja struktur gedung eksisting tanpa dinding geser, serta menganalisa pengaruh penambahan dinding geser 5 model pada arah memanjang gedung (Arah X). Pelaksanaan penelitian dilakukan secara observasi eksperimental menggunakan pendekatan kuantitatif. Pemodelan dilakukan secara tiga dimensi menggunakan program ETABS 2016. Dari hasil *output* pemodelan, kemudian dilakukan analisa kinerja struktur berdasarkan parameter SNI 1726:2012 serta parameter ATC 40. Level kinerja struktur dapat diketahui menggunakan analisis statik nonlinier *pushover*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja struktur gedung eksisting arah X adalah 489,411 mm (DC) serta arah Y adalah 492,494 mm (DC). Kinerja struktur gedung model 1 arah X berkurang 88,641 mm (400,770 mm : IO) serta arah Y bertambah 17,018 mm (509,512 mm : DC) dibanding gedung eksisting. Kinerja struktur gedung model 2 arah X berkurang 111,035 mm (378,376 mm : IO) serta arah Y bertambah 31,515 mm (524,009 mm : DC) dibanding gedung eksisting. Kinerja struktur gedung model 3 arah X berkurang 123,990 mm (365,421 mm : IO) serta arah Y bertambah 40,087 mm (532,581 mm : DC) dibanding gedung eksisting. Kinerja struktur gedung model 4 arah X berkurang 161,486 mm (327,925 mm : IO) serta arah Y bertambah 53,318 mm (545,812 mm : DC) dibanding gedung eksisting. Sedangkan kinerja struktur gedung model 5 arah X berkurang 237,161 mm (252,250 mm : IO) serta arah Y bertambah 75,507 mm (568,001 mm : DC) dibanding gedung eksisting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa titik maksimum kinerja arah X terjadi pada gedung model 5 (252,250 mm : IO), sedangkan arah Y terjadi pada gedung eksisting (492,494 mm : DC). Penambahan dinding geser berpengaruh terhadap peningkatan kekakuan gedung arah X serta penurunan kekakuan gedung arah Y.

Kata Kunci: Dinding Geser, Kinerja Struktur, SNI 1726:2012, ATC 40.

ABSTRACT

Biz Square Apartment Surabaya zone 1 is a 15-story building (Elevation + 46,60 m) that is designed without using a shear wall. This research was intended to analyze the performance of existing building structures without shear walls, as well as to analyze the effect of adding 5 models of shear walls to the elongated building (X-direction). The research was carried out by an experimental observation with a quantitative approach. The modeling was done in three dimensions using the 2016 ETABS program. From the output of modeling, an analysis of the structure performance is then applied based on SNI 1726:2012 parameters and ATC 40 parameters. The level of structure performance can be determined using static nonlinear pushover analysis. The result showed that the performance of the existing building structure in the X-direction was 489,411 mm (DC) and Y-direction was 492,494 mm (DC). The performance of the 1- direction X building structure model decreased 88,641 mm (400,770 mm : IO) while the Y direction increased 17,018 mm (509,512 mm : DC) compared to the existing building. The performance of the 2-way X model building structure decreased by 111,035 mm (378,376 mm : IO) while the Y direction increased by 31,515 mm (524,009 mm : DC) compared to the existing building. The performance of the 3-way X model building structure decreased by 123,990 mm (365,421 mm : IO) while the Y direction increased by 40,087 mm (532,581 mm : DC) compared to the existing building. The performance of the 4-direction X model building structure decreased by 161,486 mm (327,925 mm : IO) while the Y direction increased 53,318 mm (545,812 mm : DC) compared to the existing building. While the performance of the 5-direction X model building structure decreased 237,161 mm (252,250 mm : IO) and the Y direction increased 75,507 mm (568,001 mm : DC) compared to the existing building. The results showed that the maximum point of performance in the X direction occurs in the model 5 building (252,250 mm : IO), while the Y direction occurs in the existing building (492,494 mm : DC). The addition of shear walls affected the increase of building stiffness in the X-direction as well as the decrease of building stiffness in the Y-direction.

Keywords: Shear Walls, Structural Performance, SNI 1726:2012, ATC 40.

PENDAHULUAN

Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang mengalami perkembangan jumlah penduduk secara signifikan. Hal ini berdampak terhadap meningkatnya kebutuhan hunian, namun berbanding terbalik dengan tersedianya lahan yang semakin berkurang. Permasalahan tersebut menyebabkan pembangunan gedung tinggi (*High rise building*) semakin meningkat, salah satunya yaitu gedung Biz Square Apartment Surabaya.

Keamanan gedung tidak hanya bergantung pada tingkat kekuatan, tetapi juga kontrol terhadap deformasi dan energi pada kinerja struktur (Tavio dan Usman Wijaya, 2018). Salah satu alternatif untuk meningkatkan kinerja struktur gedung tinggi adalah dengan penerapan dinding geser. Dinding geser merupakan elemen struktur yang umum digunakan dalam perencanaan gedung tinggi tahan gempa karena memiliki kekakuan yang besar (Bambang Budiono dkk, 2017).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, Afie Fakhriyus (2017) menyimpulkan bahwa penambahan dinding geser dapat memperkecil simpangan serta gaya dalam pada gedung. Sedangkan Irwan Wahyu W. (2017) menyimpulkan bahwa penambahan dinding geser dapat menyerap beban gempa dengan baik serta memperkecil simpangan pada gedung.

Biz Square Apartment zona 1 merupakan gedung 15 lantai (Elevasi + 46,60 m) yang didesain tanpa menggunakan dinding geser. Pemodelan gedung dilakukan dengan program ETABS 2016. Dari hasil pemodelan, kemudian dilakukan analisa kinerja struktur berupa perioda fundamental struktur serta gaya geser dasar berdasarkan parameter SNI 1726:2012. Kemudian dilakukan analisa level kinerja struktur berdasarkan parameter ATC 40.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja struktur gedung eksisting tanpa menggunakan dinding geser, serta mengetahui pengaruh penambahan dinding geser terhadap kinerja struktur gedung. Penambahan dinding geser dilakukan sebanyak 5 model dengan variasi letak dan luasan pada arah memanjang gedung (Arah X).

METODE PENELITIAN

Jenis dan Rancangan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara observasi eksperimental dengan pendekatan kuantitatif, karena hasil penelitian yang dilakukan berupa angka berdasarkan analisis struktur gedung menggunakan program ETABS 2016. Objek penelitian dalam metode eksperimen dibagi menjadi kelompok *treatment* dan kelompok kontrol.

Sasaran Penelitian

Dalam penelitian ini, yang menjadi sasaran atau objek penelitian adalah struktur gedung Biz Square Apartment zona 1. Perbandingan dilakukan untuk mengidentifikasi kinerja struktur gedung eksisting tanpa dinding geser (SRPM), serta pengaruh penambahan dinding geser 5 model pada arah memanjang gedung (Sistem ganda).

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah dokumentasi untuk memperoleh data secara langsung dari tempat penelitian. Pengumpulan data meliputi pengambilan data-data primer dari perusahaan terkait berupa gambar rencana, gambar arsitek, gambar *shop drawing*, serta Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS). Data yang digunakan juga berasal dari studi literatur, BMKG, serta PUSKIM.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan secara simulasi komputasi penambahan dinding geser dengan variasi letak dan luasan berdasarkan tahapan berikut:

1. Pengumpulan data

a. Data umum struktur

Nama : Biz Square Apartment

Lokasi : Jl. Kyai Abdul Karim No. 37-39

Konsultan : PT. Tata Bumi Raya

Fungsi : Hunian

Lantai : 15 lantai

b. Data material

Pelat : Beton bertulang

Kolom : Beton bertulang

Balok : Beton bertulang

Mutu beton : 25 Mpa (K-300)

Mutu tul. : BJTP U24 dan BJTD U39

2. Preliminary design dinding geser

$$t_{DG} \geq \frac{1}{25} \times h_w \geq 160 \text{ mm} \quad (1)$$

$$t_{DG} \geq \frac{1}{25} \times l_w \geq 377 \text{ mm} \quad (2)$$

$$\ell_{dh} = \frac{f_y \times d_b}{5,4 \times \sqrt{f_c}} = 317,78 \text{ mm} \quad (3)$$

$$t_{DG} \geq \ell_{dh} + \text{cover} \geq 347,78 \text{ mm} \quad (4)$$

Dimensi tebal dinding geser yang digunakan dalam *preliminary design* adalah 400 mm.

3. Pemodelan dinding geser

Berikut merupakan rencana pemodelan gedung eksisting serta gedung dengan penambahan dinding geser:

Tabel 1. Pemodelan Dinding Geser.

Gedung	Tebal (mm)	Luas (m ²)	Arah
Eksisting	-	-	-
Model 1	400	605,80	Memanjang
Model 2	400	1048,50	Memanjang
Model 3	400	1367,70	Memanjang
Model 4	400	1833,70	Memanjang
Model 5	400	2392,90	Memanjang

4. Pembebanan struktur

a. Beban gravitasi

- 1) Berat sendiri struktur (*Dead*)
- 2) Beban mati tambahan (*Super dead*)
- 3) Beban hidup (*Live*)
- 4) Beban hidup atap (*Roof live*)

b. Beban lateral

- 1) Beban gempa (*Seismic*)
- 2) Beban angin (*Wind*)

5. Pemodelan struktur

Pemodelan struktur dilakukan secara tiga dimensi menggunakan program ETABS 2016. Berikut tahapan pemodelan pada penelitian:

- a. Pemodelan elemen struktur
- b. *Run analysis* tahap 1
- c. *Run analysis* tahap 2
- d. *Run analysis* tahap 3

6. Pengaruh penambahan dinding geser

Analisa pengaruh penambahan dinding geser dilakukan pada perioda fundamental struktur (T) dan gaya geser dasar (V) berdasarkan parameter SNI 1726:2012. Selain itu, analisa pengaruh penambahan dinding geser dilakukan pada level kinerja struktur berdasarkan parameter ATC 40. Analisa pengaruh penambahan dinding geser pada gedung di plot dalam bentuk grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan Struktur

1. Beban gravitasi

a. Berat sendiri struktur (*Dead*)

Material yang digunakan adalah beton bertulang dengan berat jenis 2400 kg/m³ berdasarkan SNI 1727:1989.

b. Beban mati tambahan (*Super dead*)

Berikut merupakan beban mati tambahan pada masing-masing lantai:

Tabel 2. Beban Mati Tambahan (SNI 1727:1989).

Jenis Bahan	Berat	Satuan
Lantai 2-14		
Spesi (t = 3 cm)	63,00	kg/m ²
Keramik (t = 1 cm)	24,00	kg/m ²
Rangka plafond	3,14	kg/m ²
Plafond	5,10	kg/m ²
Ducting mekanikal	19,37	kg/m ²
Dinding bata ringan	162,50	kg/m
Lantai 15		
Spesi (t = 3 cm)	63,00	kg/m ²
Keramik (t = 1 cm)	24,00	kg/m ²
Rangka plafond	3,14	kg/m ²
Plafond	5,10	kg/m ²
Ducting mekanikal	19,37	kg/m ²
Dinding bata ringan	201,50	kg/m
Lantai top floor		
Area taman		
Rangka plafond	3,14	kg/m ²
Plafond	5,10	kg/m ²
Ducting mekanikal	19,37	kg/m ²
Urugan tanah	714,00	kg/m ²
Urugan pasir	160,00	kg/m ²
Beton	110,00	kg/m ²
Spesi (t = 3 cm)	63,00	kg/m ²
Dinding bata ringan	97,50	kg/m
Area kolam		
Rangka plafond	3,14	kg/m ²
Plafond	5,10	kg/m ²
Ducting mekanikal	19,37	kg/m ²
Urugan tanah	340,00	kg/m ²
Urugan pasir	160,00	kg/m ²
Beton	550,00	kg/m ²
Spesi (t = 3 cm)	63,00	kg/m ²
Keramik (t = 1 cm)	24,00	kg/m ²
Air	750,00	kg/m ²
Area stage		
Rangka plafond	3,14	kg/m ²
Plafond	5,10	kg/m ²
Ducting mekanikal	19,37	kg/m ²
Urugan tanah	2244,00	kg/m ²
Urugan pasir	160,00	kg/m ²
Beton	110,00	kg/m ²
Spesi (t = 3 cm)	63,00	kg/m ²
Dinding bata ringan	260,00	kg/m
Area tangga		
Dinding bata ringan	260,00	kg/m

c. Beban hidup (*Live*)

Berikut merupakan beban hidup pada masing-masing lantai:

Tabel 3. Beban Hidup (SNI 1727:2013).

Fungsi ruangan	Beban	Satuan
Lantai 2-15		
Lantai hunian	195,79	kg/m ²
Beban partisi	73,42	kg/m ²
Koridor di atas lantai 1	390,55	kg/m ²

d. Beban hidup atap (*Roof live*)

Berikut merupakan beban hidup atap pada lantai *top floor*:

Tabel 4. Beban Hidup Atap (SNI 1727:2013).

Fungsi atap	Beban	Satuan
Lantai <i>top floor</i>		
Taman	488,44	kg/m ²
Kolam	366,08	kg/m ²
Panggung	488,44	kg/m ²
Beban atap datar	97,89	kg/m ²

2. Beban lateral

a. Beban gempa (*Seismic*)

1) Kategori risiko dan faktor keutamaan

Fungsi = Apartment

Kategori risiko = II

Faktor keutamaan = 1,00

2) Spektrum respons desain

$$S_s = 0,671 \text{ g} \quad F_a = 1,358$$

$$S_1 = 0,254 \text{ g} \quad F_v = 2,985$$

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 0,911 \text{ g} \quad (5)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 0,757 \text{ g} \quad (6)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = 0,607 \text{ g} \quad (7)$$

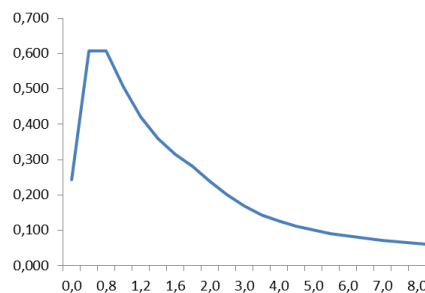
$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = 0,505 \text{ g} \quad (8)$$

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,166 \text{ detik} \quad (9)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,831 \text{ detik} \quad (10)$$

Tabel 5. Spektrum Respons (SNI 1726:2012).

T (Detik)	S _a (g)	T (Detik)	S _a (g)
0,000	0,243	3,500	0,144
0,166	0,607	4,000	0,126
0,831	0,607	4,500	0,112
1,000	0,505	5,000	0,101
1,200	0,421	5,500	0,092
1,400	0,361	6,000	0,084
1,600	0,315	6,500	0,078
1,800	0,280	7,000	0,072
2,000	0,252	7,500	0,067
2,500	0,202	8,000	0,063
3,000	0,168	8,500	0,059



Gambar 1. Spektrum Respons (SNI 1726:2012).

Tabel 6. Kontrol Spektrum Respons.

Nilai	SNI 1726:2012	PUSKIM	Cek
F _a	1,358	1,358	OK
F _v	2,985	2,985	OK
S _{MS}	0,911	0,911	OK
S _{M1}	0,757	0,757	OK
S _{DS}	0,607	0,607	OK
S _{D1}	0,505	0,505	OK
T ₀	0,166	0,166	OK
T _s	0,831	0,831	OK

3) Kategori desain seismik

Gedung dalam kategori desain seismik D, karena nilai $S_{DS} > 0,5$ serta nilai $S_{D1} > 0,2$ dengan kategori risiko II.

b. Beban angin (*Wind*)

1) Kecepatan angin dasar (V)

Nilai kecepatan angin dasar diperoleh dari data BMKG pada Stasiun Meteorologi Perak 1 Surabaya.

V = 10 m/s

2) Parameter beban angin

Berikut merupakan parameter beban angin pada gedung:

Tabel 7. Parameter Angin (SNI 1727:2013).

Parameter	Nilai
Faktor arah angin (K _d)	0,85
Kategori eksposur	B
Efek topografi (K _{zt})	1
Efek tiupan angin (G)	0,85
Klasifikasi ketertutupan	Tertutup
Tekanan internal (GC _{pi})	+ 0,18 - 0,18

3) Koefisien tekanan velositas (K_z dan K_h)

$$K_z = 2,01 \times \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{a}} \quad (11)$$

$$K_h = 2,01 \times \left(\frac{h \text{ rata-rata}}{z_g} \right)^{\frac{2}{a}} \quad (12)$$

Tabel 8. Nilai K_z dan K_h (SNI 1727:2013).

Lantai	Z (m)	Z _g	α	K _z	K _h
1 - 2	0	4	365,76	7	0,553
2 - 3	4	7	365,76	7	0,649
3 - 4	7	10	365,76	7	0,719
4 - 5	10	13	365,76	7	0,775
5 - 6	13	16	365,76	7	0,822
6 - 7	16	19	365,76	7	0,863
7 - 8	19	22	365,76	7	0,900
8 - 9	22	25	365,76	7	0,934
9 - 10	25	28	365,76	7	0,965
10 - 11	28	31	365,76	7	0,993
11 - 12	31	34	365,76	7	1,020
12 - 13	34	37	365,76	7	1,045
13 - 14	37	40	365,76	7	1,068
14 - 15	40	43	365,76	7	1,090
15 - TF	43	46,60	365,76	7	1,116
h rata-rata	3,11				

4) Tekanan velositas (q_z dan q_h)

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \quad (13)$$

$$q_h = 0,613 \times K_h \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \quad (14)$$

Tabel 9. Nilai q_z dan q_h (SNI 1727:2013).

Lantai	Z (m)	K_z	K_h	V	q_z (N/m ²)	q_h (N/m ²)
1 - 2	4	0,553	0,515	10	28,824	26,816
2 - 3	7	0,649	0,515	10	33,821	26,816
3 - 4	10	0,719	0,515	10	37,450	26,816
4 - 5	13	0,775	0,515	10	40,365	26,816
5 - 6	16	0,822	0,515	10	42,832	26,816
6 - 7	19	0,863	0,515	10	44,987	26,816
7 - 8	22	0,900	0,515	10	46,912	26,816
8 - 9	25	0,934	0,515	10	48,657	26,816
9 - 10	28	0,965	0,515	10	50,258	26,816
10 - 11	31	0,993	0,515	10	51,741	26,816
11 - 12	34	1,020	0,515	10	53,125	26,816
12 - 13	37	1,045	0,515	10	54,424	26,816
13 - 14	40	1,068	0,515	10	55,650	26,816
14 - 15	43	1,090	0,515	10	56,812	26,816
15 - TF	46,60	1,116	0,515	10	58,132	26,816
h rata"	3,11					

5) Koefisien tekanan eksternal (C_p)

$$\text{Dinding sisi angin datang} = 0,8$$

$$\text{Dinding sisi angin pergi} = -0,3$$

$$\text{Dinding sisi angin pergi} = -0,7$$

6) Tekanan angin (p)

Tekanan angin dihitung pada sisi angin datang, sisi angin pergi, serta sisi angin tepi sebagai berikut:

$$p = q \times G \times C_p - q_i \times (GC_{pi}) \quad (15)$$

Tabel 10. Tekanan Angin (SNI 1727:2013).

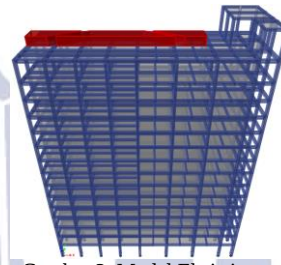
Lantai	Z (m)	q_z	q_h	p_d (N/m ²)	p_p (N/m ²)	p_t (N/m ²)
1 - 2	4	29	27	14,773	-2,011	-11,129
2 - 3	7	34	27	18,172	-2,011	-11,129
3 - 4	10	37	27	20,639	-2,011	-11,129
4 - 5	13	40	27	22,621	-2,011	-11,129
5 - 6	16	43	27	24,299	-2,011	-11,129
6 - 7	19	45	27	25,765	-2,011	-11,129
7 - 8	22	47	27	27,073	-2,011	-11,129
8 - 9	25	49	27	28,260	-2,011	-11,129
9 - 10	28	50	27	29,349	-2,011	-11,129
10 - 11	31	52	27	30,357	-2,011	-11,129
11 - 12	34	53	27	31,298	-2,011	-11,129
12 - 13	37	54	27	32,182	-2,011	-11,129
13 - 14	40	56	27	33,015	-2,011	-11,129
14 - 15	43	57	27	33,805	-2,011	-11,129
15 - TF	46,60	58	27	34,703	-2,011	-11,129
h rata"	3,11					

Pemodelan Struktur

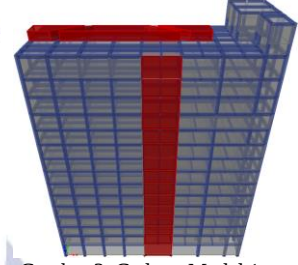
Pemodelan struktur meliputi gedung eksisting tanpa dinding geser, serta gedung model 1-5 dengan penambahan dinding geser pada arah memanjang gedung. Model yang didesain dan dianalisis berupa struktur atas dan dianggap terjepit pada lantai dasar.

1. Pemodelan elemen struktur

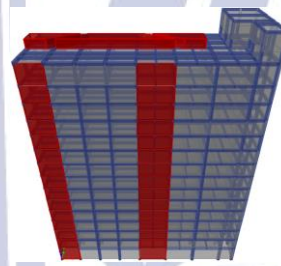
Pemodelan elemen struktur dimulai dengan membuat *grid* data, mendefinisikan material, membuat dimensi, serta menggambar model sesuai dengan gambar rencana. Setelah elemen struktur tergambar, selanjutnya dilakukan pemodelan *rigid zone factor* serta *input* pembebanan pada gedung. Kolom dan dinding geser dimodelkan dengan ujung tumpuan jepit.



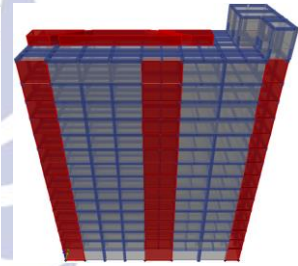
Gambar 2. Model Eksisting.



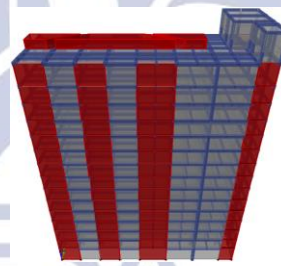
Gambar 3. Gedung Model 1.



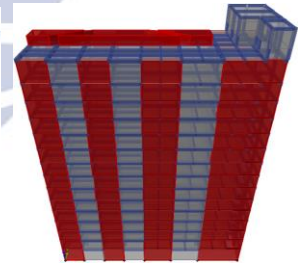
Gambar 4. Gedung Model 2.



Gambar 5. Gedung Model 3.



Gambar 6. Gedung Model 4.



Gambar 7. Gedung Model 5.

2. Run analysis tahap 1

Run *analysis* tahap 1 pada penelitian dijabarkan sebagai berikut:

a. Faktor skala awal

Nilai dari hasil spektrum respons desain gempa harus dikali dengan faktor skala awal.

$$\text{Faktor skala awal} = \frac{g \times I_e}{R} \quad (16)$$

Tabel 11. Faktor Skala Awal (SNI 1726:2012).

Gedung	Skala awal X	Skala awal Y
Eksisting	1225,83	1225,83
Model 1-5	1400,95	1225,83

b. Kombinasi dan pengaruh gempa

Pengaruh beban gempa dihasilkan dari penerapan gempa horizontal dan vertikal.

$$\begin{aligned}
E_h &= \rho \times Q_E = 1,3 \times Q_E \\
E_v &= 0,2 \times S_{DS} \times D = 0,2 \times 0,607 \times D \\
C_1 &= 1,4 D + 1,4 SD \\
C_2 &= 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L + 0,5 RL \\
C_3 &= 1,2 D + 1,2 SD + 1,6 RL + L \\
C_4 &= 1,2 D + 1,2 SD + W + L + 0,5 RL \\
C_{5-1} &= 1,32 D + 1,32 SD + 1,3 EX + 0,39 EY + L \\
C_{5-2} &= 1,32 D + 1,32 SD + 0,39 EX + 1,3 EY + L \\
C_6 &= 0,9 D + 0,9 SD + W \\
C_{7-1} &= 0,78 D + 0,78 SD + 1,3 EX + 0,39 EY \\
C_{7-2} &= 0,78 D + 0,78 SD + 0,39 EX + 1,3 EY \\
C_8 &= ENVELOPE
\end{aligned}$$

c. Periode fundamental struktur (T)

Periode fundamental struktur ditentukan berdasarkan *modal results run analysis* ETABS 2016. Nilai tersebut tidak boleh melebihi batasan atas periode ($T_{a \text{ Maks}}$).

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (17)$$

$$T_{a \text{ Maks}} = C_u \times T_a \quad (18)$$

Tabel 12. Periode Fundamental (SNI 1726:2012).

Gedung	Arah X (Detik)			Arah Y (Detik)		
	Ta	Ta maks	T	Ta	Ta maks	T
Eksisting	1,479	2,070	2,257	1,479	2,070	2,134
Model 1	0,870	1,219	1,582	1,479	2,070	2,203
Model 2	0,870	1,219	1,508	1,479	2,070	2,266
Model 3	0,870	1,219	1,507	1,479	2,070	2,307
Model 4	0,870	1,219	1,393	1,479	2,070	2,370
Model 5	0,870	1,219	1,093	1,479	2,070	2,419

d. Koefisien respons seismik (C_s)

Nilai koefisien respons seismik tidak perlu melebihi syarat maksimum ($C_{s \text{ Maks}}$).

$$C_{s \text{ Hitung}} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (19)$$

$$C_{s \text{ Maks}} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (20)$$

$$C_{s \text{ Min}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \quad (21)$$

Tabel 13. Koef. Respons Seismik (SNI 1726:2012).

Gedung	Arah X			Arah Y		
	Cs hit	Cs maks	Cs min	Cs hit	Cs maks	Cs min
Eksisting	0,076	0,030	0,027	0,076	0,030	0,027
Model 1	0,087	0,059	0,027	0,076	0,030	0,027
Model 2	0,087	0,059	0,027	0,076	0,030	0,027
Model 3	0,087	0,059	0,027	0,076	0,030	0,027
Model 4	0,087	0,059	0,027	0,076	0,030	0,027
Model 5	0,087	0,066	0,027	0,076	0,030	0,027

e. Geser dasar seismik (V)

$$V = C_s \times W \quad (22)$$

Tabel 14. Geser Dasar Seismik (SNI 1726:2012).

Gedung	W (kN)	Arah X		Arah Y	
		Cs pakai	V (kN)	Cs pakai	V (kN)
Eksisting	87239,58	0,030	2658,74	0,030	2658,74
Model 1	90479,59	0,059	5359,90	0,030	2760,20
Model 2	92652,39	0,059	5488,61	0,030	2826,48
Model 3	93931,00	0,059	5564,36	0,030	2865,49
Model 4	96248,95	0,059	5701,67	0,030	2936,20
Model 5	99714,54	0,066	6585,39	0,030	3041,93

f. Skala gaya gempa

Nilai geser dasar ragam (V_i) ditentukan berdasarkan *base reactions run analysis* ETABS 2016. Geser dasar ragam (V_i) jika lebih kecil 85% dari geser dasar seismik (V) maka harus dikalikan skala gaya gempa.

$$\text{Skala gaya} = 0,85 \times \frac{V}{V_i} \times \text{Skala awal} \quad (23)$$

Tabel 15. Skala Gaya Gempa (SNI 1726:2012).

Gedung	Arah X			Arah Y		
	V (kN)	Vt (kN)	Skala G.	V (kN)	Vt (kN)	Skala G.
Eksisting	2658,74	1757,98	1575,84	2658,74	1787,50	1549,81
Model 1	5359,90	2678,50	2382,90	2760,20	1853,77	1551,44
Model 2	5488,61	2870,58	2276,85	2826,48	1866,24	1578,07
Model 3	5564,36	2915,73	2272,52	2865,49	1882,31	1586,19
Model 4	5701,67	3200,54	2121,39	2936,20	1902,02	1608,50
Model 5	6585,39	4096,22	1914,43	3041,93	1980,76	1600,17

3. Run analysis tahap 2

Run analysis tahap 2 menggunakan kombinasi beban serta faktor skala gaya gempa ($0,85 \times \frac{V}{V_i}$) yang dihitung berdasarkan poin 2.f.

a. Strong column weak beam

Gedung eksisting perlu dikontrol terhadap syarat *strong column weak beam* untuk pemodelan sendi plastis (*Hinge*).

1) Kekuatan lentur nominal kolom (M_{nc})

Kekuatan lentur nominal kolom diambil dari pangkal kolom K6 lantai 3 (Atas) serta ujung kolom K6 lantai 2 (Bawah) pada *grid* I-1. Gaya dalam kolom berdasarkan *column forces run analysis* ETABS 2016. Nilai kekuatan lentur nominal kolom berdasarkan diagram interaksi (*Sp-column*).

Tabel 16. Kekuatan Lentur Nominal Kolom.

Kode	Arah	Mnc Bawah (Nmm)	Mnc Atas (Nmm)	ΣMnc (Nmm)
K6	X-X	712150000	779520000	1491670000
K6	Y-Y	416970000	458080000	875050000

2) Kekuatan lentur nominal balok (M_{nb})

Kekuatan lentur nominal balok diambil pada sisi kanan dan kiri kolom yang ditinjau untuk masing-masing arah.

Tabel 17. Kekuatan Lentur Nominal Balok.

Arah	Ukuran (mm)	Mnb Kanan (Nmm)	Mnb Kiri (Nmm)	$1,2 \times \Sigma Mnb$ (Nmm)
X-X	350/500	385166240	165626920	660951792
Y-Y	350/500	407565724	165626920	687831173

3) Kontrol *strong column weak beam*

Gedung eksisting memenuhi syarat *strong column weak beam* karena nilai $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \times \Sigma M_{nb}$ untuk mendukung pemodelan sendi plastis (*Hinge*).

Tabel 18. Kontrol SCWB (SNI 2847:2013).

Arah	ΣM_{nc} (Nmm)	Kontrol	$1,2 \Sigma M_{nb}$ (Nmm)	Ket.
X-X	1491670000	>	660951792	OK
Y-Y	875050000	>	687831173	OK

b. Gaya geser antar lantai

Nilai gaya geser antar lantai digunakan untuk beban dorong dalam analisis statik nonlinier *pushover*. Nilai gaya geser antar lantai ditentukan berdasarkan *structure results run analysis ETABS 2016*. Nilai gaya geser dasar merupakan lateral total yang terjadi pada tingkat dasar gedung.

Tabel 19. Gaya Geser Antar Lantai.

Lantai	Eksisting (kN)		Model 1 (kN)		Model 2 (kN)	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
TF	487,71	506,84	1072,15	528,23	1098,02	542,05
15	263,90	268,66	550,29	279,19	565,41	288,53
14	215,56	213,62	418,45	224,03	433,93	230,60
13	176,98	175,66	336,99	182,27	352,15	186,32
12	145,31	143,05	288,74	147,74	302,88	150,80
11	122,66	121,46	262,16	125,38	274,90	127,09
10	109,64	111,89	246,84	115,13	257,85	115,07
9	102,03	105,28	235,17	108,48	244,12	109,06
8	99,23	103,06	225,57	105,71	231,99	107,69
7	98,96	104,14	212,98	107,35	217,10	109,27
6	102,41	105,73	201,55	110,31	203,00	112,62
5	106,80	103,57	186,58	107,75	184,30	111,59
4	98,15	91,57	155,04	93,31	149,59	97,87
3	79,95	69,18	108,34	72,19	101,21	74,21
2	50,62	36,25	54,30	39,97	48,18	40,52
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	2259,90	2259,95	4555,16	2347,04	4664,63	2403,28

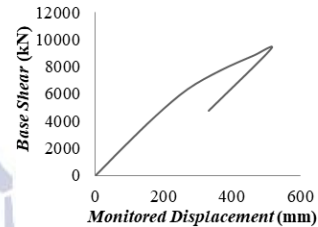
Tabel 20. Gaya Geser Antar Lantai.

Lantai	Model 3 (kN)		Model 4 (kN)		Model 5 (kN)	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
TF	1120,16	552,94	1124,02	568,91	1209,56	592,09
15	573,46	292,05	588,96	301,55	699,74	312,86
14	440,61	233,95	464,40	240,64	589,93	250,75
13	357,68	189,26	384,60	193,77	507,97	200,99
12	307,61	152,78	333,41	155,95	444,27	159,17
11	278,87	128,05	300,79	129,67	395,24	133,26
10	261,35	115,74	278,28	115,81	352,95	120,47
9	247,70	109,66	259,50	110,05	311,05	111,87
8	235,52	108,42	242,18	110,03	271,60	110,38
7	220,37	110,71	222,12	113,06	232,77	118,56
6	205,52	114,27	202,08	117,11	198,50	122,89
5	185,42	112,71	177,11	116,22	162,61	118,84
4	149,23	98,61	138,56	102,47	118,52	103,36
3	99,62	75,71	89,90	78,44	71,86	84,64
2	46,18	41,26	40,26	42,40	30,73	45,83
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	4729,30	2436,11	4846,16	2496,07	5597,30	2585,95

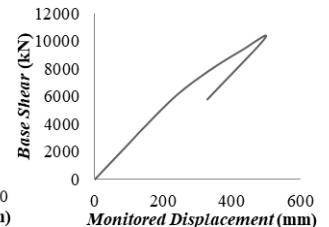
4. Run analysis tahap 3

Pada analisis statik nonlinier *pushover*, struktur dibebani hingga mencapai deformasi maksimal (Beban gravitasi dan dorong). Analisis tersebut memerlukan penambahan tulangan serta pemodelan sendi plastis pada elemen struktur.

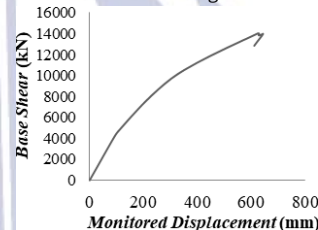
a. Kinerja struktur



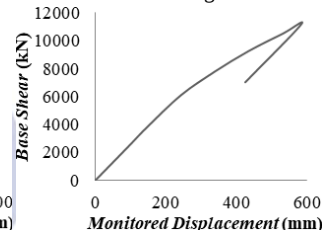
Gambar 8. Eksisting Arah X.



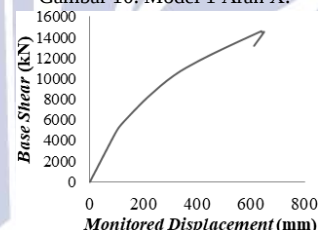
Gambar 9. Eksisting Arah Y.



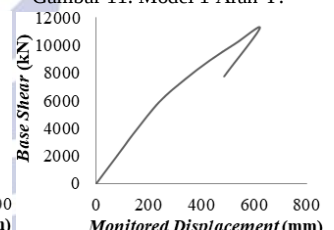
Gambar 10. Model 1 Arah X.



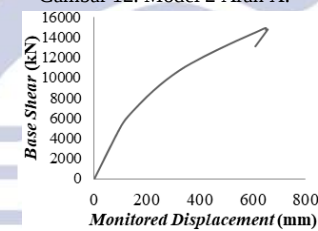
Gambar 11. Model 1 Arah Y.



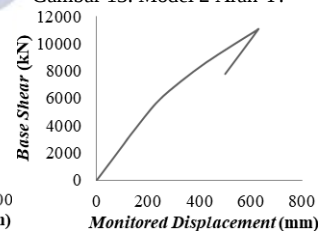
Gambar 12. Model 2 Arah X.



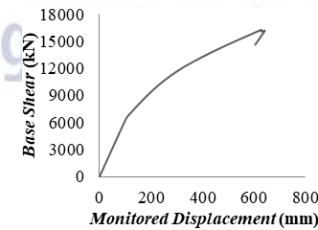
Gambar 13. Model 2 Arah Y.



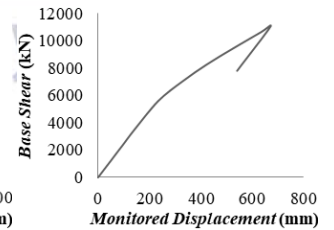
Gambar 14. Model 3 Arah X.



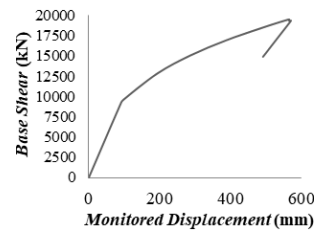
Gambar 15. Model 3 Arah Y.



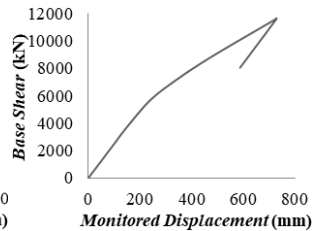
Gambar 16. Model 4 Arah X.



Gambar 17. Model 4 Arah Y.



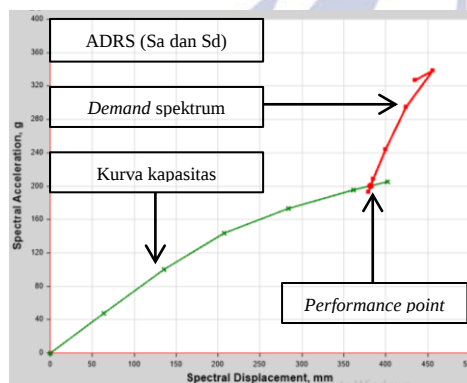
Gambar 18. Model 5 Arah X.



Gambar 19. Model 5 Arah Y.

Kinerja struktur digambarkan dengan kurva kapasitas berdasarkan *static pushover curve run analysis* ETABS 2016. Dari hasil analisis, gedung eksisting sampai model 5 dibebani hingga terjadi penurunan kurva. Gedung eksisting mampu menahan gaya geser terkecil saat mengalami penurunan kurva (Arah X: 9335,74 kN dan Arah Y: 10257,86 kN), sedangkan gedung model 5 mampu menahan gaya geser terbesar saat mengalami penurunan kurva (Arah X: 19390,63 kN dan Arah Y: 11648,41 kN).

b. Titik kinerja struktur



Gambar 20. Titik Kinerja Gedung.

Titik kinerja struktur ditentukan berdasarkan *performance point run analysis* ETABS 2016 dengan metode spektrum kapasitas. Metode tersebut dilakukan dengan memplotkan *demand* spektrum dengan kurva kapasitas dalam format ADRS (S_a dan S_d).

Tabel 21. Perpindahan Atap (*Performance Point*).

Gedung	Perpindahan Atap (mm)	
	Arah X	Arah Y
Eksisting	489,411	492,494
Model 1	400,770	509,512
Model 2	378,376	524,009
Model 3	365,421	532,581
Model 4	327,925	545,812
Model 5	252,250	568,001

c. Level kinerja struktur

Perpindahan atap (*Performance point*) harus dikontrol terhadap perpindahan limit berdasarkan ATC 40 pasal 11.3.3. Level kinerja struktur ditentukan berdasarkan simpangan total maksimum gedung.

$$STM = \frac{\text{Perpindahan atap}}{\text{Total tinggi gedung}} \quad (24)$$

Tabel 22. Level Kinerja Struktur (ATC 40).

Gedung	Arah X		Arah Y	
	STM	Level Kinerja	STM	Level Kinerja
Eksisting	0,0105	DC	0,0106	DC
Model 1	0,0086	IO	0,0109	DC
Model 2	0,0081	IO	0,0112	DC
Model 3	0,0078	IO	0,0114	DC
Model 4	0,0070	IO	0,0117	DC
Model 5	0,0054	IO	0,0122	DC

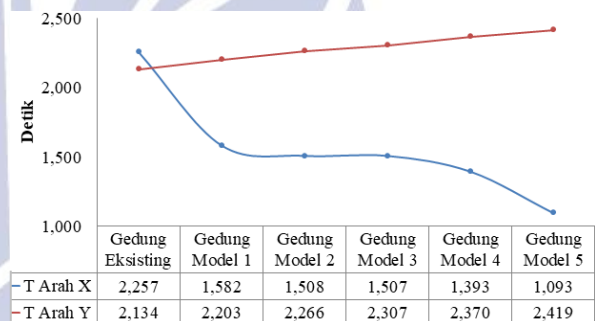
Keterangan :
 STM = Simpangan Total Maksimum
 DC = *Damage Control*
 IO = *Immediate Occupancy*

Pengaruh Penambahan Dinding Geser

1. Analisa perioda fundamental struktur (T)

Tabel 23. Perioda Fundamental (SNI 1726:2012).

Gedung	Arah X (Detik)		Arah Y (Detik)	
	T	A. Perbedaan	T	A. Perbedaan
Eksisting	2,257	0,000	2,134	0,000
Model 1	1,582	-0,675	2,203	0,069
Model 2	1,508	-0,749	2,266	0,132
Model 3	1,507	-0,750	2,307	0,173
Model 4	1,393	-0,864	2,370	0,236
Model 5	1,093	-1,164	2,419	0,285



Gambar 21. Perioda Fundamental (SNI 1726:2012).

a. Perioda fundamental struktur arah X

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai T arah X gedung eksisting sebesar 2,257 detik, gedung model 1 sebesar 1,582 detik, gedung model 2 sebesar 1,508 detik, gedung model 3 sebesar 1,507 detik, gedung model 4 sebesar 1,393 detik, sedangkan gedung model 5 sebesar 1,093 detik.

Gedung eksisting memiliki nilai T arah X terbesar, sedangkan gedung model 5 memiliki nilai T arah X terkecil. Gedung model 1 memiliki nilai T arah X lebih kecil 0,675 detik dibanding gedung eksisting. Gedung model 2 memiliki nilai T arah X lebih kecil 0,749 detik dibanding gedung eksisting. Gedung model 3 memiliki nilai T

arah X lebih kecil 0,750 detik dibanding gedung eksisting. Gedung model 4 memiliki nilai T arah X lebih kecil 0,864 detik dibanding gedung eksisting. Gedung model 5 memiliki nilai T arah X lebih kecil 1,164 detik dibanding gedung eksisting.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dinding geser berpengaruh terhadap penurunan nilai T arah X karena peningkatan kekakuan. Semakin besar luasan dinding geser yang ditambahkan maka semakin besar peningkatan kekakuan. Penambahan dinding geser dapat meminimalkan pergerakan gedung akibat beban rencana, sehingga berpengaruh terhadap penurunan nilai T arah X. Hasil penelitian sejalan dengan teori Bambang Budiono dkk (2017), bahwa penambahan dinding geser dalam perencanaan gedung tinggi dapat menahan beban gempa serta memperbesar kekakuan. Hasil penelitian juga memperkuat penelitian Irwan Wahyu W. (2017), bahwa penambahan dinding geser dapat menyerap beban gempa dengan baik serta memperkecil pergerakan pada gedung.

b. Periode fundamental struktur arah Y

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai T arah Y gedung eksisting sebesar 2,134 detik, gedung model 1 sebesar 2,203 detik, gedung model 2 sebesar 2,266 detik, gedung model 3 sebesar 2,307 detik, gedung model 4 sebesar 2,370 detik, sedangkan gedung model 5 sebesar 2,419 detik. Gedung eksisting memiliki nilai T arah Y terkecil, sedangkan gedung model 5 memiliki nilai T arah Y terbesar. Gedung model 5 memiliki nilai T arah Y lebih besar 0,285 detik dibanding gedung eksisting.

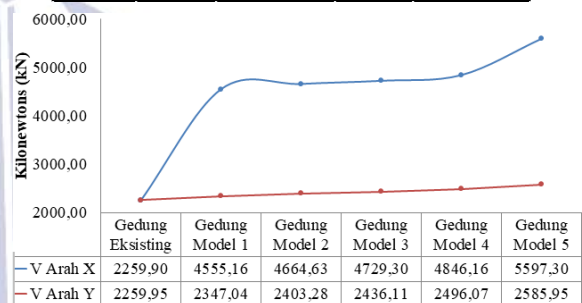
Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dinding geser arah X berpengaruh terhadap peningkatan nilai T arah Y karena penurunan kekakuan gedung. Penurunan kekakuan gedung dipengaruhi

oleh berkurangnya dimensi kolom arah Y akibat pemodelan *pier* dinding geser. Kolom dengan dimensi 600 - 900 mm digantikan dinding geser dengan tebal 400 mm.

2. Analisa gaya geser dasar (V)

Tabel 24. Gaya Geser Dasar (SNI 1726:2012).

Gedung	Arah X (kN)		Arah Y (kN)	
	V	A. Perbedaan	V	A. Perbedaan
Eksisting	2259,90	0,00	2259,95	0,00
Model 1	4555,16	2295,26	2347,04	87,08
Model 2	4664,63	2404,73	2403,28	143,33
Model 3	4729,30	2469,40	2436,11	176,16
Model 4	4846,16	2586,26	2496,07	236,12
Model 5	5597,30	3337,40	2585,95	326,00



Gambar 22. Gaya Geser Dasar (SNI 1726:2012).

a. Gaya geser dasar arah X

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai V arah X gedung eksisting sebesar 2259,90 kN, gedung model 1 sebesar 4555,16 kN, gedung model 2 sebesar 4664,63 kN, gedung model 3 sebesar 4729,30 kN, gedung model 4 sebesar 4846,16 kN, sedangkan gedung model 5 sebesar 5597,30 kN.

Gedung eksisting memiliki nilai V arah X terkecil, sedangkan gedung model 5 memiliki nilai V arah X terbesar. Gedung model 1 memiliki nilai V arah X lebih besar 2295,26 kN dibanding gedung eksisting. Gedung model 2 memiliki nilai V arah X lebih besar 2404,73 kN dibanding gedung eksisting. Gedung model 3 memiliki nilai V arah X lebih besar 2469,40 kN dibanding gedung eksisting. Gedung model 4 memiliki nilai V arah X lebih besar 2586,26 dibanding gedung eksisting. Sedangkan gedung model 5 memiliki nilai V arah X lebih besar 3337,40 kN dibanding gedung eksisting.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dinding geser berpengaruh terhadap peningkatan nilai V arah X karena peningkatan nilai berat seismik efektif. Semakin besar luasan dinding geser yang ditambahkan maka semakin besar peningkatan nilai berat seismik efektif. Peningkatan signifikan nilai V arah X juga dipengaruhi oleh peningkatan nilai koefisien respons seismik. Hasil penelitian sejalan dengan teori SNI 1726:2012, bahwa nilai gaya geser dasar pada gedung ditentukan berdasarkan nilai berat seismik efektif dan nilai koefisien respons seismik. Hasil penelitian juga memperkuat penelitian Afie Fakhruy (2017), bahwa penambahan dinding geser dapat memperbesar nilai gaya geser dasar pada gedung karena pengaruh peningkatan nilai berat seismik efektif.

b. Gaya geser dasar arah Y

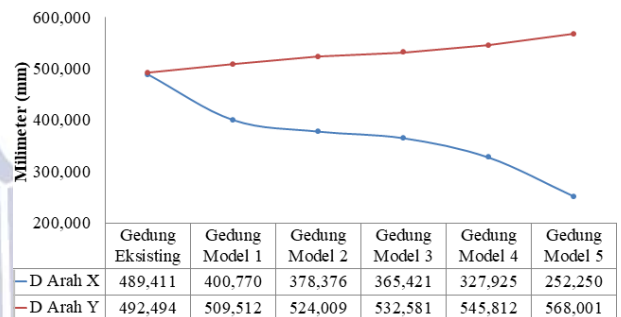
Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai V arah Y gedung eksisting sebesar 2259,95 kN, gedung model 1 sebesar 2347,04 kN, gedung model 2 sebesar 2403,28 kN, gedung model 3 sebesar 2436,11 kN, gedung model 4 sebesar 2496,07 kN, sedangkan gedung model 5 sebesar 2585,95 kN. Gedung eksisting memiliki nilai V arah Y terkecil, sedangkan gedung model 5 memiliki nilai V arah Y terbesar. Gedung model 5 memiliki nilai V arah Y lebih besar 326,00 kN dibanding gedung eksisting.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dinding geser arah X berpengaruh terhadap peningkatan nilai V arah Y karena peningkatan nilai berat seismik efektif. Semakin besar luasan dinding geser yang ditambahkan maka semakin besar peningkatan nilai berat seismik efektif. Peningkatan nilai V arah Y tidak signifikan karena nilai koefisien respons seismik tidak mengalami perubahan.

3. Analisa level kinerja struktur

Tabel 25. Level Kinerja Struktur (ATC 40).

Gedung	Arah X				Arah Y			
	D (mm)	Beda (mm)	STM	Level	D (mm)	Beda (mm)	STM	Level
Eksisting	489,411	0,000	0,0105	DC	492,494	0,000	0,0106	DC
Model 1	400,770	-88,641	0,0086	IO	509,512	17,018	0,0109	DC
Model 2	378,376	-111,035	0,0081	IO	524,009	31,515	0,0112	DC
Model 3	365,421	-123,990	0,0078	IO	532,581	40,087	0,0114	DC
Model 4	327,925	-161,486	0,0070	IO	545,812	53,318	0,0117	DC
Model 5	252,250	-237,161	0,0054	IO	568,001	75,507	0,0122	DC



Gambar 23. Perpindahan Atap (ATC 40).

a. Level kinerja struktur arah X

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja struktur arah X gedung eksisting adalah 489,411 mm (DC), gedung model 1 adalah 400,770 mm (IO), gedung model 2 adalah 378,376 mm (IO), gedung model 3 adalah 365,421 mm (IO), gedung model 4 adalah 327,925 mm (IO), sedangkan gedung model 5 adalah 252,250 mm (IO).

Gedung eksisting memiliki nilai D arah X terbesar, sedangkan gedung model 5 memiliki nilai D arah X terkecil. Gedung model 1 memiliki nilai D arah X lebih kecil 88,641 mm dibanding gedung eksisting. Gedung model 2 memiliki nilai D arah X lebih kecil 111,035 mm dibanding gedung eksisting. Gedung model 3 memiliki nilai D arah X lebih kecil 123,990 mm dibanding gedung eksisting. Gedung model 4 memiliki nilai D arah X lebih kecil 161,486 mm dibanding gedung eksisting. Gedung model 5 memiliki nilai D arah X lebih kecil 237,161 mm dibanding gedung eksisting.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dinding geser berpengaruh terhadap peningkatan level kinerja struktur arah X (DC menjadi IO) karena penurunan

nilai perpindahan atap serta nilai simpangan total maksimum. Penurunan nilai tersebut dipengaruhi oleh peningkatan kekakuan serta penurunan perioda fundamental struktur. Hasil penelitian memperkuat penelitian Basit Al H. (2014), bahwa dinding geser dapat mereduksi perpindahan atap gedung. Serta memperkuat penelitian Santi Gloria (2016), bahwa dinding geser dapat memperkecil simpangan saat titik kinerja struktur tercapai.

b. Level kinerja struktur arah Y

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja struktur arah Y gedung eksisting adalah 492,494 mm (DC), gedung model 1 adalah 509,512 mm (DC), gedung model 2 adalah 524,009 mm (DC), gedung model 3 adalah 532,581 mm (DC), gedung model 4 adalah 545,812 mm (DC), serta gedung model 5 adalah 568,001 mm (DC). Gedung eksisting memiliki nilai D arah Y terkecil, sedangkan gedung model 5 memiliki nilai D arah Y terbesar. Gedung model 5 memiliki nilai D arah Y lebih besar 75,507 mm dibanding gedung eksisting.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dinding geser arah X tidak berpengaruh terhadap perubahan level kinerja struktur arah Y (DC), namun berpengaruh terhadap peningkatan nilai perpindahan atap serta nilai simpangan total maksimum. Peningkatan nilai tersebut dipengaruhi oleh penurunan kekakuan serta peningkatan perioda fundamental struktur.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Kinerja struktur gedung eksisting arah X adalah 489,411 mm (DC) serta arah Y adalah 492,494 mm (DC), model 1 arah X berkurang 88,641 mm (400,770 mm : IO) serta arah Y bertambah 17,018 mm (509,512 mm : DC), model 2 arah X berkurang 111,035 mm (378,376 mm : IO) serta arah Y bertambah 31,515 mm (524,009 mm : DC), model 3 arah X berkurang 123,990 mm

(365,421 mm : IO) serta arah Y bertambah 40,087 mm (532,581 mm : DC), model 4 arah X berkurang 161,486 mm (327,925 mm : IO) serta arah Y bertambah 53,318 mm (545,812 mm : DC), sedangkan model 5 arah X berkurang 237,161 mm (252,250 mm : IO) serta arah Y bertambah 75,507 mm (568,001 mm : DC).

2. Titik maksimum kinerja arah X terjadi pada model 5 (252,250 mm : IO), sedangkan arah Y pada gedung eksisting (492,494 mm : DC).
3. Penambahan dinding geser berpengaruh terhadap peningkatan kekakuan gedung arah X serta penurunan kekakuan gedung arah Y.

Saran

1. Perlu dilakukan pengembangan penelitian dengan melakukan analisis *time history method*.
2. Perlu dilakukan analisa berdasarkan parameter FEMA 356 serta FEMA 440.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Muhammad Imaduddin, S.T., M.T. yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afie Fakhruy. (2017). *Analisis Perbandingan Respons Struktur dengan Sistem Rangka Open Frame, Shear Wall Semi-Rigid dan Full-Rigid*. REKATS. Vol. (3): 324-330.
- [2] ATC 40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume 1*. California: Seismic Safety Commission State of California.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- [4] Basit Al Hanif. (2014). *Analisis Pengaruh Shear Wall terhadap Simpangan Struktur Gedung Akibat Gempa Dinamis*. Jurnal Konstruksia. Vol. (5): 79-110.
- [5] Budiono, Bambang, dkk. (2017). *Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Rangka Pemikul Momen Khusus dan Dinding Struktur Khusus di Jakarta*. Bandung: ITB.
- [6] Dilla Ayu Laila N. dan Faimun. (2017). *Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan Time History untuk Desain Gedung*. Jurnal Teknik ITS. Vol. (6): C33-C38.
- [7] Irwan Wahyu Wicaksana. (2017). *Pengaruh Penambahan Dinding Geser pada Perencanaan Ulang Gedung Fave Hotel Surabaya*. REKATS. Vol. (1): 123-128.
- [8] Masbudi. (2015). *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung dengan Analisis Pushover*. Jurnal Matriks TS. Vol. (-): 1056-1064.
- [9] Santi Gloria Hutahaean. (2016). *Kajian Pemakaian Shear Wall dan Bracing pada Gedung Bertingkat*. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. Vol. (2): 100-111.
- [10] Sekar Arum D. J. (2015). *Kinerja Struktur Gedung Tinggi dengan Pemodelan Dinding Geser Sebagai Core Wall*. Jurnal Matriks TS. Vol. (-): 377-385.
- [11] Syanne Pangemanan dan Helen G. (2017). *Analisis Pushover Perilaku Seismik Struktur Bangunan Bertingkat*. Prosiding Simposium II. Vol. (-): 365-373.
- [12] Tavio, dan Usman Wijaya. (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.