

Analisis Penambahan Dinding Geser pada Gedung dengan Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b akibat Beban Gempa

Muhammad Arie Farkhan¹, Wahyu Kartini², Cintantya Budi Casita³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia

(¹17035010028@student.upnjatim.ac.id; ²wahyu.ts@upnjatim.ac.id; ³cintantyaubi.ts@upnjatim.ac.id)

ABSTRAK

Kinerja suatu gedung sangat dipengaruhi oleh konfigurasi struktur gedung saat terjadi gempa. Terdapat dua jenis struktur, yakni struktur beraturan dan struktur gedung tidak beraturan. Konfigurasi struktur gedung yang tidak beraturan dapat menurunkan tingkat keamanan gedung saat terkena gempa. Oleh karena itu, struktur gedung perlu diperkuat dengan tujuan mengurangi terjadinya keruntuhan, salah satunya adalah dengan memberikan dinding geser dalam suatu struktur. Sistem struktur digunakan sistem ganda dimana perpaduan antara sistem rangka pemikul momen dan dinding struktur. Dalam penelitian ini dilakukan analisis sistem ganda dengan dua tipe penempatan dinding geser. Dinding geser sebagai dinding tunggal dengan letak pada exterior gedung pada sudut dan bagian tengah gedung. Dalam penelitian ini digunakan analisa respon dinamis dengan wilayah gempa Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dinding geser mampu menambah kekakuan gedung dan menjadikan gedung dengan ketidakberaturan vertikal tingkat 1a dan 1b dapat dihindari.

Kata Kunci : Kekakuan, Ketidakberaturan Vertikal, Respon Spektrum, Dinding Geser

ABSTRACT

When a building is attacked by an earthquake, the configuration of the building's construction has a significant impact on its performance. Regular structures and irregular building structures are the two sorts of constructions. When a building is struck by an earthquake, the uneven configuration of the structure can compromise its safety. As a result, the building structure must be strengthened to reduce the likelihood of collapse due to an earthquake. In earthquake-prone areas, shear walls can be used to reinforce structures. The structural system employed is a dual system that incorporates a moment resisting frame structure and a structural wall. Two forms of shear wall placement are used in the dual system analysis. Shear wall is defined as a single wall with a placement on the building's exterior at the corner and center. With the Surabaya earthquake area, dynamic response analysis was used in this study. The results suggest that shear walls can increase a building's stiffness and make buildings with level 1a and 1b vertical irregularities avoidable.

Keywords : Stiffness, Vertical Irregularity, Response Spectrum, Shear Wall

I. PENDAHULUAN

Konsep dasar menurut SNI 1726-2002 mengenai struktur gedung tahan gempa adalah banyaknya korban jiwa dapat diminimalisir akibat dari terjadinya gempa kuat, dampak dari kerusakan gedung dapat diperbaiki akibat gempa sedang, ketidaknyamanan gedung saat terjadi gempa ringan dapat dibatasi [1].

Kinerja gedung sewaktu terkena gempa sangat dipengaruhi oleh konfigurasi atau keteraturan (beraturan atau tidak) gedung. Pada SNI 1729 Pasal 4.2.1 mengatur 9 tipe struktur beraturan dan Pasal 4.2.2 menetapkan struktur yang tidak memenuhi Pasal 4.2.2 dianggap sebagai struktur gedung tidak beraturan. *Uniform Building Code*

(UBC) menetapkan berbagai tipe ketidakaturan struktur yang menyajikan 5 tipe yang berbeda – beda ketidakaturan vertikal struktur dan menetapkan 5 tipe yang berbeda – beda ketidakaturan denah struktur [2].

Struktur beton pada bangunan didominasi oleh elemen pelat, balok dan kolom, mengingat guna memperkuat ketahanan gedung akan gempa dilakukan satu elemen yang lain yang serupa dengan pelat arah vertikal atau dinding geser. Goyangan akibat gempa dapat diredam dengan kinerja yang sangat baik dari dinding geser [3].

Dinding geser, sebagai elemen struktur kaku, pada bangunan bertingkat seismik berfungsi untuk menahan kombinasi gaya geser, momen dan normal yang

ditimbulkan oleh beban gempa. Jika dinding dalam suatu bangunan kaku, sebagian besar beban akibat gempa akan diserap oleh dinding [4].

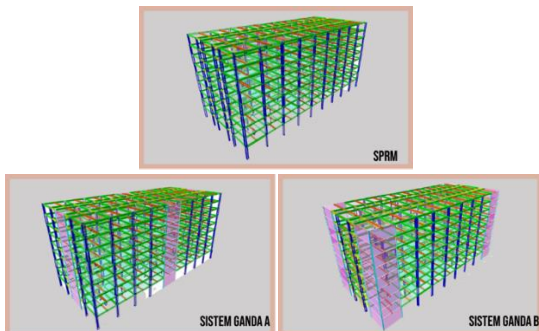
Sistem tipe ganda memiliki 3 karakteristik utama. Pertama, rangka ruang lengkap dalam bentuk SRPM, yang penting untuk menerima beban gravitasi. Kedua, pemikul beban lateral dilakukan oleh dinding struktural dan sistem rangka pemikul momen, di mana yang terakhir setidaknya dapat menahan 25% dari beban geser nominal (V). Ketiga, dinding struktural dan sistem rangka pemikul momen dirancang untuk menahan beban geser nominal proporsional tergantung pada kekakuan relatifnya. [2].

Makna dari batasan 25% adalah struktur rangka diperbolehkan memikul gaya gempa dengan prosesi lebih besar dari 25%, namun tidak diizinkan bila didesain dengan kapasitas kurang dari 25%. Hal ini dimaksudkan jika struktur *shear wall* hancur/rusak, maka struktur rangka setidaknya memiliki cadangan 25% dalam memikul sisa energi gempa yang ada [5].

Penelitian mengenai pengaruh shear wall terhadap simpangan struktur akibat gempa dinamis, menjelaskan bahwa gedung dengan dinding geser memiliki nilai kekakuan yang lebih baik dibanding tanpa dinding geser. Simpangan layan mampu direduksi untuk arah x dan y sebesar 41,52% dan 10,36% , untuk simpangan ultimit mampu direduksi untuk arah x dan y sebesar 30,89% dan 5,94% [6]. Dalam penelitian lain menjelaskan bahwa bentuk dinding geser berpengaruh pada kekakuan struktur yang menyebabkan nilai simpangan yang berbeda-beda tiap desain [7].

II. METODE

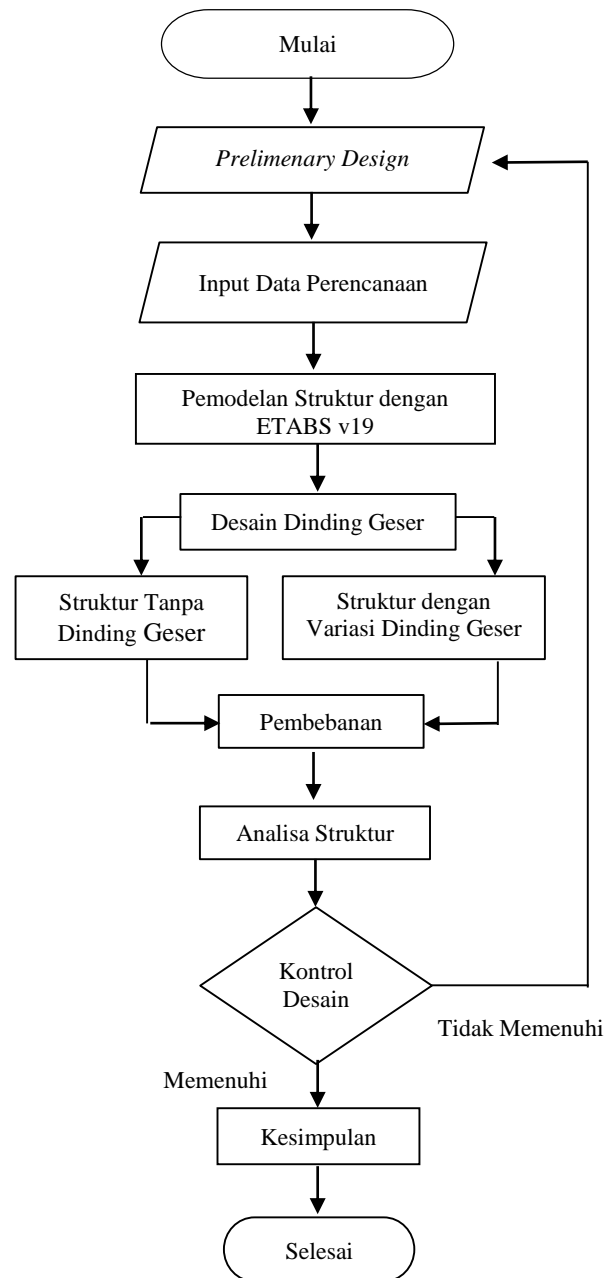
Pengaruh ketidakberaturan vertikal dinding geser tingkat 1a dan 1b akan dianalisis pada penelitian ini. Sebagai komparasi, sistem struktur ganda dengan dua model penempatan dinding geser pada sisi eksterior gedung akan dilakukan; yaitu ditempatkan pada empat sisi dibagian tengah gedung, dan pada keempat sudut gedung.



Gambar 1. Pemodelan Gedung

2.1 Alur Penelitian

Diagram alir penelitian analisa pengaruh dinding geser akibat beban gempa, urutan perencanaan dilakukan dengan tahapan-tahapan ditunjukkan pada Gambar 2 :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.2 Data Perencanaan

Gedung rumah sakit tipe B1 RSUD dr M Soewandhie menggunakan beton bertulang sesuai [8] dengan data sebagai berikut:

Tinggi Bangunan	: 39 m
Mutu Beton, f'_c	
Kolom	: 35 MPa

Dinding Geser	: 35 MPa
Balok dan Pelat	: 30 MPa
Mutu Baja, fy	
BJTD	: 420 MPa
BJTP	: 240 MPa

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada gedung Rumah Sakit Dr. Soewandhie yang dikerjakan oleh PT. Pembangunan Perumahan (PP) - PT. Bangun Mitra Persada, yang berlokasi di Jl. Tambak Rejo No. 45-47, Tambak Rejo, Kec. Simokerto, Kota Surabaya.

2.3 Analisis Data

Analisa dilakukan dengan bantuan software ETABS v 19 dimana struktur didesain dengan metode respon spektrum. Metode respons spektrum adalah metode yang lebih sederhana dan lebih cepat daripada metode *time history*. Respon maksimum dapat ditemukan dalam waktu yang relatif singkat dibandingkan dengan metode *time history*, yaitu dengan menggunakan respons spektrum yang sudah ada di setiap wilayah gempa. [9]. Selanjutnya dilakukan pengecekan kekakuan dengan software ETABS v19.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kombinasi Pembebanan

Konsep pembebanan gempa dengan arah ortogonal (100% dan 30%) yang terdapat dalam SNI 1726 Ps 7.5.3 da Ps 12.6.3.3. Beban Super Imposed Deas Load (SIDL), nilai SDS = 0,615 dan $\rho = 1,3$

- $1,4 (D + SIDL)$ (1)
 $1,4 D + 1,4 SIDL$
- $1,2 (D + SIDL) + 1,6L$ (2)
 $1,2 D + 1,2 SIDL + 1,6 L$
- $(1,2 + 0,2SDS) (D + SIDL) + L + 1,0\rho Q_x + 0,3\rho Q_y$ (3)
 $1,323 D + 1,323 SIDL + L + 1,3 Q_x + 0,39 Q_y$
- $(1,2 + 0,2SDS) (D + SIDL) + L + 0,3\rho Q_x + 1,0\rho Q_y$ (4)
 $1,323 D + 1,323 SIDL + L + 0,39 Q_x + 1,3 Q_y$
- $(0,9 - 0,2SDS) (D + SIDL) + 1,0\rho Q_x + 0,3\rho Q_y$ (5)
 $0,777 D + 0,777 SIDL + 1,3 Q_x + 0,39 Q_y$
- $(0,9 - 0,2SDS) (D + SIDL) + 0,3\rho Q_x + 1,0\rho Q_y$ (6)
 $0,777 D + 0,777 SIDL + 0,39 Q_x + 1,3 Q_y$

dimana:

- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- SDS = Percepatan respons spektral pada perioda pendek
- ρ = Faktor redundansi struktur
- Q_x = Beban gempa arah x
- Q_y = Beban gempa arah y

3.2 Pengecakan Ketidakberaturan Vertikal

SNI 1726:2019 pasal 7.3.3 pada tabel 14 dijelaskan bahwa kekakuan vertikal tingkat lunak yang tidak beraturan adalah jika ada tingkat yang kekakuannya

kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga lantai di atas (1a) dan kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atas atau di bawah 70% rata-rata kekakuan tiga tingkat di atas (1b). Diperoleh dari hasil analisa ETABS ditampilkan pada tabel berikut [2];

Tabel 1. Cek Ketidakberaturan Vertikal Gempa X SPRM

Story	Shear X	Drift X	Stiff X	Cek 70%	Cek 60%
	kN	mm	kN/m		
Lt 9	3078,86	9,46	325517,65		
Lt 8	204,18	6,45	31674,73	Not Ok	Not Ok
Lt 7	378,22	10,45	36199,07	Ok	Ok
Lt 6	553,58	14,46	38293,06	Ok	Ok
Lt 5	722,18	18,29	39487,84	Ok	Ok
Lt 4	842,96	28,90	29172,04	Ok	Ok
Lt 3	984,33	25,00	39374,90	Ok	Ok
Lt 2	927,62	24,56	37771,87	Ok	Ok
Lt 1	970,43	43,43	22344,33	Not Ok	Not Ok

Sumber : Hasil Penelitian

Ketidakteraturan vertikal tingkat 1a dan 1b sama terjadi pada lantai 1 dan 8 akibat beban gempa arah X gedung sistem permikul rangka momen.

Tabel 2. Cek Ketidakberaturan Vertikal Gempa Y SPRM

Story	Shear X	Drift X	Stiff X	Cek 70%	Cek 60%
	kN	mm	kN/m		
Lt 9	3077,54	10,46	294199,47		
Lt 8	220,40	9,38	23494,50	Not Ok	Not Ok
Lt 7	327,96	13,76	23833,34	Ok	Ok
Lt 6	434,67	18,14	23961,51	Ok	Ok
Lt 5	547,35	22,80	24007,61	Ok	Ok
Lt 4	430,13	34,71	12392,44	Not Ok	Not Ok
Lt 3	672,52	27,57	24390,06	Ok	Ok
Lt 2	361,75	25,65	14105,29	Not Ok	Not Ok
Lt 1	205,10	22,65	9055,58	Not Ok	Ok

Sumber : Hasil Penelitian

Ketidakteraturan vertikal tingkat 1a terjadi pada lantai 1,2,4 dan 8, sementara untuk tingkat 1b terjadi pada 2,4 dan 8 akibat beban gempa arah X gedung sistem permikul rangka momen.

Tabel 3. Cek Ketidakberaturan Vertikal Gempa X SG A

Story	Shear X kN	Drift X mm	Stiff X kN/m	Cek 70%	Cek 60%
Lt 9	4601,09	14,25	322903,29		
Lt 8	11168,53	15,33	728722,94	Ok	Ok
Lt 7	16730,74	15,59	1073119,61	Ok	Ok
Lt 6	21067,45	15,73	1339226,95	Ok	Ok
Lt 5	24864,56	15,35	1620163,37	Ok	Ok
Lt 4	27936,60	17,81	1568488,22	Ok	Ok
Lt 3	30134,41	11,92	2528722,19	Ok	Ok
Lt 2	31620,61	9,33	3389374,31	Ok	Ok
Lt 1	32465,72	7,84	4141070,68	Ok	Ok

Sumber : Hasil Penelitian

Pada gedung dengan sistem ganda tipe A, ketidakberaturan vertikal tingkat 1a dan 1b dapat dihindari akibat beban gempa arah X.

Tabel 4. Cek Ketidakberaturan Vertikal Gempa Y SG A

Story	Shear X kN	Drift X mm	Stiff X kN/m	Cek 70%	Cek 60%
Lt 9	4574,66	13,42	340797,85		
Lt 8	11156,98	14,41	774242,16	Ok	Ok
Lt 7	16730,29	14,86	1125923,86	Ok	Ok
Lt 6	21082,26	15,01	1404872,46	Ok	Ok
Lt 5	24901,14	14,84	1678345,04	Ok	Ok
Lt 4	27992,31	17,40	1608578,81	Ok	Ok
Lt 3	30202,91	11,46	2634783,16	Ok	Ok
Lt 2	31702,47	9,02	3514432,83	Ok	Ok
Lt 1	32560,46	7,77	4190734,96	Ok	Ok

Sumber : Hasil Penelitian

Pada gedung dengan sistem ganda tipe A, ketidakberaturan vertikal tingkat 1a dan 1b dapat dihindari akibat beban gempa arah Y.

Tabel 5. Cek Ketidakberaturan Vertikal Gempa X SG B

Story	Shear X kN	Drift X mm	Stiff X kN/m	Cek 70%	Cek 60%
Lt 9	4644,08	7,83	593414,40		
Lt 8	11077,10	8,33	1330471,68	Ok	Ok

Lt 7	16479,57	8,32	1981923,91	Ok	Ok
Lt 6	20631,31	8,26	2499187,03	Ok	Ok
Lt 5	24273,66	7,91	3067216,76	Ok	Ok
Lt 4	27223,13	9,18	2965660,47	Ok	Ok
Lt 3	29336,85	5,99	4902039,14	Ok	Ok
Lt 2	30809,21	5,11	6027485,18	Ok	Ok
Lt 1	31641,38	4,06	7791122,87	Ok	Ok

Sumber : Hasil Penelitian

Ketidakberaturan vertikal tingkat 1a dan 1b pada gedung dengan sistem ganda tipe B juga dapat dihindari akibat beban gempa arah X.

Tabel 6 Cek Ketidakberaturan Vertikal Gempa Y SG B

Story	Shear X kN	Drift X mm	Stiff X kN/m	Cek 70%	Cek 60%
Lt 9	4630,72	7,41	624942,62		
Lt 8	11063,69	7,76	1425705,89	Ok	Ok
Lt 7	16479,14	7,91	2083333,37	Ok	Ok
Lt 6	20651,18	7,88	2621041,73	Ok	Ok
Lt 5	24316,86	7,57	3210921,48	Ok	Ok
Lt 4	27285,25	8,82	3092443,74	Ok	Ok
Lt 3	29411,26	5,82	5054399,49	Ok	Ok
Lt 2	30890,99	4,16	7433555,46	Ok	Ok
Lt 1	31727,79	3,99	7954593,94	Ok	Ok

Sumber : Hasil Penelitian

Ketidakberaturan vertikal tingkat 1a dan 1b pada gedung dengan sistem ganda tipe B juga dapat dihindari akibat beban gempa arah X.

Berdasarkan analisa diatas bangunan mengalami ketidakberaturan secara vertikal pada kekakuan antar lantai. Gedung SPRMK mengalami softstorey dimana prosentase kekakuan kurang dari 70% lantai di atasnya. Sedangkan gedung dengan sistem ganda tidak mengalami ketidakberaturan vertikal.

3.3 Simpangan Antar Lantai

Simpangan izin untuk tinggi tiap lantai berdasarkan [10], dengan persamaan :

$$\delta_a = 0,015hs_x \quad (7)$$

didapatkan :

$$4 \text{ m} = 60 \text{ mm}$$

$$5 \text{ m} = 75 \text{ mm}$$

6 m = 90 mm

Dengan rumus lain :

$$\delta x = (Cd \cdot \delta x_e) / I \quad (8)$$

$$\delta x_e = \delta e_n - \delta e_{(n-1)} \quad (9)$$

δe = nilai simpangan dari ETABS

berikut hasil perhitungan untuk simpangan antar lantai :

Tabel 7. Simpangan Tiap Lantai akibat Gempa Arah X Gedung SRPMK

Lantai	hn	δe mm	δx_e mm	δx mm	δa mm	Keterangan
Atap	400	123,5	4,1	15,0	60	Memenuhi
9	400	119,4	8,4	31,0	60	Memenuhi
8	400	111,0	12,2	44,8	60	Memenuhi
7	400	98,7	14,0	51,3	60	Memenuhi
6	400	84,7	15,8	58,2	60	Memenuhi
5	400	68,8	19,6	72,1	75	Memenuhi
4	400	49,2	15,3	56,2	60	Memenuhi
3	400	33,8	16,0	58,8	60	Memenuhi
2	400	17,8	17,8	65,3	90	Memenuhi
1	400	0,0	0,0	0,0		

Sumber : Hasil Penelitian

Kontrol simpangan pada tiap lantai akibat beban gempa arah X gedung dengan sistem rangka pemikul momen memenuhi persyaratan ijin.

Tabel 8. Simpangan tiap Lantai akibat Gempa arah Y Gedung SRPMK

Lantai	hn	δe mm	δy_e mm	δy mm	δa mm	Keterangan
Atap	400	119,3	3,9	14,3	60	Memenuhi
9	400	115,4	8,1	29,8	60	Memenuhi
8	400	107,2	11,2	41,1	60	Memenuhi
7	400	96,0	12,7	46,4	60	Memenuhi
6	400	83,4	15,8	57,9	60	Memenuhi
5	400	67,6	19,4	71,3	75	Memenuhi
4	400	48,1	15,5	56,9	60	Memenuhi
3	400	32,6	16,0	58,7	60	Memenuhi
2	400	16,6	16,6	60,9	90	Memenuhi
1	400	0,0	0,0	0,0		

Sumber : Hasil Penelitian

Kontrol simpangan pada tiap lantai akibat beban gempa arah Y gedung dengan sistem rangka pemikul momen memenuhi persyaratan ijin.

Tabel 9. Simpangan Tiap Lantai akibat Gempa arah X Gedung Sistem Ganda Tipe A

Lantai	hn	δe mm	δx_e mm	δx mm	δa mm	Keterangan
Atap	400	115,9	13,3	48,9	60	Memenuhi
9	400	102,6	14,1	51,6	60	Memenuhi
8	400	88,5	14,5	53,1	60	Memenuhi
7	400	74,0	14,6	53,6	60	Memenuhi
6	400	59,4	14,4	52,7	60	Memenuhi
5	400	45,0	16,9	61,9	75	Memenuhi
4	400	28,1	11,6	42,5	60	Memenuhi
3	400	16,6	9,2	33,8	60	Memenuhi
2	400	7,3	7,3	26,9	90	Memenuhi
1	400	0,0	0,0	0,0		

Sumber : Hasil Penelitian

Kontrol simpangan pada tiap lantai akibat beban gempa arah X gedung dengan sistem ganda tipe A memenuhi persyaratan ijin.

Tabel 10. Simpangan Tiap Lantai akibat Gempa arah Y Gedung Sistem Ganda Tipe A

Lantai	hn	δe mm	δy_e mm	δy mm	δa mm	Keterangan
Atap	400	114,0	13,0	47,5	60	Memenuhi
9	400	101,0	13,8	50,7	60	Memenuhi
8	400	87,2	14,2	52,0	60	Memenuhi
7	400	73,0	14,3	52,6	60	Memenuhi
6	400	58,7	14,1	51,6	60	Memenuhi
5	400	44,6	16,7	61,1	75	Memenuhi
4	400	28,0	11,4	41,7	60	Memenuhi
3	400	16,6	9,1	33,3	60	Memenuhi
2	400	7,5	7,5	27,5	90	Memenuhi
1	400	0,0	0,0	0,0		

Sumber : Hasil Penelitian

Kontrol simpangan pada tiap lantai akibat beban gempa arah Y gedung dengan sistem ganda tipe A memenuhi persyaratan ijin.

Tabel 11. Simpangan Tiap Lantai akibat Gempa arah X Gedung Sistem Ganda Tipe B

Lantai	hn	δe mm	δx_e mm	δx mm	δa mm	Keterangan
Atap	400	65,2	7,8	28,6	60	Memenuhi
9	400	57,4	8,1	29,7	60	Memenuhi

8	400	49,2	8,3	30,3	60	Memenuhi
7	400	41,0	8,3	30,3	60	Memenuhi
6	400	32,7	8,0	29,4	60	Memenuhi
5	400	24,7	9,3	34,0	75	Memenuhi
4	400	15,4	6,3	23,3	60	Memenuhi
3	400	9,1	5,0	18,4	60	Memenuhi
2	400	4,1	4,1	14,9	90	Memenuhi
1	400	0,0	0,0	0,0		

Sumber : Hasil Penelitian

Kontrol simpangan pada tiap lantai akibat beban gempa arah X gedung dengan sistem ganda tipe B memenuhi persyaratan ijin.

Tabel 12 Simpangan Tiap Lantai akibat Gempa arah Y Gedung Sistem Ganda Tipe B

Lantai	hn	δe mm	δye mm	δy mm	δa mm	Keterangan
Atap	400	63,3	7,5	27,4	60	Memenuhi
9	400	55,8	7,8	28,5	60	Memenuhi
8	400	48,0	8,0	29,2	60	Memenuhi
7	400	40,1	8,0	29,3	60	Memenuhi
6	400	32,1	7,8	28,6	60	Memenuhi
5	400	24,3	9,1	33,2	75	Memenuhi
4	400	15,2	6,2	22,8	60	Memenuhi
3	400	9,0	5,0	18,2	60	Memenuhi
2	400	4,0	4,0	14,8	90	Memenuhi
1	400	0,0	0,0	0,0		

Sumber : Hasil Penelitian

Kontrol simpangan pada tiap lantai akibat beban gempa arah Y gedung dengan sistem ganda tipe B memenuhi persyaratan ijin.

Dari Gambar tabel diatas dijelaskan bahwa simpangan antar lantai akibat gempa arah x dengan batasan tiap lantai diperoleh simpangan terbesar pada sistem rangka dengan simpangan maksimum = 72,15 mm, lebih besar dari sistem ganda yakni tipe A = 61,91 mm dan tipe B = 34,04 mm. Simpangan akibat gempa arah y dengan batasan tiap lantai seperti pada grafik diatas diperoleh simpangan terbesar pada sistem rangka dengan simpangan maksimum = 71,30 mm, lebih besar dari sistem ganda yakni tipe A = 61,06 mm dan tipe B = 33,24 mm.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan yakni:

1. Penambahan dinding geser mampu menambah kekakuan struktur, hal ini dikarenakan adanya pertambahan massa struktur dari dinding geser .
2. Dinding geser dapat berfungsi untuk menghindari ketidakberaturan vertikal akibat adanya *soft storey* 1a dan 1b pada gedung dengan sistem rangka.
3. Dinding geser dengan penempatan tipe B memiliki kekuan lebih besar, hal ini dikarenakan dimensi dinding geser tipe B lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suharjanto, *Rekayasa Gempa*. Yogyakarta: Kepel Press. Yogyakarta, 2013.
- [2] R. Purwono, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. ITS Press. Surabaya, 2005.
- [3] H. Manalip, E. J. Kumaat, dan F. I. Runtu, "Penempatan Dinding Geser Pada Bangunan Beton Bertulang Dengan Analisa Pushover," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. Vol 5, no. 1, hal. 283–293, 2015.
- [4] I. Imran dan F. Hendrik, *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: ITB Press. Bandung, 2010.
- [5] Y. Lesmana, *Handbook Analisa dan Desain Shear Wall Beton Bertulang Dual System Berdasarkan SNI 2847:2019 & SNI 1726:2019*. Makassar: PT Nas Media Indonesia, 2020.
- [6] B. Al Hanif dan H. K. Buwono, "Analisis Pengaruh Shear Wall Terhadap Simpangan Struktur Gedung," *J. Konstr.*, vol. 5, no. 2, hal. 79–101, 2014.
- [7] A. Hasan dan I. Astira, "Analisis Perbandingan Simpangan Lateral Bangunan Tinggi dengan Variasi Bentuk dan Posisi Dinding Geser. Studi Kasus: Proyek Apartemen The Royale Springhill Residences," *J. Tek. Sipil dan Lingkungan*, vol. 1, no. 1, hal. 47–56, 2013.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta, 2019.
- [9] W. Pawirodikromo, *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar. Yogyakarta, 2012.
- [10] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta, 2019.