

Perbandingan Respon Dinamis Pada Struktur Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan Dengan Tiga Varian Konfigurasi Dinding Geser

Mukh. Nailul Muna¹⁾, Mochamad Teguh²⁾

^{1, 2)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Islam Indonesia

Email: nailulmuna973@gmail.com¹⁾, m.teguh@uii.ac.id²⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i2.1114>

(Received: 10 May 2024 / Revised: 01 July 2024 / Accepted: 18 August 2024)

Abstrak

Artikel ini menyajikan hasil perbandingan respon struktur terhadap 3 variasi konfigurasi dinding geser pada bangunan bertingkat yang tidak beraturan pada denah. Konfigurasi dinding geser difokuskan pada letak dan bentuk dinding geser pada struktur gedung beton bertulang sembilan lantai dengan denah tidak beraturan dan terletak di daerah rawan gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respon struktur tidak beraturan pada gedung eksisting untuk dibandingkan dengan 2 model hasil modifikasi dinding geser. Analisis struktur untuk 3 model konfigurasi dinding geser digunakan software ETABS. Hasil analisis respon struktur terendah menunjukkan *base shear* sebesar 21548,528 kN. *deflection* arah x dan y masing-masing sebesar 56,47 dan 48,48 (mm). *Story drift* arah x dan y sebesar 10,589 dan 8,796 (mm), sedangkan *drift rate* terendah pada arah x dan y sebesar 0,212 dan 0,176 (%). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa respon struktur pada gedung eksisting lebih optimum baik letak maupun bentuk dinding geser dibandingkan 2 model lainnya.

Kata kunci: *simpangan; simpangan-antar-tingkat; gedung-ireguler; beban-dinamis*

Abstract

This article compares structural responses to three variations of shear wall configurations in irregular multi-story buildings in the plan. The shear wall configuration is focused on the location and shape of the shear wall in a nine-story reinforced concrete building structure with an irregular plan located in an earthquake-prone area. This study aims to analyze the response of irregular structures in existing buildings to compare with two modified shear wall models. Structural analysis for three shear wall configuration models used ETABS software. The lowest structural response analysis results showed a base shear of 21548.528 kN. Deflection in the x and y directions were 56.47 and 48.48 (mm), respectively. Story drift in the x and y directions was 10.589 and 8.796 (mm). At the same time, the lowest drift rate in the x and y directions was 0.212 and 0.176 (%). From these results, it can be concluded that the structural response in existing buildings is more optimal in both the location and shape of the shear wall compared to the other two models.

Key words: *displacement; drift-ratio; irregular-building; dynamic-load*

1. Latar Belakang

Dalam perencanaan struktur bangunan yang dibangun di wilayah rentan gempa, seperti Indonesia, perencana harus mempertimbangkan konsep desain bangunan tahan gempa dengan memperhitungkan beban gempa, yang disesuaikan dengan aspek lingkungan dan kondisi tanah setempat mengikuti standar

perencanaan bangunan tahan gempa (SNI 1726-2019), (SNI 1727-2020), dan (SNI 2847-2019). Pembangunan gedung ke arah vertikal merupakan tuntutan kebutuhan tata ruang modern di kota-kota besar di Indonesia karena keterbatasan lahan dan area konstruksi, yang semakin sempit memungkinkan bangunan tinggi terkonsentrasi di lokasi elit tertentu. Beberapa faktor dalam desain bangunan tinggi memerlukan cukup banyak persyaratan teknis atau standar yang berlaku, seperti: kualitas bahan bangunan yang ringan dan kuat, desain struktur yang mempertimbangkan kaidah perencanaan bangunan tahan gempa mencakup konfigurasi (letak dan geometri) portal utama dan dinding geser (*dual system*) agar fungsi bangunan sepenuhnya dapat terpenuhi, sesuai peraturan Menteri PUPR (2007). Kerentanan terhadap gempa bumi merupakan salah satu ciri fitur fungsi bangunan bertingkat tinggi, terutama komponen horizontalnya (Safak et al., 2014) dan (Shostachuk, 2007). Kerentanan tersebut meningkat seiring dengan ketinggiannya dan juga ketika massa bangunan berkurang karena penggunaan material baru dan penggunaan kapasitas penahan beban yang efektif (Chen et al., 2013) dan (Korobiichuk et al., 2016) dan (Tang & Zhao, 2016). Penurunan massa bangunan mengakibatkan fleksibilitasnya meningkat, dan kekakuan serta frekuensi osilasi menurun.

Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja bangunan gedung bertingkat adalah menggunakan struktur *dual system*, yaitu menggabungkan sistem antara portal dan dinding geser. Penambahan dinding geser dapat memperkaku struktur dan mereduksi simpangan lateral akibat gempa (OR, 2014). Penambahan dinding geser sangat berpengaruh untuk mencegah kegagalan dinding eksterior, dinding geser juga mendukung beberapa lantai gedung dan memastikan tidak terjadinya keruntuhan yang disebabkan oleh gaya lateral akibat beban gempa (Lesmana, 2020). Menurut Imran & Hendrik (2014), dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut. Dinding geser juga cukup efektif untuk mengurangi simpangan dan menahan gaya lateral akibat gempa (Wibowo & Zebua, 2021).

Pemasangan dinding geser dapat ditempatkan di beberapa tempat sesuai dengan kebutuhan fungsi arsitektural dan struktural gedung. Penempatan dan bentuk yang bervariasi berdampak pada kekakuan bangunan. Penempatan letak dinding geser dalam struktur bangunan pada sisi gedung paling tepi menghasilkan kekakuan struktur yang lebih besar dibandingkan apabila diletakkan di dalam struktur (Andalas, 2016). Menurut Usmat et al. (2019), posisi yang paling optimum untuk penempatan dinding geser pada gedung yang menerima gempa statik dan dinamik serta menunjukkan bahwa tata letak dinding geser, yang diletakkan simetris pada sumbu-XY mendekati pusat massa dinilai paling optimum pada struktur gedung sistem ganda karena eksentrisitas pusat massa bangunan dan pusat kekakuan kecil. Menurut Halim (2016), menjelaskan penempatan dinding geser tengah mempunyai *story drift* kecil dibandingkan dengan dinding geser yang terletak di sudut. Penelitian dan pengembangan tentang metode peletakan dan bentuk dinding geser telah dilakukan oleh beberapa penelitian sebelumnya Batu et al. (2016), Lutfi et al. (2019), Prathama (2021), Faddilah (2019), Baehaki et al. (2019), Kusuma (2020), Astuti (2015), dan Siswosukarto, dkk. (2014).

Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk membandingkan hasil respon struktur tidak beraturan terhadap 3 (tiga) variasi konfigurasi dinding geser pada bangunan bertingkat yang tidak beraturan horizontal dan vertikal. Gedung APSLC

UGM (Gambar 1) dipilih sebagai objek dalam penelitian ini karena memenuhi kriteria ketidak-beraturan tersebut. Hasil analisis respon struktur ketiga variasi model M1, M2, dan M3, mencakup *base shear*, *displacement*, *drift ratio*, dan simpangan antar lantai, dan kemudian perilaku strukturnya dibandingkan dan dibahas kontribusi kekuatan tiap model, serta mengontrol ketidakberaturan horizontal dan vertikal. Dari hasil analisis pada setiap model, dilakukan perbandingan hasil, sehingga dapat ditentukan letak dan penempatan dinding geser yang optimum.

2. Metode Penelitian

Untuk membuat model tiga dimensi gedung dalam penelitian ini, maka dibutuhkan data dimensi keseluruhan dari komponen struktur gedung. Data tersebut diperoleh dari gambar rencana gedung. Gambar gedung eksisting dapat dilihat pada Gambar 1 dan data strukturnya disajikan dalam Tabel 1.



Gambar 1 Gedung APSLC UGM

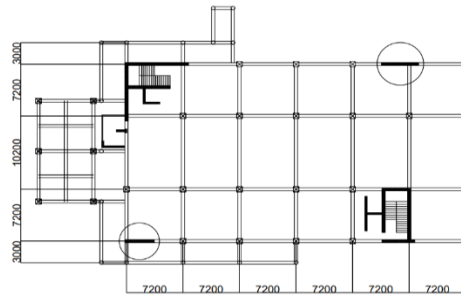
Tabel 1 Data struktur gedung

No	Parameter	Keterangan
1	Fungsi Bangunan	Sekolah
2	Letak Bangunan	Yogyakarta
3	Jenis tanah dasar	Tanah sedang
4	Jumlah Lantai	9 Lantai
5	Tinggi bangunan	36,45 m
6	Panjang bangunan arah x	61,4 m
7	Panjang bangunan arah y	27,8 m
8	Luas bangunan	$\pm 150 \text{ m}^2$
9	Jenis struktur	Beton bertulang
10	Sistem struktur	Sistem ganda
11	Mutu beton pelat, kolom, dan balok (f'_c)	30 MPa
12	Mutu Baja tulangan (f'_y)	420 MPa

2.1 Pemodelan Gedung

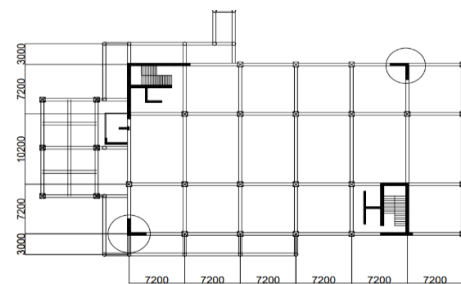
Pemodelan gedung dilakukan dengan memakai *software* ETABS v21. Gedung yang dimodelkan adalah gedung eksisting (Model 1 atau M1) terlihat pada Gambar 2. Dengan prinsip dinding geser utama, yang terletak di sekitar tangga, tetap dipertahankan. Selanjutnya gedung eksisting disimulasi dengan memodifikasi bentuk dan letak (ditandai lingkaran pada Gambar 2) dari bentuk lurus (*I-shape*)

menjadi bentuk *L-shape* (Model 2 atau M2) dan bentuk lurus (*I-shape*) menjadi bentuk yang sama tetapi pada arah sumbu yang berbeda (Model 3 atau M3). Denah bentuk dan penempatan dinding geser setiap model dapat dilihat pada Gambar 2-4.



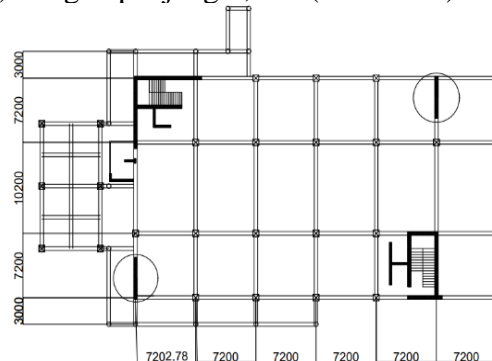
Gambar 2 Denah gedung eksisting M1

Gambar 2 memperlihatkan denah eksisting Gedung APSLC UGM dengan letak dan bentuk dinding geser di empat titik dengan panjang dinding geser 4,5 m, dan pada dinding geser, yang ditandai lingkaran pada gambar, merupakan dinding geser yang dimodifikasi bentuk dan ukurannya untuk M2 dan M3.



Gambar 3 Denah gedung M2

Dengan prinsip utama dalam memodifikasi letak dan geometri, 2 dinding geser utama di lokasi dekat tangga dan lift tetap dipertahankan, maka modifikasi model M2 diubah dari dinding geser lurus (*I-shape*), yang ditandai lingkaran, menjadi bentuk siku (*L-shape*) dengan panjang 2,5 m (Gambar 3).



Gambar 4 Denah gedung M3

Dengan prinsip yang sama dengan model M2, dinding geser utama di dekat tangga dan lift tetap dipertahankan, maka dinding geser semula berbentuk *I-shape* arah x diubah posisinya, sehingga model M3 dinding geser tetap berbentuk *I-shape* tetapi

diorientasikan pada arah y, dengan panjang yang sama yaitu 4,5 m, seperti terlihat tanda lingkaran pada Gambar 4.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Gaya Geser Dasar

Metode beban gempa yang digunakan dalam analisis adalah beban gempa respons spektrum. Nilai beban gempa yang dihasilkan diuraikan sebagai berikut.

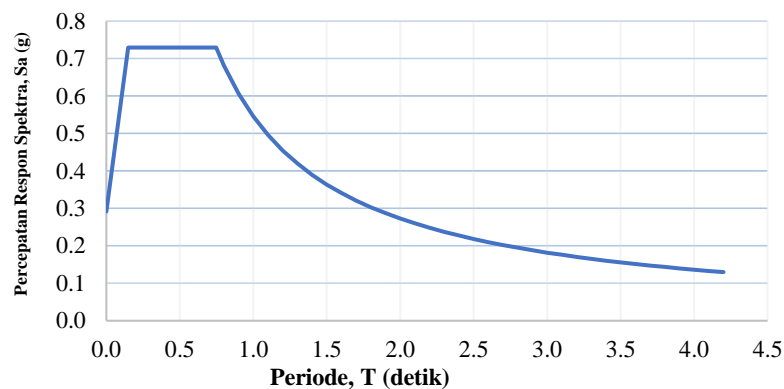
$$S_s = 1,107$$

$$S_1 = 0,507$$

$$F_a = 1,057$$

$$F_v = 1,793$$

Berdasarkan data di atas dibuat grafik respons spektrum desain, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Respons spektrum desain

Gambar 5 respons spektrum desain diadopsi dari website Puskim PU Bandung dengan memasukan nilai S_s dan S_1 serta wilayah Yogyakarta dengan jenis tanah dasar yaitu tanah sedang, sehingga diperoleh nilai beban gempa respons spektrum.

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1 tentang penskalaan gaya disebutkan bahwa apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar kurang dari 100% dari gaya geser yang dihitung melalui metode ekuivalen statik, maka kombinasi respons tersebut diperlukan untuk diskalakan dengan V/V_t . Hasil perhitungan *base shear* diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Perhitungan *base shear*

Tipe Struktur	Trial	Arah	100% Vstatik (kN)	Vdinamik (kN)	Old Scale	New Scale	Cek status
Model 1	1	x	21593,85	13122,43	2,1		not ok
		y	21593,85	13512,63	2,1		not ok
	2	x	21593,85	21594,36		3,46	ok
		y	21593,85	21598,17		3,36	ok
Model 2	1	x	21601,27	13278,79	2,1		not ok
		y	21601,27	14100,51	2,1		not ok
	2	x	21601,27	21601,52		3,42	ok
		y	21601,27	21601,42		3,22	ok

Model 3	1	x	21548,53	13390,58	2,1	not ok
		y	21548,53	14207,61	2,1	not ok
	2	x	21548,53	21549,59	3,38	ok
		y	21548,53	21548,53	3,19	ok

Dalam perhitungan gaya geser dasar pada Tabel 2, apabila $V_{dinamik}$ lebih kecil dari pada V_{statik} , maka hasil pengecekan dinyatakan tidak memenuhi syarat (di notifikasi “not ok”), sehingga diperlukan penskalaan baru di setiap model struktur dinding geser agar dapat memenuhi syarat

3.2 Ketidakberaturan Struktur

3.2.1 Ketidakberaturan Horizontal

Ketidakberaturan horizontal berupa ketidakberaturan 1a dan 1b; ketidakberaturan sudut dalam Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma; Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang; Ketidakberaturan sistem non paralel

a. Ketidakberaturan 1a dan 1b

Ketidakberaturan torsi ini ditentukan berdasarkan nilai δ_{max} dan δ_{avg} . Perhitungan selengkapnya dijabarkan dalam Tabel 3-4

Tabel 3 Ketidakberaturan torsi 1a dan 1b arah x

Lantai	Model 1				Cek	Model 2				Cek	Model 3				Cek
	Drift (δ)			Cek		Drift (δ)			Cek		Drift (δ)			Cek	
	Max	Avg	$\delta_{Max}/\delta_{Avg}$			Max	Avg	$\delta_{Max}/\delta_{Avg}$			Max	Avg	$\delta_{Max}/\delta_{Avg}$		
8	0,002	0,0016	1,25	H.1a	0,00223	0,00175	1,27	H.1a	0,00226	0,00181	1,25	H.1a			
7	0,002	0,0018	1,17	ok	0,00237	0,00205	1,15	ok	0,00245	0,00215	1,14	ok			
6	0,002	0,0019	1,18	ok	0,00249	0,00214	1,16	ok	0,00258	0,00224	1,15	ok			
5	0,002	0,0018	1,19	ok	0,0025	0,00213	1,17	ok	0,00256	0,0022	1,16	ok			
4	0,002	0,0017	1,19	ok	0,00237	0,00201	1,18	ok	0,0024	0,00206	1,17	ok			
3	0,002	0,0015	1,21	H.1a	0,00209	0,00175	1,20	ok	0,00211	0,00179	1,18	ok			
2	0,001	0,0011	1,29	H.1a	0,0016	0,00125	1,28	H.1a	0,00164	0,0013	1,26	H.1a			
1	0,0006	0,0005	1,22	H.1a	0,00074	0,00061	1,21	H.1a	0,00078	0,00065	1,20	H.1a			

Tabel 4 Ketidakberaturan torsi 1a dan 1b arah y

Lantai	Model 1				Cek	Model 2				Cek	Model 3				Cek
	Drift (δ)			Cek		Drift (δ)			Cek		Drift (δ)			Cek	
	Max	Avg	$\delta_{Max}/\delta_{Avg}$			Max	Avg	$\delta_{Max}/\delta_{Avg}$			Max	Avg	$\delta_{Max}/\delta_{Avg}$		
8	0,0025	0,00172	1,43	H.1b	0,00240	0,00168	1,42	H.1b	0,00229	0,00152	1,50	H.1b			
7	0,0022	0,00181	1,22	H.1a	0,00228	0,00176	1,29	H.1a	0,00195	0,00156	1,25	H.1a			
6	0,0022	0,00183	1,21	H.1a	0,00227	0,00177	1,27	H.1a	0,00197	0,00158	1,24	H.1a			
5	0,0021	0,00177	1,19	ok	0,00217	0,00172	1,26	H.1a	0,00192	0,00155	1,2	H.1a			
4	0,0019	0,00164	1,18	ok	0,00198	0,00158	1,24	H.1a	0,00176	0,00144	1,22	H.1a			
3	0,0016	0,0014	1,16	ok	0,00168	0,00136	1,23	H.1a	0,0015	0,00124	1,21	H.1a			
2	0,0013	0,00112	1,19	ok	0,00138	0,00109	1,26	H.1a	0,00122	0,00099	1,23	H.1a			
1	0,0006	0,00053	1,16	ok	0,00063	0,00051	1,24	H.1a	0,00054	0,00045	1,21	H.1a			

Berdasarkan Tabel 3 dan 4, pemeriksaan ketidakberaturan torsi Ia pada ketiga model memiliki ketidakberaturan Ia pada lantai tertentu dengan rasio $\delta_{max}/\delta_{avg}$ lebih besar dari 1,2, sedangkan pada ketidakberaturan Ib memiliki torsi berlebihan karena rasio $\delta_{max}/\delta_{avg}$ melebihi 1,4. Akibat dari adanya ketidakberaturan ini, maka dapat disimpulkan bahwa Gedung APSLC UGM memiliki kerentanan terhadap puntir, sehingga pada perencanaan gedung mestinya disesuaikan terhadap konsekuensi yang harus diperhitungkan sesuai dengan standar pada SNI 1726-2019.

- b. Ketidakberaturan sudut dalam
Ketidakberaturan sudut dalam diartikan jika kedua dimensi dari denah perencanaan gedung dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur terhadap arah tinjauan. Berdasarkan pada bentuk bangunan gedung ini yang berbentuk persegi panjang, maka bangunan tidak memiliki sudut dalam.
- c. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma
Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma dapat diartikan jika terdapat suatu tingkat yang memiliki diskontinuitas atau daerah yang terbuka lebih besar dari 50% daerah bruto yang tertutup. Berdasarkan denah bangunan didapatkan luas bukaan total sebesar 573,56 m² dan luas bruto sebesar 9087,6 m². Dengan demikian, luas bukaan hanya memiliki 6,311%, sehingga bangunan ini tidak memiliki ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.
- d. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang
Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada bangunan gedung ini tidak terjadi. Hal ini dikarenakan semua struktur utama sejajar dan tertumpu pada arah sumbu x dan sumbu y.
- e. Ketidakberaturan sistem non paralel
Ketidakberaturan sistem non paralel tidak terjadi pada bangunan gedung ini disebabkan karena seluruh dinding geser berada arah sumbu x dan sumbu y.

3.2.2 Ketidakberaturan Struktur Vertikal

Ketidakberaturan Struktur Vertikal berupa: ketidakberaturan tingkat lunak; ketidakberaturan massa; ketidakberaturan geometri vertikal; ketidakberaturan diskontinuitas bidang elemen pada elemen vertikal pemikul gaya lateral; dan ketidakberaturan diskontinuitas

- a. Ketidakberaturan tingkat lunak
Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak terjadi jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tingkat di atasnya. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan terjadi jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Persentase ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Ketidakberaturan tingkat lunak

Lantai	Model 1		Model 2		Model 3	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
	Kekakuan kN/m	Kekakuan kN/m	Kekakuan kN/m	Kekakuan kN/m	Kekakuan kN/m	Kekakuan kN/m
8	715421,1	586442,2	715421,1	586442,2	715421	586442

7	1840833,2	1668417,7	1840833,2	1668417,8	1840833	1668418
6	2722148,1	2700869,1	2722148,2	2700869,1	2722148	2700869
5	3474580,2	3740370,6	3474580,3	3740370,6	3474580	3740371
4	4279483,4	4748096,7	4279483,4	4748096,7	4279483	4748097
3	5437001,1	6092002,8	5437001,1	6092002,8	5437001	6092003
2	4702954,7	4624581,2	4702954,7	4624581,2	4702955	4624581
1	8600934,8	8767225,8	8600934,8	8767225,8	8600935	8767226

Berdasarkan Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa setiap model (M1-M3) tidak memiliki ketidakberaturan tingkat lunak baik pada arah x maupun arah y.

b. Ketidakberaturan massa

Ketidakberaturan terjadi apabila massa efektif di sembarang tingkat lebih besar dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Perhitungan ketidakberaturan massa dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Ketidakberaturan massa

Lantai	Massa kg	Cek
8	799526,56	ok
7	1635457,95	not ok
6	1637648,38	ok
5	1637648,38	ok
4	1637648,38	ok
3	1840078,28	ok
2	1883873,30	ok
1	2098252,05	ok

Berdasarkan ketidakberaturan massa dalam Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa hanya pada lantai 7 saja terjadi ketidakberaturan massa.

c. Ketidakberaturan geometri vertikal

Ketidakberaturan ini ada apabila dimensi sistem penahan beban lateral pada sebarang tingkat lebih dari 130% dimensi pada sebarang tingkat yang berada di dekatnya. Pada perencanaan bangunan, kolom tidak mengalami perubahan dari awal tingkat hingga tingkat akhir. Elemen dinding geser juga tidak mengalami pengecilan penampang, sehingga dapat dikatakan bahwa struktur tidak mengalami ketidakberaturan geometri vertikal.

d. Ketidakberaturan diskontinuitas bidang elemen pada elemen vertikal pemikul gaya lateral

Ketidakberaturan ini ada, apabila terdapat pergeseran (*offset*) elemen penahan yang lebih besar dari lebar (d) elemen tersebut, atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan pada tingkat di bawahnya. Pada bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan ini.

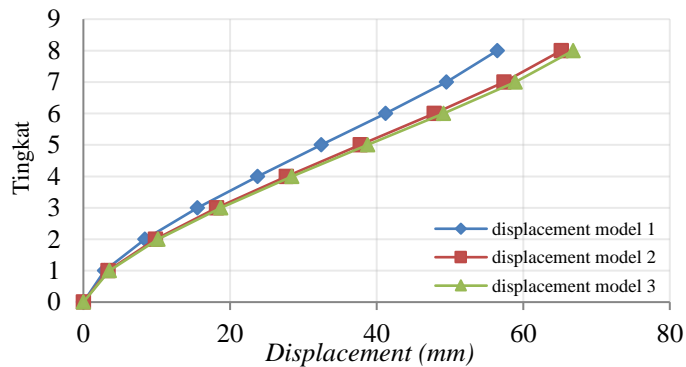
e. Ketidakberaturan diskontinuitas

Berdasarkan peninjauan pada M1, M2, dan M3 memiliki gaya geser seismik lebih besar dari 80% maupun 65% gaya geser seismik, sehingga bangunan tidak memiliki ketidakberaturan 5a dan 5b.

3.3 Komparasi terhadap Respon Struktur

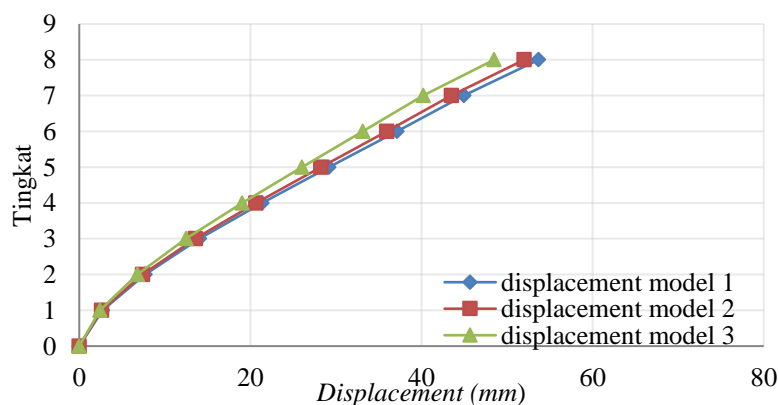
3.3.1 Simpangan (*Displacement*)

Komparasi simpangan (*displacement*) yang terjadi akibat perbedaan model struktur bangunan dapat dilihat pada Gambar 6-7. Dari hasil *load-displacement response* pada arah x dan arah y memberikan kinerja struktur yang relatif kaku dibandingkan dengan 2 model struktur lain. Indikasi kondisi ini terlihat dari kecenderungan grafik simpangan M1 lebih rendah daripada M2 dan M3, yang memiliki kecenderungan hasil yang berdekatan.



Gambar 6 Komparasi *displacement* arah x

Pada Gambar 6 terlihat bahwa penurunan yang cukup signifikan karena terdapat variasi perletakan dinding geser pada pemodelan struktur dinding geser model M2 dan M3, yang memiliki kedekatan kinerja struktur lebih rendah dibandingkan dengan model eksisting M1. M1 memiliki *displacement* maksimum yaitu sebesar 56,47 mm lebih rendah dari pada M2 dan M3, yang memiliki *displacement* maksimum sebesar 65,2 mm dan 66,82 mm. Dengan demikian *displacement* arah X, model M1 memiliki kekuatan yang paling optimum.

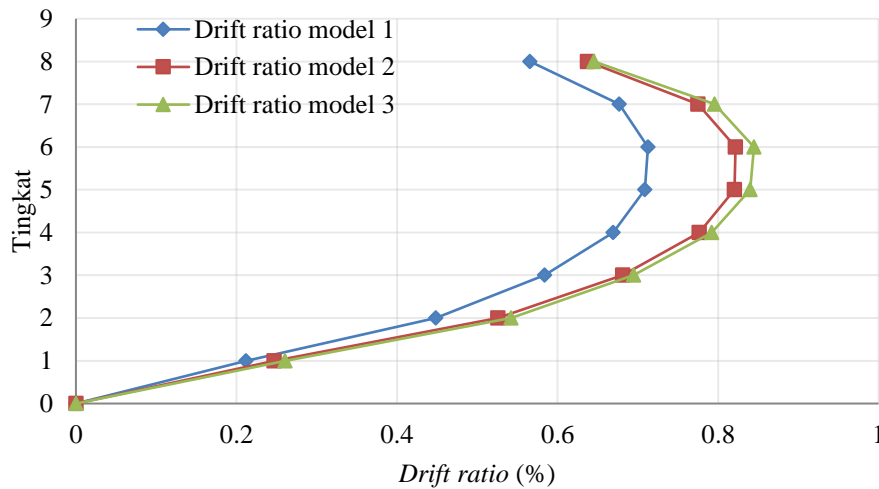


Gambar 7 Komparasi *displacement* arah y

Pada Gambar 7, kondisi sedikit berbeda terjadi pada kinerja struktur arah y yang menghasilkan respon struktur lebih kuat pada model 3 dari pada model 1 dan 2, yang memiliki kedekatan perilaku. *Displacement* arah y untuk M1 sebesar 53,67 mm, sedangkan untuk M2 dan M3 memiliki nilai *displacement* maksimum sebesar 52 mm dan 48,48 mm, sehingga pada komparasi *displacement* arah y paling optimum dicapai oleh model M3.

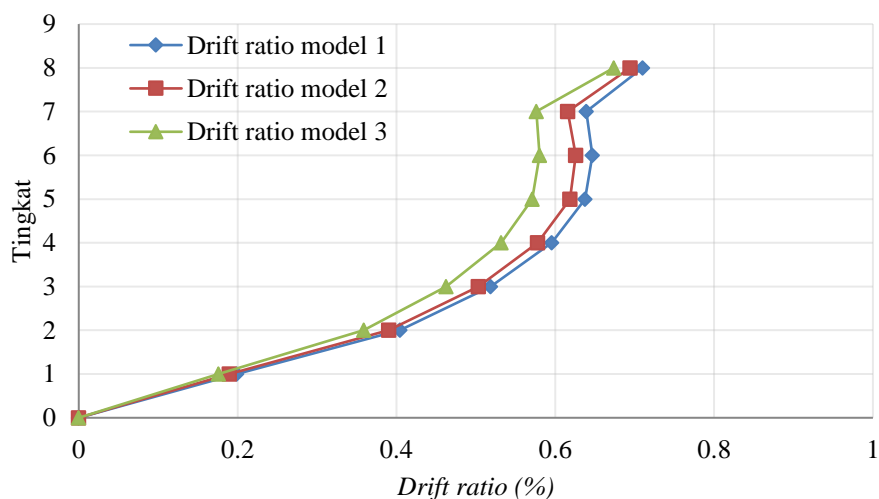
3.3.2 Drift Ratio

Komparasi kinerja struktur selanjutnya ditinjau terhadap *drift ratio* yang terjadi akibat perbedaan model struktur ganda pada bangunan ini, yang diilustrasikan pada Gambar 8-9. Pada perencanaan bangunan dengan menggunakan sistem ganda, yang mengkombinasikan antara portal beton bertulang dan dinding geser dengan variasi geometri dan penempatannya berpengaruh pada *drift ratio* setiap model. Hasil analisis *drift ratio* dapat dilihat pada Gambar 8-9.



Gambar 8 Komparasi *drift ratio* arah x

Pada bangunan yang menggunakan dinding geser dan memiliki variasi dinding geser berpengaruh langsung pada *drift ratio* yang terjadi. Dapat dilihat dari Gambar 8 *drift ratio* model M1 memiliki nilai yang cukup signifikan pada arah x jika dibandingkan dengan model M2 dan M3. Dinding geser M1 memiliki nilai *drift ratio* sebesar 0,566%, sedangkan mada M2 dan M3 memiliki nilai sebesar 0,637% dan 0,646%, sehingga M1 menghasilkan *drift ratio* terbesar dibandingkan dengan model lainnya.

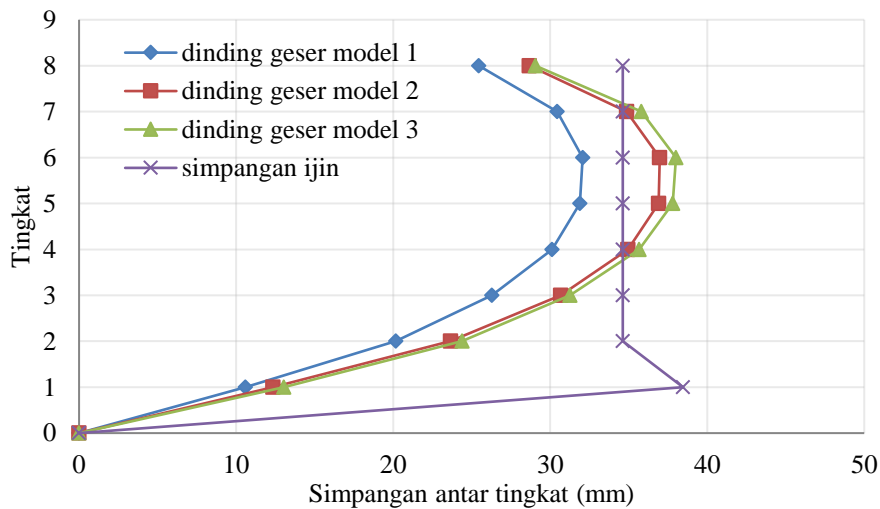


Gambar 9 Komparasi *drift ratio* arah y

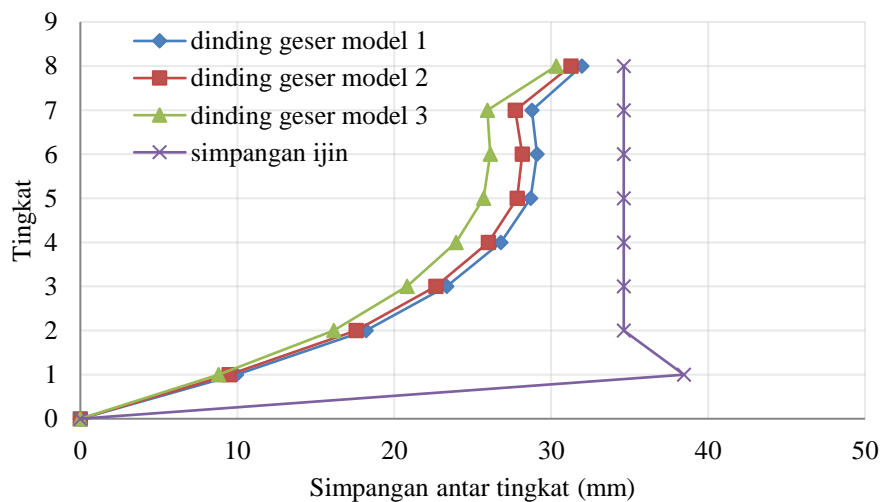
Pada komparasi *drift ratio* arah y memiliki nilai yang signifikan dibandingkan dengan arah x. M3 memiliki nilai optimum dibandingkan dengan M1 dan M2. M3 memiliki *drift ratio* sebesar 0,674%, sedangkan capaian M1 dan M2 sebesar 0,71% dan 0,694%.

3.3.3 Komparasi Simpangan Antar Tingkat (*Story Drift*)

Untuk memperoleh kinerja struktur dari tiga model struktur yang berbeda, selanjutnya dilakukan tinjauan perbandingan simpangan antar lantai yang terjadi akibat variasi model struktur bangunan sebagaimana diperlihatkan tiga variasi grafik kinerja dan dilengkapi dengan grafik simpangan ijin pada struktur ganda bangunan ini, yang diplot dalam Gambar 10-11.



Gambar 10 Komparasi simpangan antar tingkat arah x



Gambar 11 Komparasi simpangan antar tingkat arah y

Simpangan antar tingkat menunjukkan berbagai hasil yang berbeda dari beberapa model dinding geser. Dari ke 3 model yang ada, hanya M1 yang memenuhi simpangan ijin yang ada untuk arah x dan arah y, sehingga model M1 merupakan hasil yang optimum pada penelitian ini. Kondisi sebaliknya terjadi bahwa simpangan antar tingkat pada arah sumbu x dari tingkat ke 4 hingga 7 pada model M2 dan M3 melebihi batas toleransi.

4 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan respon dinamik pada struktur bangunan bertingkat tidak beraturan dengan tiga variasi konfigurasi dinding geser menghasilkan perbandingan kinerja struktur dengan membandingkan ketiga model struktur M1-M3. Objek penelitian dipilih Gedung APSLC UGM, karena memiliki kriteria ketidakberaturan struktur bangunan bertingkat, dan dianalisis menggunakan beban respons spektrum, sehingga diperoleh *base shear* terendah dihasilkan M3 yaitu sebesar 21548,528 kN. Pemodelan dengan *displacement* terendah pada arah x adalah pemodelan struktur dengan bentuk dinding geser *existing* (M1) yaitu sebesar 56,47 mm, sedangkan untuk arah y adalah pemodelan struktur dengan bentuk dinding geser *straight shape* (M3) yaitu sebesar 48,48 mm. Simpangan terendah terjadi pada pemodelan struktur dengan bentuk dinding geser *existing* (M1) untuk arah x yaitu sebesar 10,589 mm, sedangkan untuk arah y terdapat pada pemodelan struktur dengan bentuk dinding geser *straight shape* (M3) yaitu sebesar 8,796 mm. Perbandingan *drift ratio* terendah untuk arah x terdapat pada lantai 1 terjadi pada model M1 yaitu sebesar 0,212 % dan untuk arah y terdapat pada lantai 1 pada model M3 yaitu sebesar 0,199 %. Keseluruhan hasil analisis terhadap 3 variasi model struktur dapat disimpulkan bahwa pemodelan struktur eksisting M1 menunjukkan kinerja struktur terbaik pada arah x dibandingkan dengan 2 model lainnya (M2 dan M3), namun sebaliknya kinerja struktur M1 pada arah y menghasilkan kinerja terendah, tidak sebaik dengan model M2 dan M3, namun masih di bawah ambang batas.

4.2 Saran

Pedoman untuk melakukan simulasi dalam menentukan letak dan geometri dinding geser untuk mengatasi permasalahan pada bangunan beton bertulang tingkat tinggi ireguler belum ditemukan, sehingga hasil penelitian diharapkan dapat menjadi inspirasi untuk melakukan simulasi variasi letak dan geometri dinding geser sesuai dengan kebutuhan arsitektural dan pemenuhan kecukupan fungsi struktural pada bangunan bertingkat tinggi ireguler. Dari hasil komparasi tersebut, pada penelitian mendatang hendaknya harus meninjau lebih lanjut terhadap geometri elemen struktur secara keseluruhan terhadap balok, kolom, dan pelat serta elemen lainnya untuk dipertimbangkan kontribusinya dalam menentukan konfigurasi model-model struktur yang lebih efektif dan efisien dalam menghasilkan desain optimum dalam menahan beban dinamik akibat gempa.

Daftar Kepustakaan

- Andalas, G. (2016). Analisis Layout Shearwall Terhadap Perilaku Struktur Gedung.
- Astuti, P. (2015). Pengaruh Penambahan Dinding Geser (Shear Wall) pada Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung. *Semesta Teknika*, 18(2), 140–146.
- Astuti P, & Siswosukarto. (2014). Perilaku Struktur Gedung 18 Lantai dengan Dinding Geser sebagai Penahan Gaya Gempa (Studi Kasus Apartemen dan Kondotel Mataram City Yogyakarta) (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 2847-2019: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. BSN Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. BSN Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). SNI 1727-2020: Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain. BSN Jakarta.
- Baehaki, B., Kuncoro, H. B. B., & Dahlia, P. (2019). Pengaruh Letak Shear Wall pada Gedung Tidak Beraturan Terhadap Nilai Simpangan dengan Analisa Respons Spectrum (Studi Kasus: Apartemen di Cimanggis, Depok). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 8(1).
- Batu, M. L., Dapas, S. O., & Wallah, S. E. (2016). Efisiensi penggunaan dinding geser untuk mereduksi efek torsi pada bangunan yang tidak beraturan. *Jurnal Sipil Statik*, 4(1).
- Chen, Q., Yuan, W., Li, Y., & Cao, L. (2013). Dynamic response characteristics of super high-rise buildings subjected to long-period ground motions. *Journal of Central South University*, 20(5), 1341–1353.
- Faddilah, A. (2019). Analisis Pengaruh Letak Dinding Geser Pada Gedung Bertingkat Dalam Menghadapi Gaya Lateral Gempa (Struktur Asrama Pusdiklat Bumi Suci Maitreya, Pekanbaru). *April*, 33–35.
- Halim, A. (2016). Perencanaan Ulang Gedung Fave Hotel Kali Rungkut Surabaya dengan struktur baja beton komposit. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 3.
- Imran, I., & Hendrik, F. (2014). Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung: ITB.
- Korobiichuk, I., Shostachuk, A., Shostachuk, D., Shadura, V., Nowicki, M., & Szewczyk, R. (2016). Development of the operation algorithm for a automated system assessing the high-rise building. *Solid State Phenomena*, 251, 230–236.
- Kusuma, Y. N. (2020). Studi bentuk dan layout dinding geser (shear wall) terhadap perilaku struktur gedung bertingkat. *KURVA MAHASISWA*, 1(1), 1828–1844.
- Lesmana, Y. (2020). Handbook Analisa dan Desain Shear Wall Beton Bertulang Dual System Berdasarkan SNI 2847: 2019 & 1726: 2019. Yogyakarta: CV. Nas Media Pustaka.
- Lutfi, S., Susanti, E., & Propika, J. (2019). Studi Perbandingan Perilaku Struktur Bangunan terhadap Posisi Dinding Geser. *Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan Dan Infrastruktur*, 1(1), 130–135.

- OR, E. O. F. A. S. W. (2014). Efek Penambahan Dinding Geser atau Perimeter Beams Terhadap Perilaku Dinamis Struktur Pelat Datar Empat Tingkat. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol, 18(1).
- Prathama, A. H. (2021). Komparasi Respon Dinamik Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Variasi Bentuk Dan Penempatan Dinding Geser Mengacu SNI 1726-2019.
- Safak, E., Kaya, Y., & Skolnik, D. (2014). Recorded response of a tall building in Abu Dhabi from a distant large earthquake. *Proceedings of the 10th US National Conference on Earthquake Engineering*, May.
- Shostachuk, A. M. (2007). Emergence of environmental hazards upon construction of high-rise buildings in urban conditions. *Proceedings of the 6th International Scientific Conference "Practical Aerospace and High Technology"*, Dedicated to the 100th Anniversary of the Birth of Academician SP Koroliov, Zhytomyr, 92, 93.
- Tang, Y., & Zhao, X. (2016). Field testing and analysis during top-down construction of super-tall buildings in Shanghai. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20, 647–661.
- Usmat, N. A., Imran, I., & Sultan, M. A. (2019). Analisa Letak Dinding Geser (Shear Wall) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa. *Techno: Jurnal Penelitian*, 8(2), 297–307.
- Wibowo, L. S. B., & Zebua, D. (2021). Analisis Pengaruh Lokasi Dinding Geser Terhadap Pergeseran Lateral Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 5 Lantai. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 4(01), 16–20