

Perbandingan Respons Struktur Dengan Perbedaan Elemen Penahan Gempa Pada Gedung Digital Economy, Innovation, And Business Laboratory

Muhammad Riki Wibowo*, Slamet Widodo

Departemen Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, 55128

Kata kunci:
Respons spektrum
Dinding Geser
Bracing
Sistem ganda

Keywords:
Respons spektrum
Shear Wall
Bracing
Dual System

ABSTRAK

Berdasarkan letak Indonesia yang dilintasi oleh tiga lempeng besar dunia mengakibatkan meningkatnya potensi gempa bumi yang terjadi di beberapa titik di Indonesia. Gempa bumi dapat merusak suatu bangunan apabila bangunan tersebut tidak mampu menahan beban gempa yang bereaksi pada struktur bangunan. Hal ini dapat diminimalisir dengan metode perencanaan bangunan tahan gempa. Terdapat banyak metode untuk mendapatkan suatu bangunan tahan terhadap gempa salah satunya pemilihan sistem struktur berupa sistem ganda dengan diberi perkuatan berupa dinding geser atau bracing. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai perbandingan respon struktur berupa displacement, simpangan antar lantai, dan respon elemen struktur yang dihasilkan terhadap tipe struktur akibat beban kerja yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *displacement* terkecil pada arah x dan y terdapat pada model 3 (dinding geser). Nilai simpangan antar lantai terkecil pada arah x dan y terdapat pada model 3 (dinding geser). Elemen struktur balok memiliki nilai momen terkecil pada model 3 (dinding geser). Sementara, gaya geser balok terkecil terdapat pada model 3 (dinding geser). Elemen struktur kolom memiliki nilai momen terkecil pada model 3 (dinding geser). Gaya aksial yang dihasilkan kolom memiliki nilai yang cenderung hampir sama pada 3 tipe struktur. Sedangkan, gaya geser pada kolom memiliki nilai terkecil pada model 3 (dinding geser).

ABSTRACT

Based to Indonesia's location, which is traversed by three major tectonic plates, the potential for earthquakes occurring at various points in Indonesia has increased. Earthquakes can damage a building if it is unable to withstand the seismic forces acting upon its structure. This can be minimized through seismic-resistant building design methods. There are many methods to achieve earthquake-resistant buildings, and one of them is the selection of a structural system such as a dual system with reinforcements like shear walls or bracing. The objective of this research is to determine the comparative values of structural responses, including displacement, inter-story drift, and the response of structural elements, under the influence of the applied loads for different structural types. The research findings indicate that the smallest displacement values in the x and y directions occur in model 3 (shear wall). The smallest inter-story drift values in the x and y directions are also observed in model 3 (shear wall). Among the structural elements, beams exhibit the smallest moment values in model 3 (shear wall). Similarly, beams experience the lowest shear forces in model 3 (shear wall). Columns, on the other hand, exhibit the smallest moment values in model 3 (shear wall). The axial forces generated in the columns tend to have nearly identical values across the three types of structures. Meanwhile, the shear forces acting on the columns are smallest in model 3 (shear wall).



This is an open access article under the [CC-BY](#) license.

1. Pendahuluan

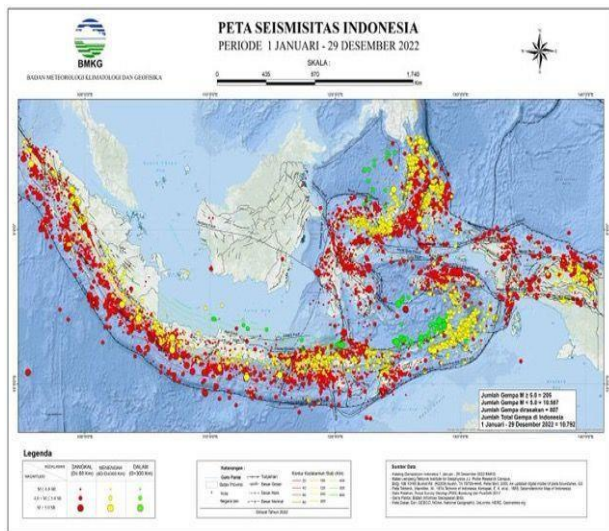
Gempa bumi adalah pelepasan energi secara tiba-tiba yang terjadi ketika massa batuan di lapisan kerak bumi pecah sehingga menyebabkan guncangan pada lempeng bumi. Energi tersebut terakumulasi untuk waktu yang lama dan terlepas ke segala arah sampai ke permukaan tanah. Gempa bumi akibat pergeseran antar lempeng memiliki pengaruh yang signifikan [1].

Indonesia menjadi negara rawan bencana gempa bumi karena Indonesia melintasi 3 lempeng besar berupa

lempeng Pasifik, lempeng Eurasia, serta lempeng Indo-Australia. Letak Indonesia berada pada pertemuan lempeng tektonik dunia mengakibatkan daerah di Indonesia rawan terhadap gempa tektonik [2],[9]. Peta Gempa Seismisitas Indonesia pada Gambar 1 tahun 2022 mendeteksi bahwa ada 10.000 lebih aktivitas gempa sepanjang tahun 2022. Hal ini menjadi dasar informasi awal untuk perencanaan gedung agar dapat meminimalkan kerusakan gedung akibat gempa yang terjadi.

*Corresponding author.

E-mail: muhammadriki.2019@student.uny.ac.id
Available online 31 Maret 2024



Gambar 1. Peta Seismisitas Indonesia 2022

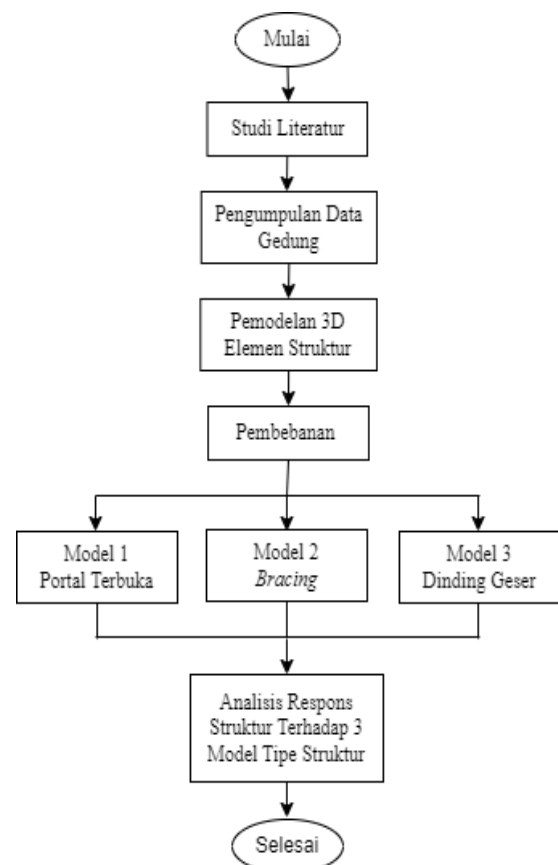
Universitas Negeri Yogyakarta akan membangun gedung *Digital Economy, Innovation, and Business Laboratory* berlokasi di kompleks kampus karangmalang Sleman. Perencanaan gedung ini memiliki 8 lantai dan *basement* 1 lantai. Berdasarkan SNI 1726:2019 gedung pendidikan masuk ke dalam kategori risiko bangunan gedung IV di mana kategori risiko tersebut dilarang untuk mengalami keruntuhan total akibat gempa yang terjadi. Keruntuhan gedung dapat diminimasisir dengan pemilihan sistem rangka salah satunya adalah sistem ganda. Sistem ganda (*dual system*) merupakan sistem struktur yang beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh rangka utama, sedangkan beban lateral (beban gempa) dipikul bersama oleh rangka utama dan perkuatan struktur berupa dinding struktur serta *bracing*.

Perencanaan gedung *Digital Economy, Innovation, and Business Laboratory* akan membandingkan tipe struktur terbuka (*open frame*), penambahan dinding geser (*shear wall*), dan penambahan *bracing*. Analisis dinamik respons spektrum dipilih untuk ketiga tipe struktur tersebut. Analisis respons spektrum dilakukan dengan meninjau suatu spektrum pada gempa rencana yang mampu memberi data mengenai hubungan antara periode alami terhadap respons percepatan, kecepatan maupun perpindahan maksimum pada redaman tertentu [3]. Tipe struktur portal terbuka merupakan tipe struktur yang terdiri dari elemen kolom, balok dan pelat. Tipe struktur portal terbuka akan menjadi kontrol terhadap tipe struktur yang lainnya. Tipe struktur dinding geser dan *bracing* merupakan penambahan elemen perkuatan struktur pada tipe struktur portal terbuka meliputi dinding geser atau *bracing*. Diharapkan adanya penambahan perkuatan struktur berupa dinding geser dan *bracing* mampu mereduksi gaya yang bekerja ke arah lateral. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji tiga tipe struktur untuk dicari tipe paling optimal berdasarkan

respon struktur yang terjadi terhadap 3 model tersebut sehingga menjadi acuan nantinya dalam mendesain struktur gedung.

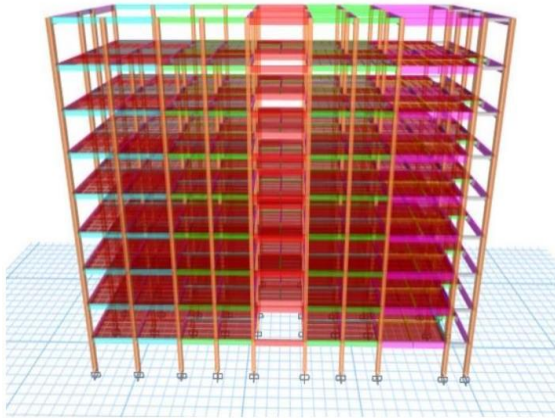
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan tipe struktur berupa portal terbuka, bracing, dan dinding geser dengan analisis respons spektrum. Lokasi bangunan yang ditinjau berada di Yogyakarta dengan jenis tanah sedang dan memiliki 8 lantai serta 1 basement. Mutu beton yang digunakan sebesar 35 MPa untuk kolom dan 30 MPa untuk balok serta pelat. Sedangkan mutu tulangan baja pada tulangan longitudinal sebesar 420 MPa dan mutu tulangan baja transversal sebesar 280 MPa. Perbandingan respons struktur dilakukan dengan bantuan software berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) berdasarkan SNI 1726: 2019. Gambar 2 merupakan alur perencanaan Gedung *Digital Economy, Innovation, And Business Laboratory*.

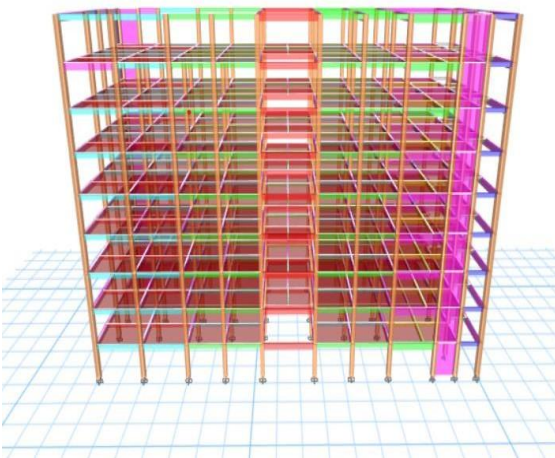


Gambar 2. Tahapan Penelitian

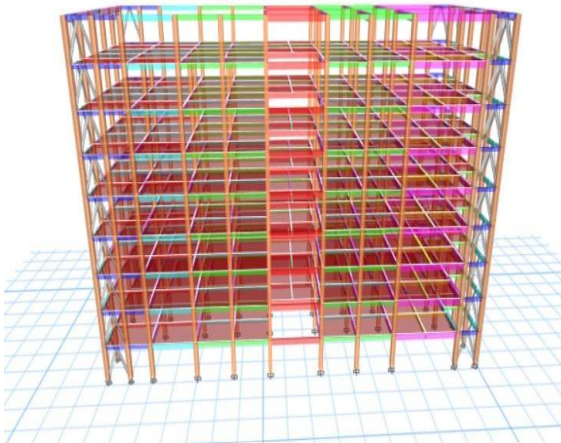
Tipe struktur yang digunakan adalah portal terbuka, bracing, dan dinding geser yang nantinya akan dicari nilai paling optimal melalui perbandingan respons struktur berdasarkan SNI 1726: 2019. Ketiga tipe tersebut dapat dilihat pada gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3. Portal Terbuka



Gambar 4. Bracing



Gambar 5. Dinding Geser

Respons struktur yang akan dibandingkan pada penelitian ini berupa nilai displacement, simpangan antar lantai, momen balok, gaya geser balok, momen kolom, gaya aksial kolom dan gaya geser kolom.

2.1. Displacement

Displacement didefinisikan sebagai simpangan yang terjadi pada suatu lantai dari dasar atau lantai dibawahnya[4].

2.2. Simpangan Antar Lantai

Pemeriksaan simpangan antar lantai bertujuan untuk memastikan terjadinya stabilitas struktur dan menghindari kerusakan-kerusakan pada elemen struktur [7][8]. Simpangan yang terjadi pada bangunan disebabkan oleh gaya lateral gempa yang bekerja dan dihitung berdasarkan perbedaan simpangan pada pusat massa [5].

Simpangan antar lantai (Δ) dapat dihitung melalui beberapa persamaan berikut.

$$\delta = \frac{C_d \times \delta_e}{I_e} \quad (1)$$

$$\Delta = \delta_n - \delta_i \quad (2)$$

$$\Delta a/\rho = 0,015 \times h_x/\rho \quad (3)$$

Keterangan:

δ = Simpangan pusat masa

C_d = Faktor pembesaran defleksi

δ_e = Simpangan elastik

I_e = Faktor keutamaan

Δ = Simpangan antar lantai

δ_n = Simpangan pusat massa lantai yang dihitung

δ_i = Simpangan pusat massa lantai dibawahnya

$\Delta a/\rho$ = Simpangan ijin

3. Pembahasan

3.1. Pembebanan Gravitasi

Beban gravitasi didefinisikan sebagai beban yang diterima bangunan berdasarkan berat bangunan dan beban dari fungsi bangunan [6].

3.1.1. Beban Mati

Beban mati berasal dari berat elemen struktur bangunan itu sendiri. Pada penelitian ini, beban dihitung otomatis oleh program pada *software FEM*.

3.1.2. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan atau yang disebut juga *Super Imposed Dead Load* disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Beban Mati Tambahan pada Pelat

Jenis Beban	Tebal(m)	Berat Jenis	m ²	Satuan
Penutup Lantai (Keramik)	0,01	22	0,22	kN/m ²
Spesi	0,03	22	0,66	kN/m ²
Pasir urug	0,01	16	0,16	kN/m ²
Beban plafon dan penggantung			0,2	kN/m ²

Jenis Beban	Tebal(m)	Berat Jenis	m ²	Satuan
Berat Mekanikal			0,25	kN/m ²
Elektrikal (ME)				
Total Beban Mati			1,5	kN/m ²

Tabel 2. Beban Mati Tambahan pada Balok

Parameter	Simbol	Beban	Satuan
Tebal Dinding	T dinding	0,15	m
Tinggi Antar Lantai	H	4,2	m
Tinggi Balok diatas tembok	h balok	0,7	m
Asumsi Tinggi Tembok	H tembok	3,5	m
Persen Luas Efektif Dinding	% dinding	80%	%
Berat Jenis Baja Ringan	BJ dinding	7,5	kN/m ³
T dinding x H tembok x % dinding x BJ		3,15	kN/m

3.1.3. Beban Hidup

Beban hidup pada bangunan ditentukan berdasarkan oleh pengguna, penghuni maupun fungsi dari bangunan tersebut. Jenis beban hidup pada Gedung sekolah telah diatur oleh SNI 1727: 2020 seperti berikut.

Ruang kelas	= 1,92 kN/m ²
Koridor diatas lantai pertama	= 3,83 kN/m ²
Koridor lantai pertama	= 4,79 kN/m ²

3.2. Analisis Respons Spektrum

Analisis respons spektrum dihitung berdasarkan SNI 1726: 2019 seperti berikut.

3.2.1. Kategori Risiko

Fungsi bangunan adalah fasilitas pendidikan, dimana berdasarkan Tabel 3 pada SNI 1726: 2019 termasuk dalam kategori risiko IV.

3.2.2. Faktor Keutamaan (I_e)

Berdasarkan kategori risikonya, bangunan yang ditinjau memiliki nilai I_e sebesar 1,50.

3.2.3. Klasifikasi Situs

Lokasi bangunan terletak di daerah Sleman, DIY yang memiliki jenis tanah sedang.

3.2.4. Parameter Percepatan Gempa

Nilai S_s dan S_1 ditentukan berdasarkan peta percepatan gempa pada SNI 1726: 2019. Selain itu, cara untuk

menentukan Nilai S_s dan S_1 adalah dengan menggunakan bantuan program pada <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> guna mendapat hasil yang lebih akurat. Didapatkan nilai 0,9951 g untuk S_s dan 0,4634 g untuk S_1 . Selanjutnya, dari nilai-nilai tersebut didapatkan nilai dari $F_a = 1,1020$ dan $F_v = 1,8366$. Selanjutnya, didapatkan nilai S_{MS} dan S_{M1} dengan persamaan berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,1020 \times 0,9951 \text{ g} = 1,0966$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,8366 \times 0,4634 \text{ g} = 0,8511$$

3.2.5. Parameter Percepatan Spektral

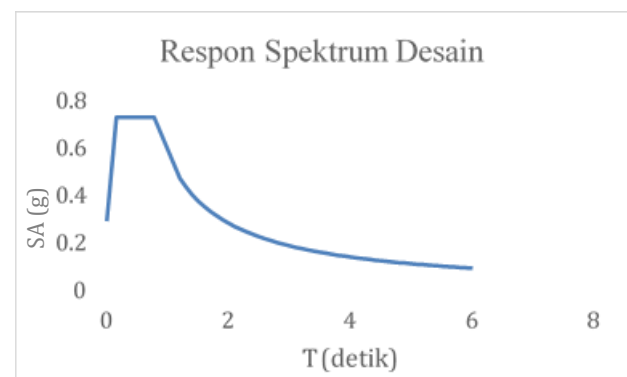
Nilai S_{DS} dan S_{D1} dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,8511 = 0,5674$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,8511 = 0,5674$$

3.2.6. Spektrum Respons Desain

Spektrum respons desain telah dibuat berdasarkan berdasarkan bantuan program <http://puskim.pu.go.id> dapat dilihat pada Gambar 6..

**Gambar 6.** Respons Spektral Desain

3.2.7. Kategori Desain Seismik (KDS)

Nilai ditentukan KDS berdasarkan nilai S_{DS} termasuk kategori risiko D. Sementara KDS berdasarkan nilai S_{D1} termasuk dalam kategori D.

3.2.8. Sistem Struktur Bangunan

Sistem struktur yang digunakan pada penelitian ini adalah Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Sistem Ganda Bracing, dan Sistem Ganda Dinding Geser. Setiap sistem struktur memiliki karakteristik dan fungsinya masing-masing. Berdasarkan SNI 1726: 2019, terdapat beberapa nilai koefisien dan nilai faktor pada system struktur disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Sistem Struktur Bangunan

Sistem Struktur	R	Ω	Cd
SRPMK	8	3	5,5
Sistem Ganda <i>Bracing</i>	7	2,5	5,5
Sistem Ganda Dinding Geser	7	2,5	5,5

3.2.9. Gaya Geser Dasar Seismik Respons Spektrum

Syarat penskalaan gaya gempa pada SNI 1729: 2019 harus memenuhi $V_{dinamik} > 100\% V_{statik}$. Jika persyaratan tersebut tidak dipenuhi, maka dilakukan penskalaan gaya. Perbandingan gaya geser gempa statik dan dinamik sebelum diskala dan sesudah di skala dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Cek Sebelum diskala

V_s sebelum diskala = 2896,66 kN

V_d sebelum diskala = 1827,33 kN

Cek $V_d > 100\% V_s$ = Not OK

Skala Baru
 $= V_s/V_d$
 $= 2896,66/1827,33$
 $= 1,59$

Tabel 4. Perbandingan Gaya Geser Gempa Statik dan Dinamik Sebelum Diskala

Tipe Seismik		Base Shear (kN)	
		V_s	V_d
Portal Terbuka	X	2896,66	1827,33
	Y	3585,82	2134,78
<i>Bracing</i>	X	2870,08	2151,92
	Y	4068,29	2400,69
Dinding Geser	X	2962,53	2421,90
	Y	5404,10	2955,59

Dilakukan pengecekan kembali setelah melakukan pembesaran skala seperti berikut.

V_s setelah diskala = 2896,66 kN

V_d setelah diskala = 2899,95 kN

Cek $V_d > 100\% V_s$ = OK

Tabel 5. Perbandingan Gaya Geser Gempa Statik dan Dinamik setelah Diskala

Tipe Seismik		Base Shear (kN)	
		V_s	V_d
Portal Terbuka	X	2896,66	2899,95
	Y	3585,82	3596,67
<i>Bracing</i>	X	2870,08	2897,69
	Y	4327,72	4327,72
Dinding Geser	X	2962,53	2962,53
	Y	5404,10	5404,10

3.2.10. Waktu Getar Alami

Berdasarkan SNI 1726: 2019, waktu getar alami dihitung melalui persamaan berikut.

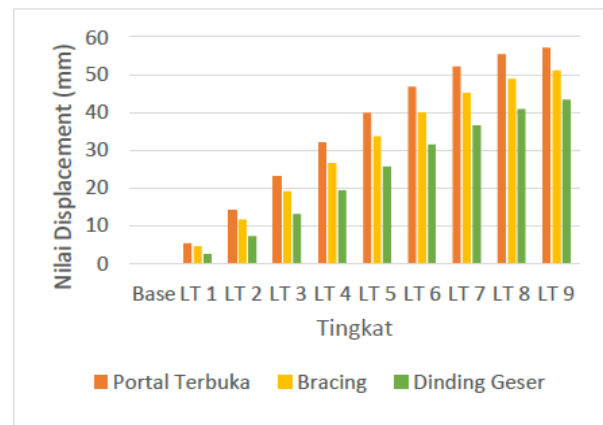
$$T_a = C_t \times h_x = 0,0466 \times 33,60,9 = 1,1018 \text{ detik}$$

$$T_{maks} = C_u \times T_a = 1,4 \times 1,1018 = 1,542 \text{ detik}$$

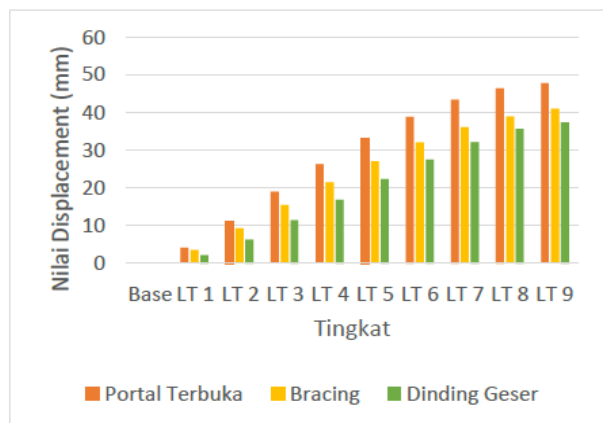
Menentukan waktu getar alami juga dilakukan dengan membandingkan hasil analisis *software FEM*. Pada analisis *software FEM*, didapatkan nilai $T_{cx} = 1,782$ detik dan $T_{cy} = 1,511$ detik. Dengan demikian, digunakan nilai T_{maks} , yaitu sebesar 1,542 detik.

3.3. Perbandingan Displacement

Nilai *displacement* ditentukan dengan mengambil sampel pada salah satu *joint* pada sudut bangunan di tiap lantainya. Gambar 7 dan Gambar 8 adalah perbandingan nilai *displacement*.

**Gambar 7.** Perbandingan *Displacement* Arah - X

Pada arah x, dinding geser menjadi tipe struktur yang memiliki nilai *displacement* terkecil. Nilai *displacement* terbesar pada arah x terjadi pada tipe struktur portal terbuka. Tipe struktur *bracing* memiliki nilai *displacement* lebih kecil dibandingkan dengan tipe struktur portal terbuka, namun lebih besar dibandingkan dengan tipe struktur dinding geser.

**Gambar 8.** Perbandingan *Displacement* Arah - Y

Displacement terbesar pada arah y terjadi pada tipe struktur portal terbuka. Sementara, nilai displacement terkecil terjadi pada tipe struktur dinding geser. Displacement yang dihasilkan oleh tipe struktur bracing lebih besar dibandingkan dengan tipe struktur dinding geser.

3.4. Simpangan Antar Lantai (Story Drift)

Simpangan antar lantai diperhitungkan melalui nilai perbedaan simpangan yang ditinjau dari pusat massa. Menentukan simpangan antar lantai dapat dilakukan dengan persamaan berikut.

Perhitungan simpangan antar lantai arah x

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e} = \frac{5,5 \times 30,5}{1,5} = 111,83 \text{ mm}$$

$$\Delta = \delta_n - \delta_i = 111,83 - 99,99 = 11,84 \text{ mm}$$

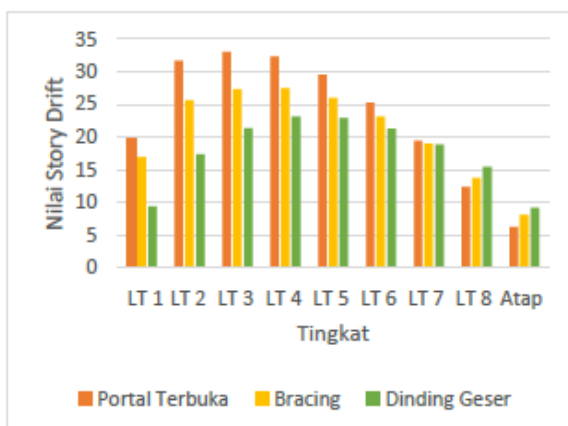
$$\Delta a/\rho = 0,015 \quad h_{sx} = 0,015 \times 4250 = 49,03 \text{ mm}$$

Perhitungan simpangan antar lantai arah y

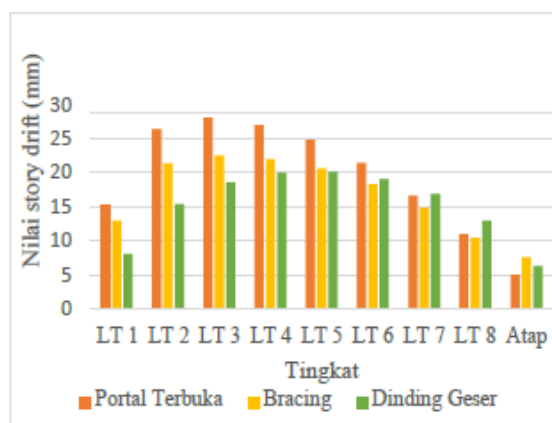
$$\delta_y = \frac{C_d \times \delta_{ye}}{I_e} = \frac{5,5 \times 24,93}{1,5} = 91,39 \text{ mm}$$

$$\Delta = \delta_n - \delta_i = 91,39 - 77,89 = 13,50 \text{ mm}$$

$$\Delta a/\rho = 0,010 \quad h_{sy} = 0,010 \times 4250 = 42,50 \text{ mm}$$



Gambar 9. Perbandingan Story Drift Arah - X



Gambar 10. Perbandingan Story Drift Arah - Y

Berdasarkan Gambar 9 hasil *output* simpangan antar lantai arah X terhadap 3 model memiliki tren penurunan nilai yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser pada lantai Basement hingga lantai 7. Terjadi kenaikan yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser pada lantai 7 dan 8. Dapat disimpulkan bahwa penambahan perkuatan struktur mampu mengurangi simpangan antar lantai yang terjadi.

Berdasarkan pada Gambar 10 menunjukkan hasil *output* simpangan antar lantai arah y terhadap 3 model memiliki tren penurunan nilai yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser pada lantai Basement hingga lantai 5. Terjadi kenaikan nilai simpangan antar lantai dinding geser pada lantai 6 hingga lantai 8. Dapat disimpulkan bahwa penambahan perkuatan struktur mampu mengurangi simpangan antar lantai yang terjadi terhadap *Digital Economy, Innovation, and Business Laboratory*.

3.5. Pengujian Porositas

Peninjauan respons struktur pada balok dilakukan dengan menganalisis salah satu balok. Respons struktur balok yang ditinjau pada penelitian ini adalah momen dan gaya geser[10].

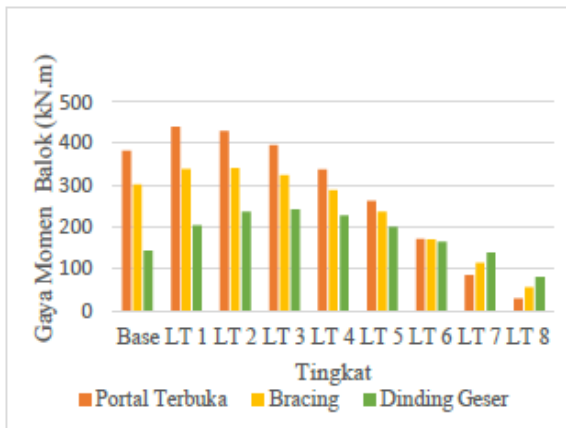
3.5.1. Momen Balok

Respons struktur pada balok yang akan ditinjau adalah balok BI 400X600. Nilai gaya dalam yang dihasilkan dapat diketahui dari *output* analisis software *Finite Element Analysis*. Nilai momen yang ditinjau berupa nilai momen positif dan momen negatif.

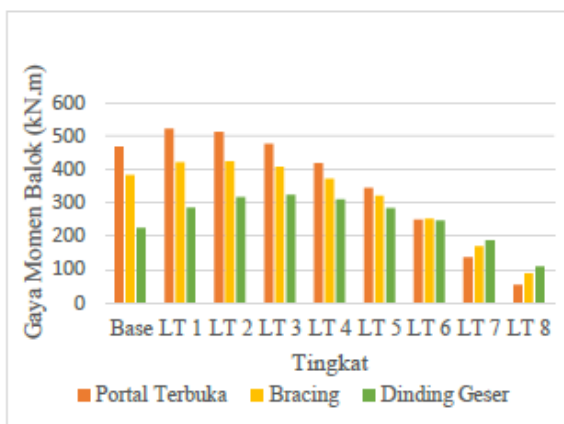
Berdasarkan Gambar 11 hasil *output* gaya momen positif balok terhadap 3 model memiliki tren penurunan nilai yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser pada lantai Basement hingga lantai 5. Terdapat nilai momen yang cenderung sama terhadap 3 model tersebut pada lantai 6. Terjadi kenaikan yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser pada lantai 7 dan 8. Dapat disimpulkan bahwa penambahan perkuatan struktur mampu mengurangi momen yang terjadi terhadap balok yang ditinjau.

Berdasarkan Gambar 12 hasil *output* gaya momen negatif balok terhadap 3 model memiliki tren penurunan nilai yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser pada lantai Basement hingga lantai 5. Terdapat nilai momen yang cenderung sama terhadap 3 model tersebut pada lantai 6. Terjadi kenaikan yang

berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser pada lantai 7 dan 8.



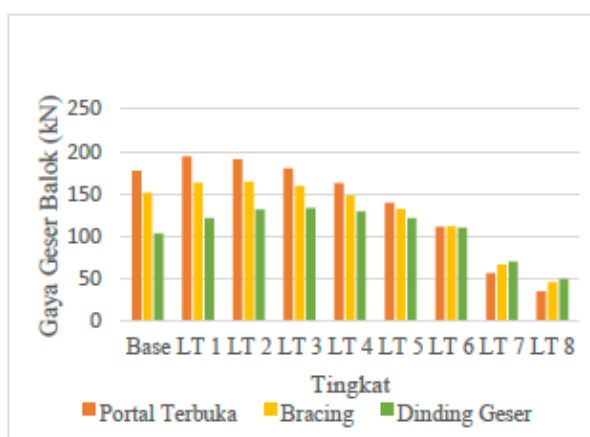
Gambar 11. Grafik Perbandingan Momen Balok Arah Positif



Gambar 12. Grafik Perbandingan Momen Balok Arah Negatif

3.5.2. Gaya Geser Balok

Nilai geser yang digunakan merupakan nilai geser terbesar dari masing masing model struktur dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Gaya Geser Balok

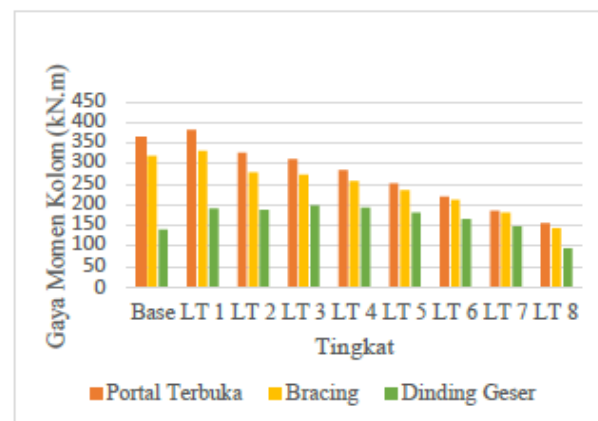
Hasil *output* gaya geser kolom terhadap 3 model memiliki tren penurunan nilai yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser pada lantai Basement hingga lantai 5. Pada lantai 6 memiliki nilai yang

cenderung sama terhadap 3 model tersebut. Pada lantai 7 dan lantai 8 mengalami kenaikan gaya geser yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser.

3.6. Respons Elemen Struktur Kolom

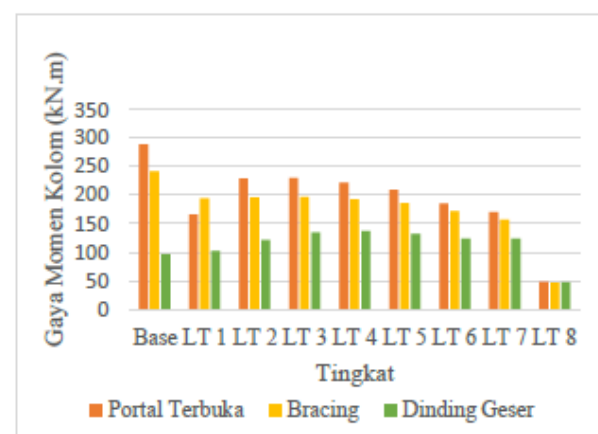
Respons elemen struktur kolom ditinjau melalui menganalisis reaksi yang terjadi pada salah satu kolom setelah diberi beban gempa. Respons elemen struktur kolom yang ditinjau pada penelitian ini berupa momen, gaya aksial dan gaya geser.

3.6.1. Momen Kolom



Gambar 14. Grafik Perbandingan Momen Kolom Arah Positif

Berdasarkan Gambar 14 hasil *output* gaya momen positif kolom terhadap 3 model memiliki tren penurunan nilai yang berurutan pada portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser dari lantai Basement hingga lantai 8. Dapat disimpulkan bahwa penambahan perkuatan struktur mampu mengurangi momen yang terjadi terhadap balok yang ditinjau.

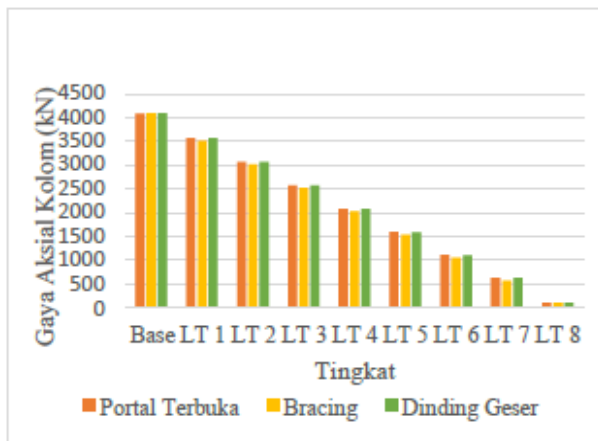


Gambar 15. Grafik Perbandingan Momen Kolom Arah Negatif

Berdasarkan Gambar 15 hasil *output* gaya momen negatif kolom terhadap 3 model memiliki beberapa tren penurunan nilai yang berurutan pada portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser dari lantai Basement hingga lantai 8. Dapat disimpulkan bahwa penambahan perkuatan struktur

mampu mengurangi momen yang terjadi terhadap balok yang ditinjau. Meskipun ada nilai momen negatif dilantai 2 pada *bracing* yang menunjukkan peningkatan serta nilai momen negatif yang cenderung sama terhadap 3 model tersebut pada lantai 8.

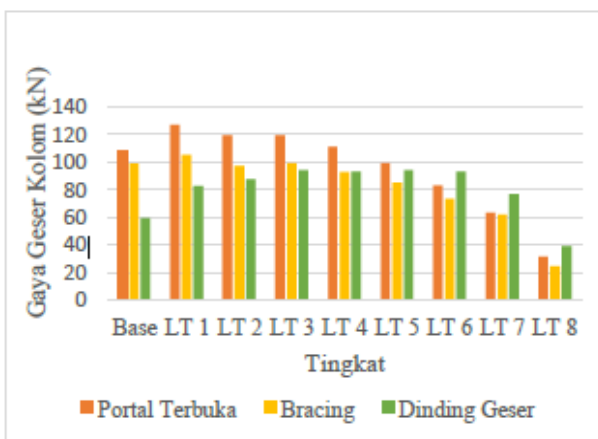
3.6.2. Gaya Aksial Kolom



Gambar 16. Grafik Perbandingan Gaya Aksial

Berdasarkan Gambar 16 hasil output gaya aksial kolom terhadap 3 model cenderung memiliki nilai yang sama.

3.6.3. Gaya Geser Kolom



Gambar 17. Grafik Perbandingan Gaya Geser Kolom

Berdasarkan Gambar 17 menunjukkan hasil *output* gaya geser kolom terhadap 3 model memiliki tren penurunan nilai yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser pada lantai *Basement* hingga lantai 4. Pada lantai 5 hingga lantai 8 untuk nilai gaya geser *bracing* tetap mengalami penurunan terhadap portal terbuka, namun untuk gaya geser pada model dinding geser mengalami peningkatan dari pada kedua model tersebut.

4. Simpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: (1) Nilai *Displacement* terhadap 3 model tipe struktur mengalami penurunan yang berurutan dimulai dari portal terbuka,

bracing, dan dinding geser. Penurunan ini diakibatkan oleh pemberian perkuatan struktur sehingga menandakan penggunaan perkuatan struktur memperoleh nilai *displacement* yang kecil.; (2) Nilai Simpangan antar lantai terhadap 3 model tipe struktur memenuhi persyaratan tidak melebihi batas izin yang telah ditentukan sebesar 48,46 mm. Nilai simpangan antar lantai terkecil berada pada model 3 (dinding geser) sehingga tipe struktur dinding geser memiliki kekakuan yang lebih baik dari pada model yang lainnya.; (3) Respon struktur berupa gaya dalam pada kolom dan balok mayoritas mengalami penurunan yang berurutan dimulai dari portal terbuka, *bracing*, dan dinding geser. Hal ini disebabkan oleh penambahan perkuatan struktur yang mampu menahan gaya lateral yang terjadi. Gaya dalam yang memiliki nilai terkecil terjadi pada model 3 (dinding geser) dibandingkan dengan model yang lainnya. Kemampuan perkuatan struktur untuk mereduksi beban lateral yang terjadi sejalan dengan konsep sistem ganda berupa perkuatan struktur mampu menahan gaya dasar gempa yang terjadi maksimal 75%. Sehingga untuk dimensi penampang elemen struktur akan mendapatkan hasil yang optimal dari pada sistem struktur yang lainnya. Dengan demikian adanya perkuatan struktur berupa *bracing* dan dinding geser mampu memberikan penurunan respon struktur yang terjadi pada bangunan gedung.

Daftar Rujukan

- [1] Aldo, A., &Pratama,G. N. I. (2019). Evaluasi Ketahanan Gempa Rumah Sedrhana Di Kelurahan Rum, Kota Tidore Kepulauan. INERSIA: INformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur, 15(2), 1-9.
- [2] Kumala, S. A., & Wahyudi. (2016). Analisis Nilai PGA (Peak Ground Acceleration) Untuk Seluruh Wilayah Kabupaten dan Kota di Jawa Timur. INERSIA: INformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur, 12(1), 37-43.
- [3] H. C. Hardiyatmo, Rekayasa Gempa untuk Analisis Struktur dan Geoteknik. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2022.
- [4] A. Sunarto, "Perbandingan Respons Struktur Gedung Tidak Beraturan Horisontal Akibat Gempa dengan Analisis Statik dan Dinamik (The Comparison of Irregular Horizontal a Building Structure's Response Effect of Earthquake With Static and Dinamic Analysis," Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1726: 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung," no.

8. 2019.

- [6] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1727: 2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain,” Standar Nasional Indonesia, no. 8. pp. 1–336, 2020.
- [7] Guo, Z. (2014). Principles of reinforced concrete. Butterworth-Heinemann.
- [8] McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2015). Design of reinforced concrete. John Wiley & Sons.
- [9] Moehle, J. (2015). Seismic design of reinforced concrete buildings. McGraw-Hill Education.
- [10] Ghali, A., Favre, R., & Elbadry, M. (2018). Concrete structures: Stresses and deformations: Analysis and design for serviceability. CRC Press.

[halaman ini kosong]