



## Pengaruh Bentuk *Bracing* Eksentris pada Struktur Gedung Baja terhadap Kinerja Struktur dengan Analisis Gempa Respon Spektrum

Kristianus Chen Cari<sup>1</sup>, Dionisius Tripriyo Arry Bramantoro<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang

### Keywords :

*Eccentric bracing, period of vibration, drift story, spectrum response, steel structure.*

### Kata Kunci :

*Bracing eksentris, periode getaran, simpangan antar lantai, gaya gempa, struktur baja, Respon spektrum*

### Article History :

Submitted : 15 Maret 2023

Accepted : Juni 2023

Available Online : Juni 2023

### Korespondensi Penulis :

Kristianus Chen Cari

### Email :

[kristianuscencari@gmail.com](mailto:kristianuscencari@gmail.com)

### Abstract

*Analysis of the effect of eccentric bracing on earthquake resistant steel buildings aims to obtain structural rigidity in a steel building and plays a role in resisting earthquake forces, so as to prevent excessive deviations in the building structure. The structure under review is an 8-storey steel building. There are 4 structural modeling variations, namely the Control Plan Model (MDK), the K eccentric bracing system shape model (MBSBEK), the IV eccentric bracing system shape model (MBSBEIV), the D eccentric bracing system shape model (MBSBED) ) and IVV eccentric bracing system shape model (MBSBEIVV). Structural modeling is done in 3D, earthquake force analysis uses dynamic response spectrum analysis based on SNI 1726-2019. From the results of the analysis, the recommended building frame model when an earthquake load occurs is MBSBEK, the results of this analysis show that the MBSBEK to MDK decreases in the vibration period with a percentage of 26.1%, the drift between floors with a percentage of 26.2% and the base earthquake force there was an increase with a percentage of 27.1%*

### Abstrak

Analisis pengaruh bentuk bracing eksentris pada bangunan baja tahan gempa bertujuan untuk memperoleh kekakuan struktur pada suatu bangunan baja serta berperan menahan gaya gempa, sehingga dapat mencegah simpangan berlebih pada stuktur bangunan.

Struktur yang ditinjau adalah gedung baja 8 lantai .Terdapat 4 variasi permodelan struktur yaitu Model Denah Kontrol (MDK), Model bentuk sistem bracing eksentris K (MBSBEK), Model bentuk sistem bracing eksentris IV (MBSBEIV), Model bentuk sistem bracing eksentris D (MBSBED) dan Model bentuk sistem bracing eksentris IVV (MBSBEIVV).Pemodelan struktur dilakukan secara 3D, analisa gaya gempa menggunakan analisis dinamis respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019. Dari hasil analisis, model rangka gedung yang direkomendasikan saat terjadi beban gempa adalah MBSBEK. Hasil analisis menunjukkan MBSBEK terhadap MDK terjadi penurunan pada periode getaran dengan presentase sebesar 26,1 % , simpangan antar lantai dengan presentase sebesar 26,2% dan gaya gempa dasar terjadi kenaikan dengan presentase sebesar 27,1%

### DOI :

Sitasi : Cari, Kristianus C., Dionisius, T.A.B. 2023. Pengaruh Bentuk Bracing Eksentris pada Struktur Gedung Baja Terhadap Kinerja Struktur dengan Analisis Gempa Respon Spektrum. Vol. 02 No. 01, hal 25-32.

## 1. Pendahuluan

Konstruksi baja merupakan salah satu alternatif konstruksi yang banyak diterapkan di Indonesia saat ini. Indonesia merupakan wilayah yang dilalui oleh jalur gempa sehingga bangunan baja di berbagai daerah di Indonesia harus dirancang mampu menahan beban gempa. Salah satu upaya yang dilakukan adalah penggunaan *bracing* atau pengaku untuk menambah kekakuan dan mengurangi dampak dari gaya lateral akibat gempa (Panuluh, 2010; Maizuar, 2012; dan Elvarando, 2020).

*Bracing* adalah pengaku atau pengikat pada suatu struktur bangunan baja yang digunakan untuk menahan gaya gempa, sehingga dapat mencegah simpangan berlebih pada stuktur bangunan. Sistem rangka yang biasa digunakan pada konstruksi baja adalah Sistem Rangka dengan *bracing* konsentris (SRBK) dan Sistem Rangka dengan *bracing* eksentris (SRBE). SRBE diketahui memiliki kelebihan dibandingkan SRBK. SRBE memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan SRBK, karena peran *bracing* sebagai pengaku dan *link* yang daktail sebagai penyerap energi gempa yang efektif, secara bersama sama meningkatkan kemampuan sistem *bracing* eksentris sebagai struktur baja tahan gempa (Yurisman dkk, 2010 dan Pradana dkk, 2015).

Penelitian sebelumnya di lakukan oleh Pamungkas, 2021 dan Rienanda, 2019, mengenai pengaruh penggunaan global *bracing* terhadap respon struktur bangunan baja pada gedung bertingkat banyak akibat beban gempa. Penelitian ini membandingkan kinerja struktur bangunan baja dengan *bracing* dan tanpa *bracing*. Berdasarkan penelitian tersebut terjadi penurunan periode getaran, simpangan antar lantai pada struktur bangunan baja dengan *bracing*, hal ini menunjukkan penggunaan *bracing* pada bangunan baja sangat berpengaruh pada kekakuan dan kestabilan strukturnya.

Penelitian terdahulu membahas pengaruh penggunaan *bracing* eksentris pada struktur bangunan, sedangkan penelitian ini lebih mengkaji pengaruh bentuk *bracing* eksentris dengan berbagai tipe yaitu tipe K, V, V terbalik dan tipe D terhadap periode getaran, simpangan antar lantai dan gaya gempa dengan menggunakan analisis respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Kriteria Desain

Struktur dimodelkan tiga dimensi (3D) dengan menggunakan perencanaan struktur bangunan tahan gempa. Data umum bangunan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Struktur Utama : Struktur Baja
- Fungsi Bangunan : Perkantoran
- Lokasi : Kota Malang
- Sistem Struktur : Sistem Rangka Gedung
- Jumlah Lantai : 8 Lantai

### 2.2 Variasi Pemodelan

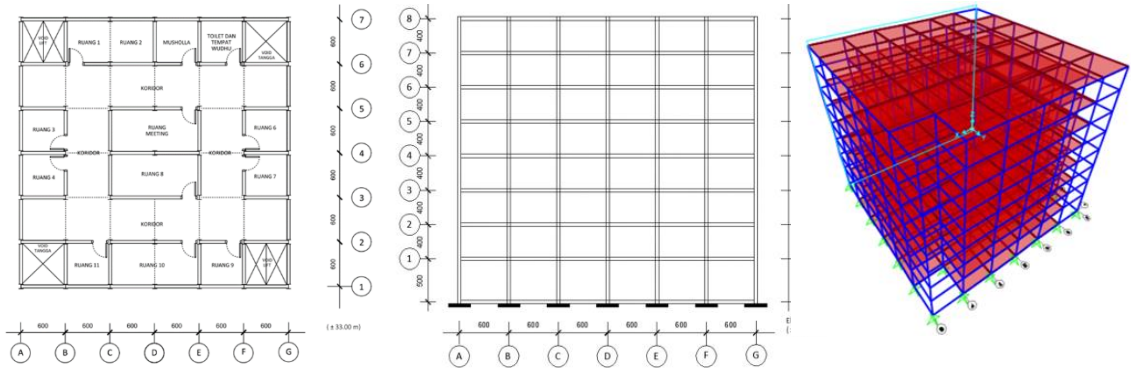
Pemodelan Struktur gedung terdapat 4 variasi bentuk *bracing* eksentris dengan pemodelan struktur gedung 8 lantai dengan ketinggian 33 m. Struktur memiliki konfigurasi perbandingan bentuk *bracing* eksentris dengan denah posisi yang simetris pada bangunan baja bertingkat Jumlah modul pada struktur arah X = 6 modul dan arah Y = 6 modul. Terdapat 4 variasi pemodelan struktur sebagai berikut:

Tabel 1. Variasi Pemodelan Struktur

No.	Model	Keterangan
1	MDK	Model Denah Kontrol
2	MBSBEK	Model Bentuk Sistem <i>Bracing</i> Eksentris K
3	MBSBEIV	Model Bentuk Sistem <i>Bracing</i> Eksentris Inverted V
4	MBSBED	Model Bentuk Sistem <i>Bracing</i> Eksentris D
5	MBSBEIVV	Model Bentuk Sistem <i>Bracing</i> Eksentris Inverted V dan V

a. Model Denah Kontrol (MDK)

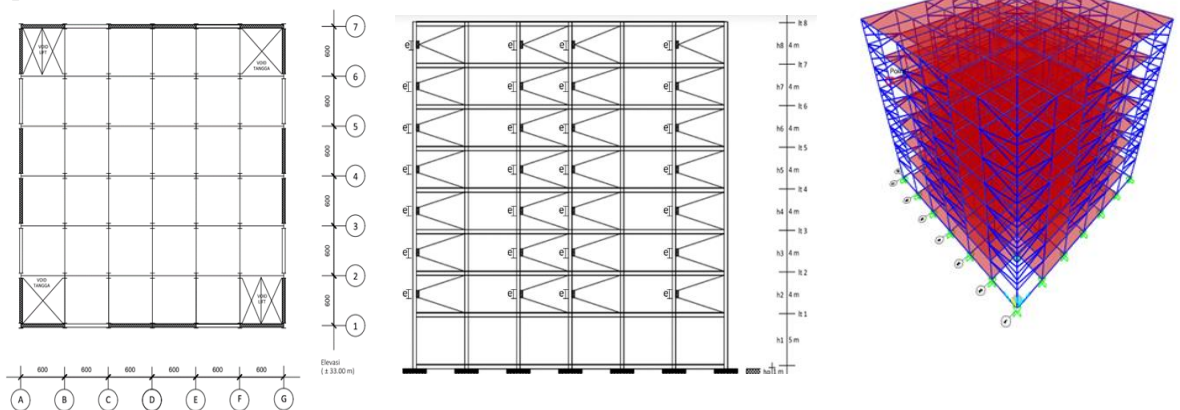
Model Denah Kontrol merupakan permodelan yang diasumsikan bangunan tidak memiliki variasi *bracing* eksentris sehingga bangunan di kategorikan sebagai bangunan simetris dan digunakan sebagai perbandingan (kontrol) terhadap model lainnya pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan MDK

b. Model Bentuk Sistem *Bracing* Eksentris K

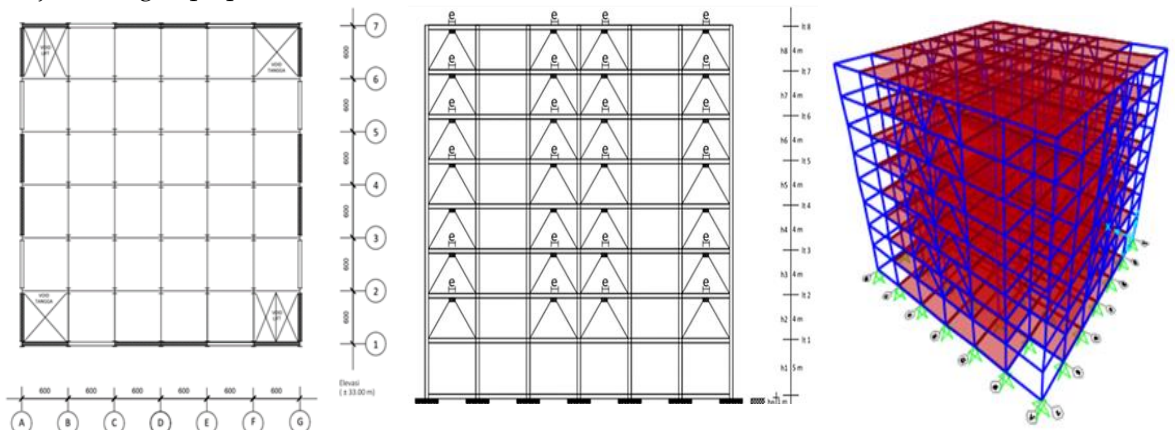
Model bentuk sistem *bracing* eksentris K adalah permodelan yang diasumsikan pada bangunan yang memiliki variasi bentuk *bracing* eksentris tipe K pada struktur bangunan baja tahan gempa pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan MBSBEK

c. Model Bentuk Sistem *Bracing* Eksentris Inverted V (MBSBEIV)

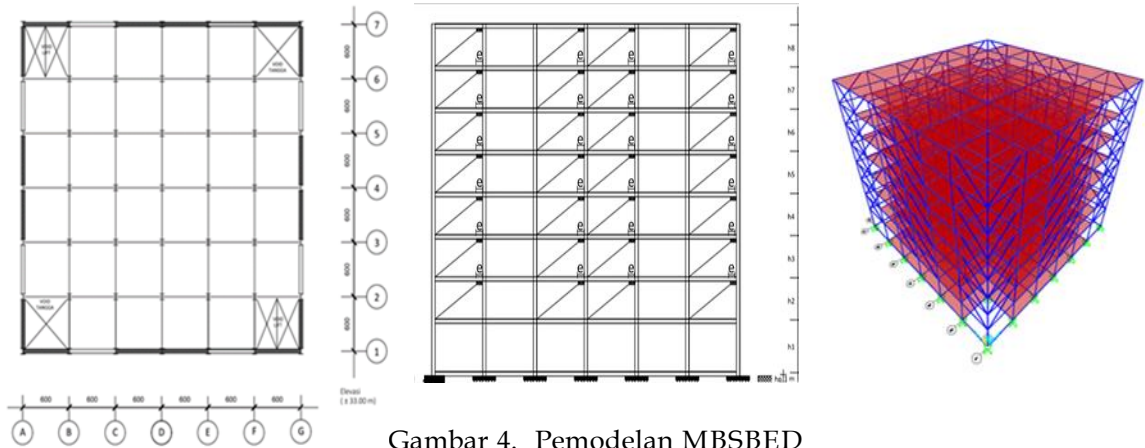
Model bentuk sistem *bracing* eksentris inverted V adalah permodelan yang diasumsikan pada bangunan yang memiliki variasi bentuk *bracing* eksentris tipe V terbalik pada struktur bangunan baja tahan gempa pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan MBSBEIV

d. Model Bentuk Sistem *Bracing* Eksentris D (MBSBED)

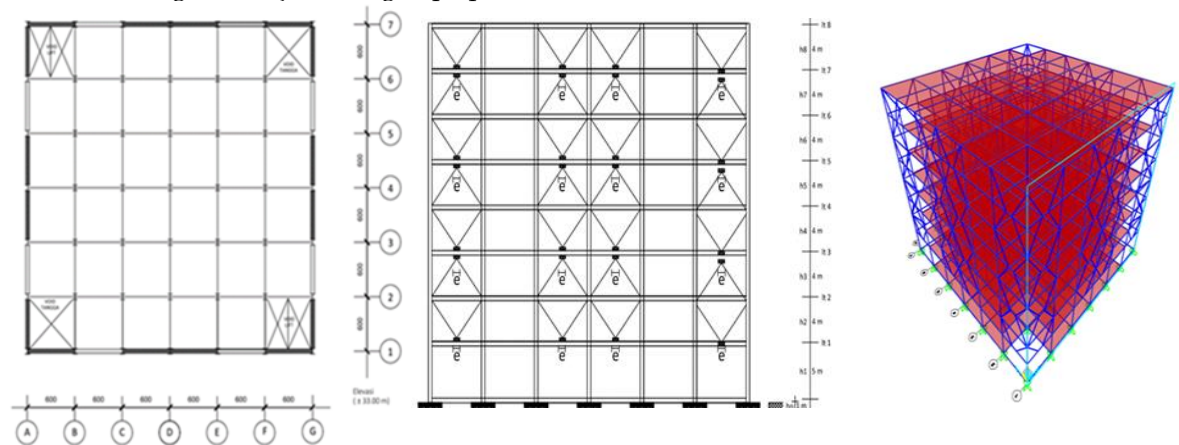
Model bentuk sistem *bracing* eksentris D adalah permodelan yang diasumsikan pada bangunan yang memiliki variasi bentuk *bracing* eksentris tipe D pada struktur bangunan baja tahan gempa pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemodelan MBSBED

e. Model Bentuk Sistem *Bracing* Eksentris Inverted V Dan V (MBSBEIVV)

Model bentuk sistem *bracing* eksentris Inverted V dan V adalah permodelan yang diasumsikan pada bangunan yang memiliki variasi bentuk *bracing* eksentris tipe V terbalik dan tipe V pada struktur bangunan baja tahan gempa pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan MBSBEIVV

2.3 Estimasi Dimensi Struktur

1. Struktur Balok dan Balok *Link*

Estimasi dimensi balok dan balok link pada semua model struktur menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Tinggi Balok} : hb = 1/20 \times L = 1/20 \times L = 1/20 \times 6000 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$$

$$bb \geq hb/2 = 350/2 = 175 \text{ mm} , \text{ jadi lebar balok (bb) diambil } 175 \text{ mm}$$

jadi, dimensi balok arah X dan Y yaitu profil balok baja WF 350.175.7.11

2. Struktur Kolom

Perhitungan estimasi dimensi kolom dilakukan berdasarkan total beban mati dan beban hidup (*modul area load*) pada sistem struktur di atasnya yang diterima oleh satu kolom. Persamaan untuk menentukan estimasi dimensi kolom sebagai berikut:

- Beban rencana terfaktor akibat Beban mati dan Beban Hidup

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 322343 + 1,6 \times 138348 \end{aligned}$$

$$= 608168 \text{ kg}$$

Kapasita Beban aksial  $P_n = P_u / \phi$ , dengan  $\phi = 0,65$

$$P_n = 608168 / 0,65$$

$$= 935643 \text{ kg}$$

Tegangan Baja ( $f_y$ ) = 240 Mpa = 2400 kg/cm<sup>2</sup>

- Menghitung kapasitas aksial nominal kolom

$$A = P_n / F_y$$

$$= 935643 / 2400 = 389,851 \text{ cm}^2$$

Sehingga dipakai profil baja kolom WF 400.400.30.50 dengan  $A = 528,6 \text{ cm}^2 \geq 389,851 \text{ cm}^2$

### 3. Struktur Balok *Bracing*

Estimasi dimensi balok *bracing* pada semua model struktur menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Panjang bentang balok } bracing = \sqrt{5^2 + 2,5^2} = 5590 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Balok : } hb = 1/20 \times L = 1/20 \times 6000 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$$

$$bb \geq hb/2 = 350/2 = 175 \text{ mm, jadi lebar balok (bb) diambil 175 mm}$$

Jadi dimensi profil balok *bracing* yaitu WF 350.175.7.11

## 2.4 Pembebanan

Pada perencanaan struktur bangunan, komponen struktur direncanakan cukup kuat untuk memikul semua beban kerjanya. Beban merupakan beban-beban baik secara langsung maupun tidak langsung yang mempengaruhi struktur bangunan. Berikut akan dijelaskan mengenai beban mati dan beban hidup sesuai peraturan SNI 1726-2019.

### 1. Beban Mati

Menurut Pasal 3.1.1 SNI 1727:2013 definisi dari beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang. Beban mati merupakan beban seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang bersifat tetap, termasuk dinding, atap, plafon, tangga, dinding partisi, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya.

### 2. Beban Hidup

Menurut Pasal 4.1 SNI 1727:2013 definisi dari beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung tersebut atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. Contohnya seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati.

### c. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban yang digunakan untuk analisa struktur mengacu pada SNI 1729-2015 yaitu:

- 1.4 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL + 0.5 (Lr atau R)
- 1.2 DL + 1.6 (Lr atau R) + (1.0LL atau 0.5W)
- 1.2 DL + 0.5 W + 1.0 LL + 0.5 (Lr atau R)
- 1.2 DL + 1.0 E + 1.0 LL
- 0.9 DL + 1.0 W
- 0.9 DL + 1.0 E

## 2.5 Analisa Struktur

Analisa struktur merupakan tahap perhitungan struktur untuk mencari gaya-gaya dalam pada struktur tersebut, dengan menggunakan SAP 2000. Hal ini dilakukan untuk memastikan struktur memenuhi persyaratan atau tidak terhadap nilai periode getar, gaya gempa dasar, dan simpangan antar lantai untuk setiap model berdasarkan SNI 1726-2019.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Periode Getaran

Hasil analisis periode getar struktur terpanjang ( $T_a$ ) dan terpendek ( $T_b$ ) yang diperoleh pada setiap model akan ditampilkan dalam bentuk *bar chart* dan tabel dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 6.

Tabel 2. Presentase Perbedaan Jumlah Mode Shape Terpanjang dan Teperndek Pada 4 Variasi Bentuk *Bracing* Eksentris

No	Nama Model	Periode Terpanjang	Presentase Selisih	Periode Terpendek	Presentase Selisih
1.	MDK	2,787 (detik)	-	0,043 (detik)	-
2.	MBSBEK	2,060 (detik)	26,1 %	0,026 (detik)	39,5 %
3.	MBSBEIV	1,887 (detik)	32,3 %	0,075 (detik)	42,7 %
4.	MBSBED	1,911 (detik)	31,4 %	0,044 (detik)	2,3 %
5.	MBSBEIVV	1,939 (detik)	30,4 %	0,071 (detik)	65,1 %



Gambar 6. Perbandingan Hasil Nilai Periode Getaran Terpanjang ( $T_a$ ) dan Terpendek ( $T_b$ )

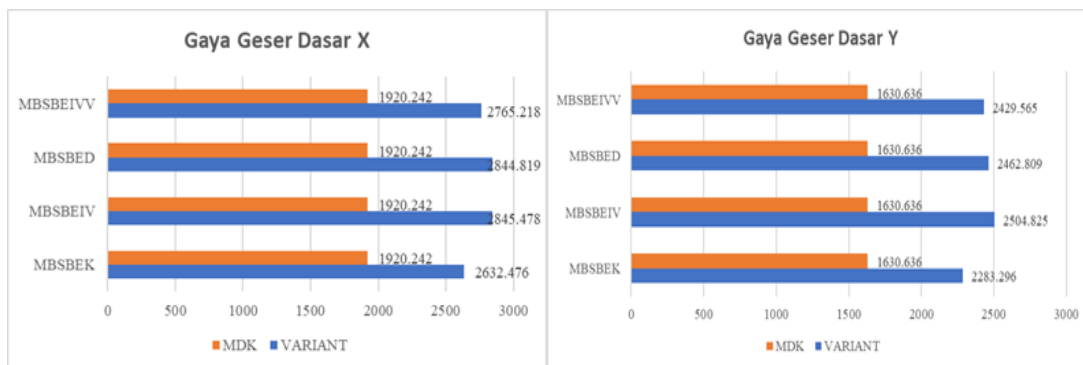
Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 6 mengenai nilai periode getaran terpanjang model bangunan yang direkomendasikan adalah MBSBEK dengan nilai 2,060 detik. Sedangkan nilai periode getaran terpendek yang direkomendasikan adalah MBSBEK dengan nilai 0,043 detik. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar periode getaran dalam satu siklus maka tingkat kerusakan bangunan semakin kecil, maka bangunan MBSBEK mempunyai kinerja atau perilaku dinamis yang baik akibat gempa.

#### 3.2 Gaya Gempa Dasar

Hasil analisis Gaya Gempa Dasar arah FX dan arah FY yang diperoleh pada setiap model akan ditampilkan dalam bentuk *bar chart* dan tabel dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 7.

Tabel 3. Presentase Perbedaan Nilai Gaya Gempa Dasar ( $F_x$ ) dan ( $F_y$ ) Pada 4 Variasi Bentuk *Bracing* Eksentris

No	Nama Model	Gaya Gempa $F_x$	Presentase Selisih	Gaya Gempa $F_y$	Presentase Selisih
1.	MDK	1920,24 kN	-	1630,63 kN	-
2.	MBSBEK	2632,47 kN	27,1%	2283,29 kN	28,6%
3.	MBSBEIV	2845,47 kN	32,5%	2504,82 kN	34,9%
4.	MBSBED	2844,81 kN	32,5%	2462,80 kN	33,8%
5.	MBSBEIVV	2765,21 kN	30,6%	2429,56 kN	32,9%



Gambar 7. Perbandingan Hasil Nilai Gaya Gempa Dasar Arah FX dan FY

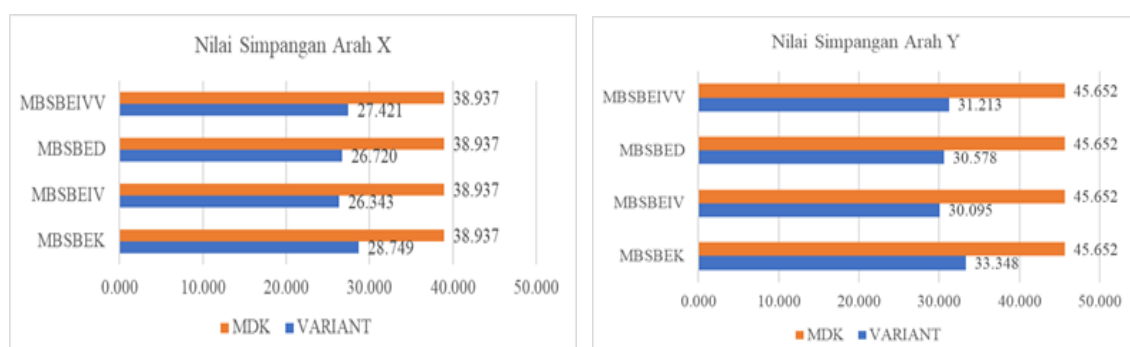
Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 7 mengenai nilai gaya gempa dasar arah X model model bangunan yang direkomendasikan adalah model bangunan MBSBEK dengan nilai 2632,47 kN. Sedangkan gaya gempa arah Y model bangunan yang direkomendasikan adalah model bangunan MBSBEK dengan nilai 2283,29 kN. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil gaya gempa pada suatu bangunan risiko kerusakan semakin kecil, maka bangunan MBSBEK mempunyai kinerja atau perilaku dinamis yang baik akibat gempa.

### 3.3 Simpangan Antar Lantai

Hasil analisis Simpangan antar lantai pada arah X dan Y yang diperoleh setiap model akan ditampilkan dalam bentuk *bar chart* dan tabel dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 8

Tabel 4. Presentase Perbedaan Nilai Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y Pada 4 Variasi Bentuk *Bracing* Eksentris

No	Nama Model	Simpangan Antar Lantai Arah X	Presentase Selisih	Simpangan Antar Lantai Arah Y	Presentase Selisih
1.	MDK	38,93 mm	-	45,65 mm	-
2.	MBSBEK	28,74 mm	26,2 %	33,34 mm	27,0 %
3.	MBSBEIV	26,34 mm	32,3 %	30,09 mm	34,1 %
4.	MBSBED	26,72 mm	31,4 %	30,57 mm	33,0 %
5.	MBSBEIVV	27,42 mm	29,6 %	31,21 mm	31,6 %



Gambar 8. Perbandingan Hasil Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 8 mengenai nilai simpangan antar lantai arah X, model bangunan yang direkomendasikan adalah model bangunan MBSBEIV dengan nilai 26,34 mm. Sedangkan simpangan antar lantai arah Y, model bangunan yang direkomendasikan adalah model bangunan MBSBEIV dengan nilai 30,09 mm. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil simpangan antar lantai

pada suatu bangunan risiko kerusakan semakin kecil, maka bangunan MBSBEIV mempunyai kinerja atau perilaku dinamis yang baik akibat gempa.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan teori kinerja struktur tahan gempa, suatu struktur dikatakan aman jika memenuhi syarat dimana periode getaran struktur terbesar, gaya gempa dasar terkecil, dan simpangan antar lantai terkecil. Pada penelitian ini, periode getaran terbesar terjadi pada MBSBEK, gaya gempa dasar terkecil pada MBSBEK, sedangkan nilai simpangan antar lantai terkecil pada MBSBEIV. Model rangka gedung yang direkomendasikan saat terjadi beban gempa adalah MBSBEK karena memenuhi dua dari tiga yang disyaratkan, yaitu periode getaran terbesar dan gaya gempa dasar terkecil. Model rangka gedung yang dihindari adalah MBSBED karena bertolak belakang dengan yang disyaratkan, yaitu periode getaran terkecil, gaya gempa dasar terbesar, meskipun simpangan antar lantai lebih kecil dari MBSBEK.

#### 5. Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI 1727-1989: *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 1727-2013: *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 1726-2019: *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). SNI 1729-2015: *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Elvarando, A., 2020. "*Pengaruh Konfigurasi Dan Posisi Breis Eksentrik Terhadap Perilaku Bangunan Struktur Baja Akibat Gaya Gempa*", Skripsi, Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia
- Jusuf Wilson Meynerd Rafael, Budi Suswanto. 2017. *Studi Perilaku Link Pendek, Link Menengah Dan Link Panjang Pada Struktur Baja Sistem Ebf*. Kupang : Univeristas Politeknik Negeri Kupang
- Maizuar & Burhanuddin, 2012. "*Studi Komparasi Perilaku Struktur Sistem Rangka Berpengaku Eksentrik Tipe D Terhadap Sistem Rangka Pemikul Momen*". *Teras Jurnal* Vol. 2 (4), ISSN: 2088-0561.
- Pamungkas, F.B., 2021. "*Pengaruh Penggunaan Global Bracing Terhadap Respon Struktur Bangunan Baja Pada Gedung Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa*". Skripsi, Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.
- Panuluh, A.A., 2010. *Analisa Penggunaan Sistem Rangka Bracing Terhadap Perpindahan Lateral Portal Baja Bertingkat Tinggi*. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.
- Rienanda, F.E, Kumaat, E.J, & Windah, R.S., 2019. "*Pengaruh Bracing Pada Bangunan Bertingkat Rangka Baja Yang Berdiri di Atas Tanah Miring Terhadap Gempa*". *Jurnal Sipil Statik* Vol. 7 (6), ISSN: 2337-6732 605.
- Yurisman, Budiono, B., Moestopo, M., & Suarjana, M., 2010. "*Kajian Numerik Terhadap Kinerja Link Geser dengan Pengaku Diagonal pada Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF)*". *Jurnal Teknik Sipil* ISSN 0853- 2982 Vol. 17 (1), 25-38