



## STUDI KOMPARASI PERILAKU GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN KETIDAKBERATURAN VERTIKAL TIPE 2 MENGGUNAKAN DINDING GESER DAN RANGKA BRESING KONSENTRIK *INVERTED-V*

Daniel Jason Tatang<sup>1\*</sup>, Lidya Fransisca Tjong<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan  
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Hegarmanah, Kec. Cidapad, Kota Bandung, Jawa Barat 40141

\*Email: 6101801024@student.unpar.ac.id

Diajukan:29/08/2022 Direvisi:29/11/2022 Diterima:30/11/2022

### Abstrak

Dinding geser umumnya digunakan pada struktur rangka beton bertulang, sedangkan bresing baja paling sering digunakan pada struktur baja. Pemberian bresing baja internal pada rangka beton bertulang mampu menahan beban lateral lebih tinggi dibandingkan rangka tanpa bresing. Maheri (2009), dalam studi bresing internal yang disambung secara langsung pada rangka beton bertulang menyimpulkan bahwa bresing tidak hanya cocok untuk meretrofit bangunan yang sudah ada, tetapi dapat menjadi alternatif yang kompeten sebagai pengganti dinding geser pada bangunan yang baru dibangun. Dalam studi ini dilakukan komparasi perilaku struktur untuk mengetahui perbedaan perilaku gedung yang memiliki ketidakberaturan massa dengan menggunakan dinding geser (Model 1) dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik (*SRBK*) *inverted - V* (Model 2). Dari analisis linear dinamik diperoleh hasil: Periode struktur untuk ragam pertama yang diperoleh menunjukkan model 1 bernilai lebih kecil 7.65 % dari model 2. Model 1 memiliki kinerja yang baik terhadap simpangan tingkat karena memiliki nilai simpangan elastik lantai teratas lebih kecil 11.22 % dibandingkan dengan model 2. Dari segi gaya geser dasar yang dianalisis menunjukkan bahwa gaya geser dasar pada model 1 lebih besar 1.81 % dibandingkan gaya geser dasar model 2. Model 1 memiliki kekakuan pada tingkat dasar lebih besar 31.62 % dibandingkan dengan model 2.

**Kata kunci:** Analisis Linear Dinamik, Bresing Konsentrik *Inverted-v*, Dinding Geser, Struktur Rangka Beton Bertulang, Ketidakberaturan Massa.

### Abstract

Shear walls are generally used in reinforced concrete frame structures, while steel braces are most often used in steel structures. There is a considerable amount of research showing the effective use of braced steel in reinforced trusses. The provision of internal steel braces on reinforced concrete frames is able to withstand higher lateral loads when compared to unbraced frames. Maheri (2009), in a study of internal braces connected directly to reinforced concrete frames, concluded that braces are not only suitable for retrofitting existing buildings, but can also be an adequate alternative to replace shear walls in newly built buildings. In this study, a comparison of structural behavior was carried out to determine the differences in buildings that have mass irregularities using shear walls (Model 1) and *inverted Concentric Bracing Frame System (SRBK) - V* (Model 2). Based on dynamic linear analysis, the results are as follows: The structural period for the first variance which shows that model 1 is 7.65% smaller than model 2. Model 1 has a good performance on the level of deviation because it has a smaller top floor elastic deviation value of 11.22 % compared to model 2. In terms of the basic shear force, the analysis shows that the basic shear force in model 1 is 1.81% greater than the basic shear force of model 2. Model 1 has a stiffness at the base level greater than 31.62% compared to model 2.

**Keywords:** Linear Dynamic Analysis, *Inverted-v* Concentrically Braced Frames, Shear Wall, Reinforced Concrete Frame, Mass Irregularity.

## 1. PENDAHULUAN

Gedung bertingkat memiliki keberagaman dalam ketinggian dan bentuk struktur. Begitu pula fungsi tiap lantai bangunan yang berbeda. Ada beberapa bangunan yang memiliki massa tingkat yang lebih besar dari tingkat di atasnya atau di bawahnya. Jika massa tersebut melebihi 150% massa tingkat diatas atau dibawahnya, maka struktur tersebut masuk kedalam ketidakberaturan vertikal tipe 2 yaitu ketidakberaturan massa. Sehingga struktur tersebut harus dianalisis sesuai dengan pasal referensi yang terdapat pada SNI 1726:2019.

Selain ketidakberaturan, desain suatu gedung juga perlu diperhatikan dalam menerima beban gempa. Posisi geografis Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia yaitu: lempeng Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia membuat Indonesia menjadi salah satu negara yang tidak akan lepas dari ancaman gempa bumi. Bila gempa terjadi, struktur gedung diharapkan mampu menahan beban lateral dengan sedikit atau tidak terjadinya kerusakan pada struktural, serta manusia yang tinggal atau berada pada bangunan tersebut terjaga keselamatannya. Untuk meminimalisir dampak gaya gempa yang memiliki sifat bolak balik, gedung dapat ditambahkan elemen dinding geser ataupun rangka bresing untuk memikul beban lateral dengan meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur.

Dinding geser umumnya digunakan pada struktur rangka beton bertulang, sedangkan bresing baja paling sering digunakan pada struktur baja. Ada sejumlah penelitian menunjukkan penggunaan bresing baja cukup efektif dalam struktur beton bertulang. Youssefa dkk (2007), telah melakukan studi perihal bresing baja internal pada rangka beton bertulang. Pemberian bresing baja internal pada rangka beton bertulang mampu menahan beban lateral lebih tinggi jika dibandingkan rangka tanpa bresing. Elemen bresing pada rangka beton bertulang dapat didesain sesuai dengan tata cara perancangan bresing pada struktur baja. M.R Maheri (2009), dalam studi bresing internal yang disambung secara langsung pada rangka beton bertulang memiliki kesimpulan bahwa bresing tidak hanya cocok digunakan untuk meretrofit bangunan yang sudah ada, tetapi juga dapat menjadi alternatif yang cukup

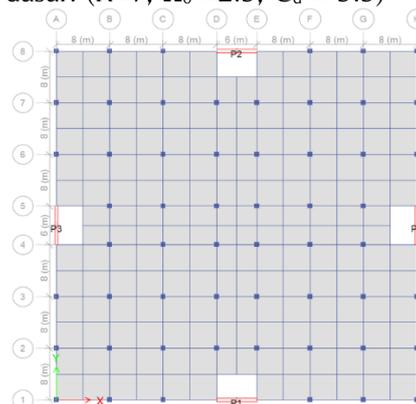
kompeten sebagai pengganti dinding geser pada bangunan yang baru.

Pada Studi ini dilakukan perbandingan perilaku struktur yang memiliki ketidakberaturan massa dengan menggunakan dinding geser beton dan bresing baja untuk mengetahui perbedaan perilaku struktur dan memberikan gambaran apakah bresing baja mampu menggantikan dinding geser beton yang umumnya digunakan sebagai penahan lateral pada struktur beton bertulang.

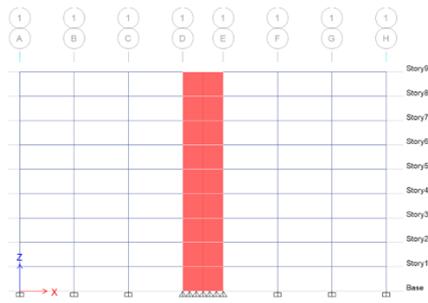
## 2. METODOLOGI

Model 1 menggunakan dinding geser beton bertulang dan Model 2 menggunakan bresing konsentrik inverted-V. Dinding geser dan bresing memiliki bentang 6 m pada posisi tengah perimeter bangunan. Gambar model ditunjukkan pada **Gambar 1 - Gambar 6**. Berikut merupakan data struktur model 1 dan model 2.

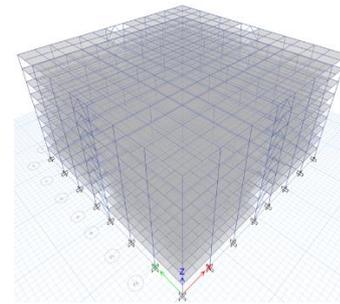
Fungsi Bangunan : Hotel  
 Lokasi : Jakarta  
 Klasifikasi Situs : Tanah Sedang (SD)  
 Jumlah Lantai : 9  
 Tinggi Antar Lantai : 3,6 m  
 Kategori Risiko : II  
 Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ) : 1,0  
 Sistem Struktur Model 1 & 2 : Sistem ganda dengan Rangka pemikul momen Khusus didesain untuk menerima minimum 25% gaya geser dasar. ( $R=7, \Omega_0=2.5, C_d=5.5$ )



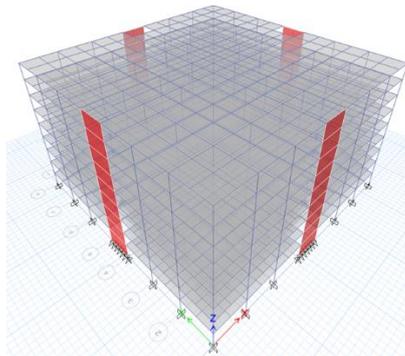
Gambar 1. Denah tipikal lantai 1-9 (model 1)



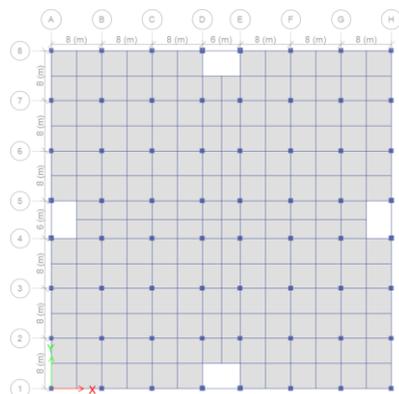
Gambar 2. Potongan 1-1 (model 1)



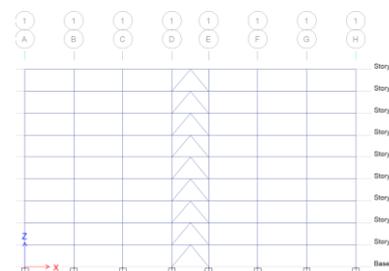
Gambar 6. 3D (model 2)



Gambar 3. 3D (model 1)



Gambar 4. Denah tipikal lantai 1-9 (model 2)



Gambar 5. Potongan 1-1 (model 2)

**2.1. Data Material**

Spesifikasi material beton yang digunakan pada model adalah sebagai berikut:

- Rangka beton bertulang

1. Material beton

Mutu beton,  $f_c'$  : 30 MPa

Modulus elastisitas,  $E_c$  :  $4700\sqrt{f_c}=25742,96$  MPa

Berat jenis beton : 24 kN/m<sup>3</sup>

2. Material baja

Tegangan leleh,  $f_y$  : 420 MPa

Modulus elastisitas,  $E_s$  : 200000 MPa

- Dinding Geser

1. Material beton

Mutu beton,  $f_c'$  : 35 MPa

Modulus elastisitas,  $E_c$  :  $4700\sqrt{f_c}=27805,57$  MPa

Berat jenis beton : 24 kN/m<sup>3</sup>

2. Material baja

Tegangan leleh,  $f_y$  : 420 MPa

Modulus elastisitas,  $E_s$  : 200000 MPa

- Bresing

Tegangan leleh,  $f_y$  : 290 MPa

Modulus elastisitas,  $E_s$  : 200000 MPa

**2.2. Beban Mati Tambahan**

Beban mati tambahan diperoleh dari berat non struktural pada gedung. Beban mati tambahan pada struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Beban mati tambahan

Lantai	Total beban (kN/m <sup>2</sup> )
1-8	1.25
9	8.60

**2.3. Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban yang disesuaikan dengan fungsi dari masing-masing ruangan dan bersifat tidak tetap. Berikut merupakan beban hidup yang digunakan berdasarkan pasal 4.3.1 SNI 1727:2020 :

- Beban hidup pada lantai 1
  - Lobi : 4.79 kN/m<sup>2</sup>
- Beban hidup pada lantai 2-3
  - Ballroom : 4.79 kN/m<sup>2</sup>
- Beban hidup pada lantai 4-8
  - Kamar : 1.92 kN/m<sup>2</sup>
- Beban hidup pada lantai 9
  - Taman : 4.79 kN/m<sup>2</sup>
  - Restoran : 4.79 kN/m<sup>2</sup>

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Gerak Dominan Struktur**

Struktur diharapkan mengalami gerak translasi pada ragam getar pertama dan kedua. Gerak dominan struktur pada ragam getar ketiga diijinkan bergerak secara rotasi. Pemeriksaan gerak dominan struktur dari model 1 dan model 2 ditunjukan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Kedua model telah memenuhi kondisi gerak dominan struktur. Pada model 1, ragam getar pertama dan kedua secara berurutan bertanslasi pada arah x dan y. Sedangkan pada model 2, ragam getar pertama dan kedua secara berurutan bertanslasi pada arah y dan x. Pada ragam ketiga kedua model sama-sama berotasi.

Tabel 2. Gerak dominan struktur model 1

Mo-de	Period sec	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	1.534	<b>0.6847</b>	0.0568	0	0.0206	0.2481	0
2	1.534	0.0568	<b>0.6847</b>	0	0.2481	0.0206	0
3	1.175	0	0	0	0	0	<b>0.7125</b>

Tabel 3. Gerak dominan struktur model 2

Mo-de	Period sec	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	1.661	6.97E-06	<b>0,7578</b>	0	0,248	2.28E-06	0
2	1.661	<b>0,7578</b>	6.97E-06	0	2.28E-06	0,248	0
3	1.326	0	0	0	0	0	<b>0,7558</b>

**3.2. Ketidakberaturan Berat (Massa)**

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5, model 1 dan model 2 mengalami ketidakberaturan massa. Hal tersebut disebabkan karena adanya massa efektif di suatu tingkat yang melebihi 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Pada kasus ini massa lantai 9 melebihi 150% massa

lantai 8. Oleh sebab itu, gedung harus didesain sesuai pada Tabel 16 SNI 1726:2019 dimana pada studi ini kedua model diizinkan untuk menggunakan analisis spektrum respons ragam dan prosedur respons riwayat waktu seismik. Tetapi tidak diizinkan menggunakan analisis gaya lateral ekuivalen.

Tabel 4. Ketidakberaturan massa model 1

Lantai	Massa kg	150% Massa i-l		Cek
		kg	kg	
9	4061178,6	-	3824083,1	Terjadi
8	2549388,74	6091767,9	3824083,1	Tidak Terjadi
7	2549388,74	3824083,1	3824083,1	Tidak Terjadi
6	2549388,74	3824083,1	3824083,1	Tidak Terjadi
5	2549388,74	3824083,1	3824083,1	Tidak Terjadi
4	2549388,74	3824083,1	5192509,5	Tidak Terjadi
3	3461673,02	3824083,1	5192509,5	Tidak Terjadi
2	3461673,02	5192509,5	5192509,5	Tidak Terjadi
1	3461673,02	5192509,5	-	Tidak Terjadi

Tabel 5. Ketidakberaturan massa model 2

Lantai	Massa kg	150% Massa i-l		Cek
		kg	kg	
9	4008841,7	-	3745577,25	Terjadi
8	2497051,5	6013262,55	3745577,25	Tidak Terjadi
7	2497051,5	3745577,25	3745577,25	Tidak Terjadi
6	2497051,5	3745577,25	3745577,25	Tidak Terjadi
5	2497051,5	3745577,25	3745577,25	Tidak Terjadi
4	2497051,5	3745577,25	5114003,655	Tidak Terjadi
3	3409335,77	3745577,25	5114003,655	Tidak Terjadi
2	3409335,77	5114003,655	5114003,655	Tidak Terjadi
1	3409335,77	5114003,655	-	Tidak Terjadi

**3.3. Syarat Sistem Ganda**

Berdasarkan Pasal 7.2.5.1 SNI 1726:2019, rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25 % gaya seismik desain. Tahanan gaya seismik total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan bahwa model 1 dan model 2 telah memenuhi ketentuan sistem ganda.

Tabel 6. Syarat sistem ganda model 1 akibat gempa arah X dan Y

Model 1	Gaya Geser Dasar			%V <sub>kolom</sub>	%V <sub>sw</sub>
	V <sub>kolom</sub> kN	V <sub>sw</sub> kN	V <sub>Total</sub> kN		
Arah x	5804,5595	15000,601	20805,16	27,8996	72,10039
Arah y	5804,5571	15000,6017	20805,16	27,8996	72,10039

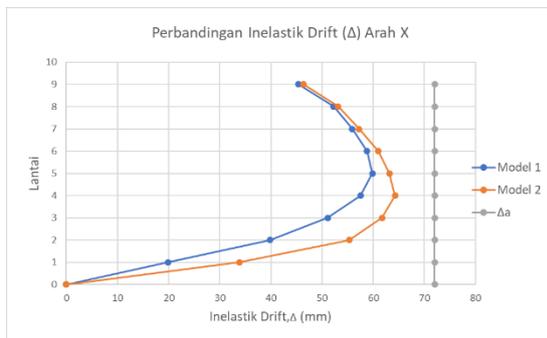
Tabel 7. Syarat sistem ganda model 2 akibat gempa arah X dan Y

Model 2	Gaya Geser Dasar			%Vkolom	%Vbresing
	Vkolom	Vbresing	VTotal		
	kN	kN	kN		
Arah x	9778,5984	10656,1216	20434,72	47,85286	52,14714
Arah y	9778,5984	10656,1216	20434,72	47,85286	52,14714

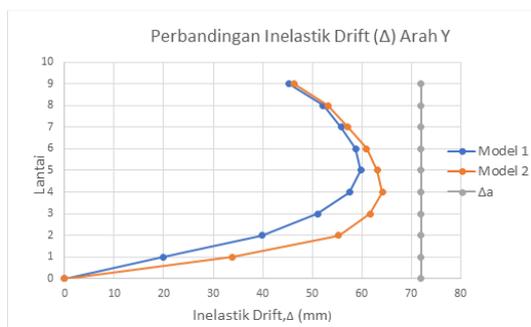
**3.4. Perbandingan Simpangan Antar Tingkat dan Simpangan Elastik**

Pemeriksaan terhadap simpangan antar tingkat dalam pasal 7.12.1 SNI 1726:2019 menyebutkan bahwa simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_a$ ) untuk semua tingkat. Pada pemodelan kedua model, Simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_a$ ) yang digunakan adalah 0.02 hsx

Dari Gambar 7 dan Gambar 8, dapat diperhatikan bahwa simpangan antar tingkat pada Model 1 dan Model 2 untuk arah X maupun Y tidak ada yang melebihi batas simpangan izin yang ditentukan sehingga kedua model telah memenuhi persyaratan.

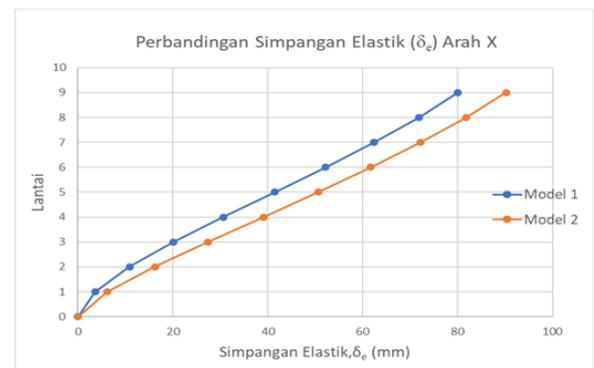


Gambar 7. Perbandingan simpangan antar tingkat inelastik arah X

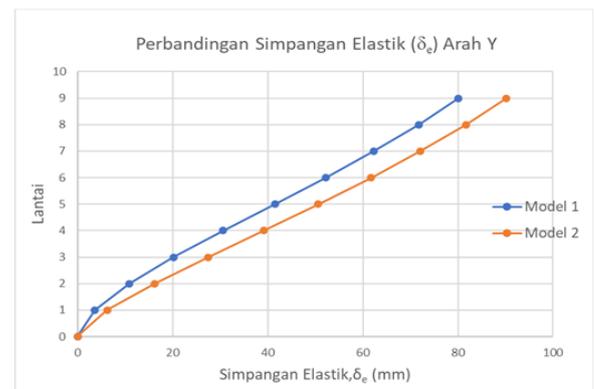


Gambar 8. Perbandingan simpangan antar tingkat inelastik arah Y

Pada Gambar 7 – Gambar 10 ditunjukkan bahwa baik simpangan antar tingkat maupun simpangan elastik pada arah X dan Y untuk model 1 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan model 2. Hal tersebut diakibatkan oleh kekakuan struktur dari masing – masing model. Oleh sebab itu, dari hasil perbandingan yang diperoleh menunjukkan bahwa model 1 tentunya akan memiliki kekakuan struktur yang relatif lebih kaku dibandingkan dengan kekakuan struktur model 2.



Gambar 9. Perbandingan simpangan elastik arah X



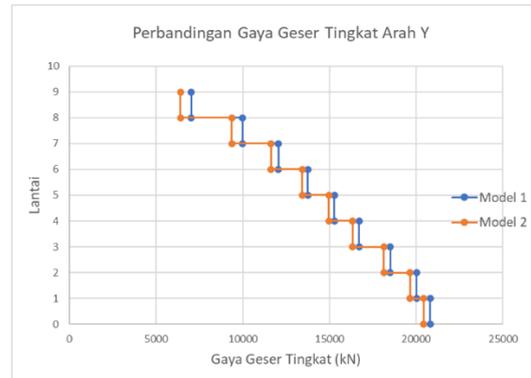
Gambar 10. Perbandingan simpangan elastik arah Y

**3.5. Kekakuan Tingkat**

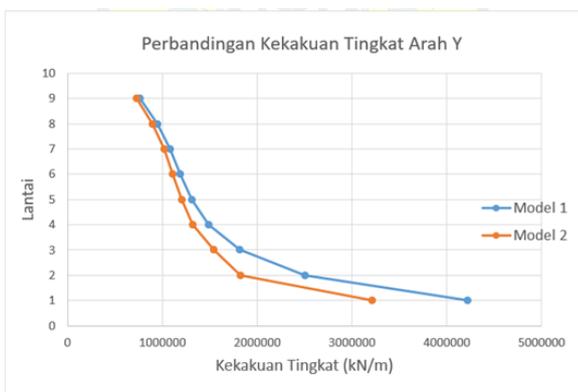
Grafik perbandingan tingkat untuk arah x dan y untuk kedua model mengacu pada Gambar 11 dan Gambar 12. Model 1 memiliki kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan model 2.



Gambar 11. Perbandingan kekakuan tingkat arah X



Gambar 14. Perbandingan gaya geser tingkat arah Y



Gambar 12. Perbandingan kekakuan tingkat arah Y

**3.6. Gaya Geser Tingkat**

Grafik perbandingan gaya geser tingkat arah x dan y pada Gambar 13 dan Gambar 14. model 1 memikul gaya geser tingkat yang lebih besar dari gaya geser tingkat model 2. Besarnya gaya geser tingkat tersebut dipengaruhi oleh massa tambahan dari dinding geser yang lebih besar serta kekakuan dinding geser yang lebih besar dibandingkan dengan bresing.



Gambar 13. Perbandingan gaya geser tingkat arah X

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan antara perbandingan dinding geser dan rangka bresing inverted-v pada gedung beton bertulang sebagai berikut:

1. ketidakberaturan massa terjadi pada kedua model di lantai 9 karena telah melebihi 150% massa lantai di bawahnya, sehingga kedua model harus dianalisis sesuai dengan pasal referensi yang terdapat pada SNI 1726:2019. Adanya ketidakberaturan massa tersebut mempengaruhi periode struktur. Dimana dalam perhitungan analisis, periode struktur secara tidak langsung berhubungan dengan gaya geser. Oleh karena itu, penggunaan bresing atau dinding geser dapat menjadi solusi untuk menahan beban lateral tambahan akibat dari ketidakberaturan massa.
2. Periode struktur untuk ragam pertama yang diperoleh menunjukkan model 1 bernilai 1.534 detik lebih kecil 7.65 % dari model 2 yaitu 1.661 detik. Model 1 memiliki kinerja yang baik terhadap simpangan tingkat karena simpangan elastik lantai teratas bernilai 80.091 mm lebih kecil 11.22 % dibandingkan dengan model 2 yaitu 90.208 mm. Dari segi gaya geser dasar, menunjukkan bahwa pada model 1 bernilai 20805.16 kN lebih besar 1.81 % dibandingkan gaya geser dasar Model 2 yaitu 20434.72 kN. Periode, simpangan, dan gaya geser berhubungan dengan kekakuan. Periode dan simpangan berbanding terbalik dengan

- kekakuan sedangkan gaya geser berbanding lurus dengan kekakuan.
3. Model 1 memiliki kekakuan pada tingkat dasar sebesar 4224919 kN/m lebih besar 31.62 persen dibandingkan dengan model 2 sebesar 3209879 kN/m. Elemen bresing memiliki nilai daktilitas yang lebih tinggi namun menghasilkan kekakuan yang lebih rendah dibandingkan dengan dinding geser beton.
  4. Kedua Model telah memenuhi persyaratan sistem ganda dimana rangka momen khusus sudah mampu memikul minimal 25% gaya lateral.
  5. Dengan demikian dari semua hasil yang telah diperoleh, dinding geser dan rangka bresing dapat memperkuat struktur pada saat terjadi gempa. Dari beberapa segi perilaku struktur, dinding geser lebih baik digunakan pada struktur rangka beton dibandingkan dengan rangka bresing baja konsentrik inverted-v namun tidak menutup kemungkinan untuk dijadikan alternatif pengganti dinding geser.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A. Babu, C. K. Patnaikuni, Balaji, B.S. Kumar. (2017). Effect of Steel Bracings on RC Framed Structure. *International Journal of Mechanics and Solids*. ISSN 0973-1881 Vol. 12, No. 1, pp. 97-112.
- A. Campiche, S. Costanzo. (2020). Evolution of EC8 Seismic Design Rules for X Concentric Bracings, *Symmetry*, 12, 1807. Departemen Pekerjaan Umum: SNI 1726:2019. (2019). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Departemen Pekerjaan Umum: SNI 1727:2020. (2020). Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Departemen Pekerjaan Umum: SNI 1729:2020. (2020). Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Departemen Pekerjaan Umum: SNI 2847:2019. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Departemen Pekerjaan Umum: SNI 7860:2020. (2020). Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dharanya A, Gayathri S, and Deepika M. (2017). Comparison Study of Shear Wall and Bracings under Seismic Loading in Multi - Storey Residential Building. *International Journal of ChemTech Research*, Vol.10, No.8, pp 417-424.
- G.V. Nandi, G.S. Hiremath. (2015). Seismic Behavior of Reinforced Concrete Frame with Eccentric Steel Bracings, *SSRG International Journal of Civil Engineering*, vol. 2, issue 6.
- Jack P. Moehle, Tony Ghodsi, John D. Hooper, David C. Fields, Rajnikanth Gedhada. (2012). Seismic Design of Cast-in-Place Concrete Special Structural Walls and Coupling Beams. NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 6. National Institute of Standards and Technology.
- Maheri MR, Sahebi A. (1977). Use of Steel Bracing in Reinforced Concrete Frames. *Engineering Structure*, vol.19, No.12, pp.1018–1024.
- Rafael Sabelli, Charles W. Roeder, Jerome F. Hajjar. (2013). Seismic Design of Steel Special Concentrically Braced Frame Systems NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 8. National Institute of Standards and Technology.
- S.M. Razak, T.C. Kong, N.Z. Zainol, A. Adnan, M. Azimi. (2017). A Review of Influence of Various Types of Structural Bracing to the Structural Performance of Buildings. *International Conference on Civil and Environmental Engineering, E3S Web of Conferences* 34, 01010.
- T. Okazaki, D. G. Lignos, T. Hikino, K. Kajiwara. (2013). Dynamic Response of a Chevron Concentrically Braced Frame. *Journal of Structural Engineer* 139, 515-525.
- Youssefa, M.A., Ghaffarzadehb, H., dan Nehdia, M. (2007). Seismic Performance of RC Frames with Concentric Internal Steel Bracing. *Engineering Structures* 29 (2007), 1561–156.