

# Kinerja Seismik Berbagai Konfigurasi Bresing Eksentrik pada Gedung Struktur Baja Tidak Beraturan

Diah Khairinnisa<sup>1,\*</sup>, Ruddy Kurniawan<sup>1</sup>, Sabril Haris H.G<sup>1</sup>  
Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang<sup>1</sup>  
Koresponden\*, Email: dnisa7942@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	31 Januari 2023	<i>The use of eccentrically braced frames (EBF) in steel structures is an effective alternative because its excellent strength, initial stiffness, and ductility. This study aims to analyze the EBF structure in buildings with steel structures that experience horizontal irregularities. The study variables are ten different brace configuration are used for the study's variables. The test model is given a nonlinear static thrust load from the elastic condition to the collapsed condition to obtain its performance. All structure models are performing at the damage control level. Based on its inelastic behavior, the structure A EBF F is the strongest in the X direction and C EBF F is the strongest structure in the Y direction. In terms of the rigidity and ductility of the structure, C EBF F is the stiffest and most ductile structure in both the X and Y directions.</i>
Diperbaiki	10 Mei 2023	
Disetujui	22 Agustus 2023	

Keywords: seismic, bracing, pushover analysis

## Abstrak

Penggunaan bresing eksentrik (*Eccentrically Braced Frame*, EBF) pada struktur baja merupakan salah satu alternatif yang cukup efektif karena mempunyai kekuatan, kekakuan awal dan daktilitas yang relatif tinggi. Studi ini bertujuan untuk menganalisis struktur EBF pada gedung baja yang mengalami ketidakberaturan horizontal. Variabel studi berupa sepuluh pemodelan variasi konfigurasi bresing. Model uji diberi beban dorong statik nonlinier dari kondisi elastis sampai kondisi runtuh untuk diperoleh kinerjanya. Semua model struktur berada pada level kinerja Damage Control. Berdasarkan perilaku inelastiknya, struktur A EBF F merupakan struktur terkuat pada arah X dan C EBF F menjadi struktur terkuat pada arah Y. Ditinjau dari kekakuan daktilitas struktur, C EBF F merupakan struktur terkaku dan terdaktail pada arah X maupun Y.

Kata kunci: seismik, bresing, pushover analysis

## 1. Pendahuluan

Estetika dan arsitektural menjadi hal yang penting untuk dipertimbangkan dalam perencanaan gedung, hal ini akan mengarah pada dihasilkannya bangunan yang tidak beraturan/ireguler. Dengan demikian, akan menimbulkan beberapa permasalahan ketidakberaturan kinerja seismik pada bangunan. Respon gaya gempa yang terjadi pada bangunan tidak beraturan tentu akan berbeda jika dibandingkan dengan bangunan beraturan, apabila ditinjau dari intensitas beban yang sama. Maka sangat dibutuhkan metode yang tepat untuk dihasilkannya desain struktur yang memenuhi kriteria estetika dan kinerja seismik [1].

Meskipun ada ancaman gempa, hal ini menyebabkan diperlukannya upaya untuk memenuhi kebutuhan bangunan tinggi yang tahan terhadap gempa. Salah satu cara untuk membuat gedung bertingkat aman dari gempa adalah dengan menambahkan konstruksi bresing pada struktur gedung. Bresing dapat meminimalisir terjadinya perpindahan horizontal (*Displacement*) dan meningkatkan kapasitas geser (*Base Shear*) pada struktur sehingga

kemungkinan retak (*Crack*) pada sambungan antara balok dan kolom yang menimbulkan kegagalan struktur dapat dihindari [2].

Sistem bresing adalah metode efektif untuk menambah kekakuan global dan kekuatan struktur. Struktur dengan aman dapat menahan gaya dan deformasi yang disebabkan oleh gempa bumi karena meningkatkan penyerapan energi yang disediakan oleh pengaku lateral [3].

Pada umumnya rangka penahan momen dan rangka bresing telah digunakan sebagai elemen struktur penahan beban lateral dalam bangunan baja, Rangka penahan momen menyediakan daktilitas yang melampaui leleh, tapi karena sifat lenturnya, rangka penahan momen tidak memenuhi kriteria kekakuan. Akan tetapi, rangka bresing kosentrik sangat baik dalam hal kekakuan karena daktilitasnya yang terbatas. Ada beberapa cara bresing untuk meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa, yaitu dengan sistem rangka bresing eksentris, kombinasi yang bagus antara rangka penahan momen dan rangka bresing eksentrik. Dalam

sistem rangka bresing eksentrik kapasitas disipasi energi dalam hal meningkatkan beban gempa dipenuhi oleh link geser yang menyatu pada bagian balok [4].

EBF digunakan sebagai sistem penahan gempa khususnya pada bangunan gedung. Perilaku daktilitas dan disipasi energi EBF sudah terbukti. Pada saat gempa terjadi, elemen *link* pada EBF akan berfungsi sebagai sekring daktil, berotasi secara plastis sedangkan anggota struktural lainnya akan tetap elastis. Sistem ini kaku seperti bresing kosentrik (CBF) dan juga mempunyai daya serap energi seperti rangka penahan momen, MRF [5].

Melalui studi penelitian ini, dilakukan analisis pada gedung struktur baja sepuluh lantai dengan menggunakan berbagai variasi konfigurasi bresing eksentrik dengan tujuan untuk ditinjau kinerja seismiknya yang meliputi level kinerja dan perilaku inelastiknya sebagai bangunan tahan gempa.

## 2. Metode

Model uji berupa struktur gedung sepuluh lantai dengan jarak antar lantai 4 m dan denah tipikal berbentuk L seperti terlihat di **Gambar 1**. Material kolom, balok dan bresing menggunakan baja dengan kuat leleh ( $f_y$ ) sebesar 345 MPa dan kuat ultimit ( $f_u$ ) sebesar 450 MPa, sementara pelat lantai menggunakan beton bertulang dengan kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 30 MPa. Fungsi bangunan berupa hotel yang berada di Kota Padang dengan Kategori Desain Seismik (KDS) tipe D dan kondisi tanah sedang.

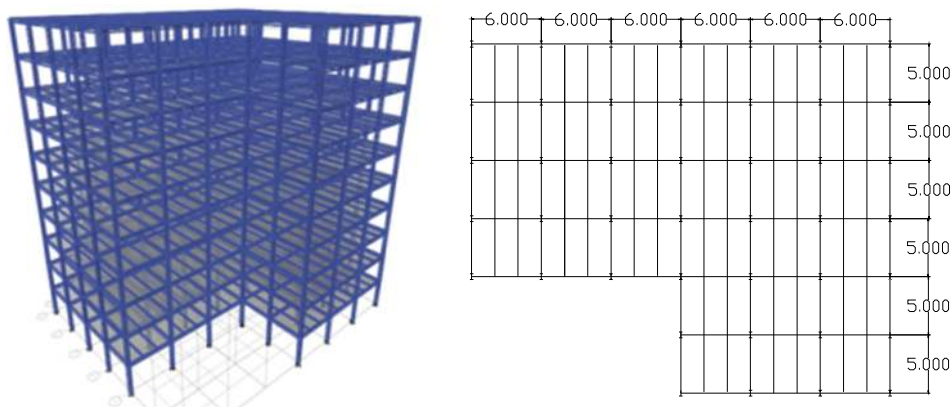
Pada tahap awal, dilakukan *preliminary Design* dimensi penampang balok induk, balok anak, bresing, elemen link dan ketebalan pelat lantai yang hasilnya ditampilkan pada **Tabel 1 dan 2**. Tebal pelat lantai 1 – 9 adalah 130 mm dan pelat lantai atap adalah 100 mm.

**Tabel 1.** Dimensi Penampang Elemen Balok Induk, Balok Anak, dan Kolom

Lantai	Balok Induk (mm)		Balok Anak (mm)	Kolom (mm)
	Bentang 6000 mm	Bentang 5000 mm	Bentang 5000 mm	
1-5	WF 500x300x11x18	WF 500x300x11x18	WF 250x275x7x11	H 400x400x45x70
6-10	WF 450x300x10x15	WF 450x300x10x15	WF 200x150x6x9	H 400x400x30x50

**Tabel 2.** Dimensi Penampang Elemen balok induk

Lantai	Bresing (mm)		Panjang Link (mm)	
	Bentang 6000 mm	Bentang 5000 mm	Bentang 6000 mm	Bentang 5000 mm
1-10	WF 350x250x9x14	WF 350x250x9x14	100	100



**Gambar 1.** Model 3D Struktur dan Denah Tipikal.

Variasi penempatan bresing pada arah horizontal dan vertikal bangunan ditampilkan pada **Gambar 2 dan 3**. Pada arah horizontal, terdapat 3 posisi bresing yang diberi kode Model A, B dan C. Masing-masing model terse-

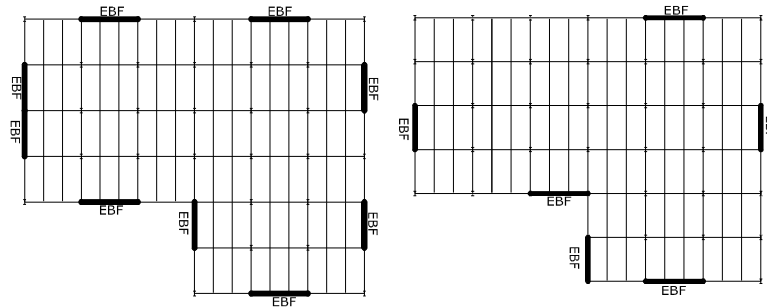
but mempunyai 3 variasi posisi bresing arah vertikal bangunan sebagaimana terlihat di **Gambar 3**, yaitu diberikan secara penuh setiap lantai (diberi kode Full, F), diberikan hanya di lantai ganjil saja, atau secara selang

seling (diberi kode Selang Seling, SS) dan diberikan hanya pada 5 lantai terbawah saja (diberi kode 5). Sebagai pembanding, dianalisis juga model uji struktur tanpa bresing (*Moment Resisting Frame*, MRF), sehingga total model uji adalah 10 pemodelan.

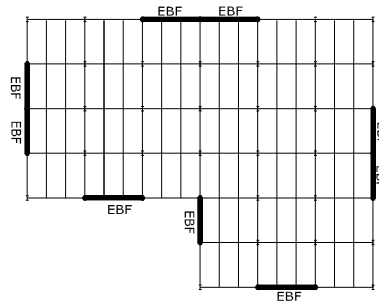
Penampang hasil *Preliminary Design* terlebih dahulu diperiksa kekuatan dan kekakuannya, yaitu pemeriksaan rasio tegangan yang terjadi terhadap tegangan izin dan

simpangan yang terjadi terhadap simpangan izin sesuai dengan persyaratan SNI 1726:2019 dan SNI 1729:2020.

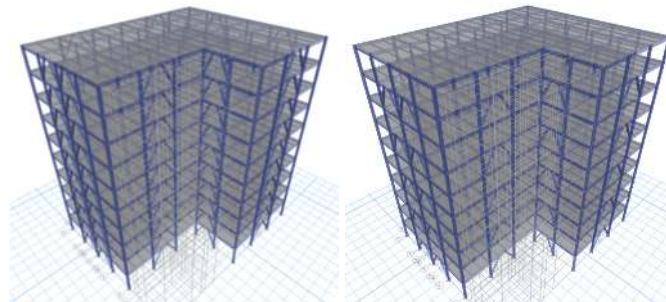
Selanjutnya model uji yang memenuhi persyaratan kekuatan dan kekakuan diberi beban dorong statik nonlinier (*Pushover*), mulai dari kondisi elastis linier sampai kondisi runtuh untuk mendapatkan kurva gaya geser dasar terhadap perpindahan puncak di lantai atap.



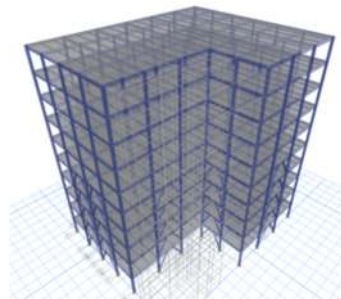
**Gambar 2.** Variasi Posisi Bresing Arah Horizontal Bangunan (Model A dan B)



**Gambar 3.** Variasi Posisi Bresing Arah Horizontal Bangunan (Model C)



**Gambar 4.** Variasi Posisi Bresing Arah Vertikal Bangunan (Full; F, Selang Seling; SS)



**Gambar 5.** Variasi Posisi Bresing Arah Vertikal Bangunan (5 lantai terbawah; 5)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil

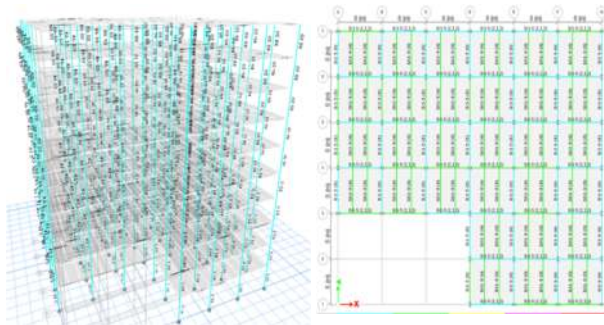
Berdasarkan hasil pemeriksaan ketidakberaturan struktur, didapati struktur arah horizontal mempunyai ketidakberaturan sudut dalam karena terjadi diskontinuitas dimensi denah dengan rasio 60%, lebih dari persyaratan SNI 1726-2019 sebesar 15%.

**Tabel 3.** Cek Syarat Desain Struktur

Tipe Struktur	Cek Syarat Desain Struktur	
	oke/tdk oke	Keterangan
MRF	oke	-
A EBF 5	Oke	-
A EBF F	Oke	-
A EBS SS	tdk oke	Stress Ratio $\geq 1$
B EBF 5	tdk oke	$\Delta > \Delta_{izin}$
B EBF F	tdk oke	Stress Ratio $\geq 1$
B EBS SS	tdk oke	Stress Ratio $\geq 1$
C EBF 5	Oke	-
C EBF F	Oke	-
C EBS SS	tdk oke	Stress Ratio $\geq 1$

Hasil pemeriksaan kekuatan dan kekakuan ditampilkan pada **Tabel 3**. Terdapat beberapa struktur yang tidak memenuhi persyaratan untuk dilakukan analisis tahapan selanjutnya, yaitu tahapan *Pushover Analysis*.

Tipe Struktur MRF, A EBF 5, A EBF F, C EBF 5 dan C EBF F dapat dilanjutkan ke tahap *Pushover Analysis*. Pada **Gambar 6** ditampilkan nilai *stress ratio* struktur.

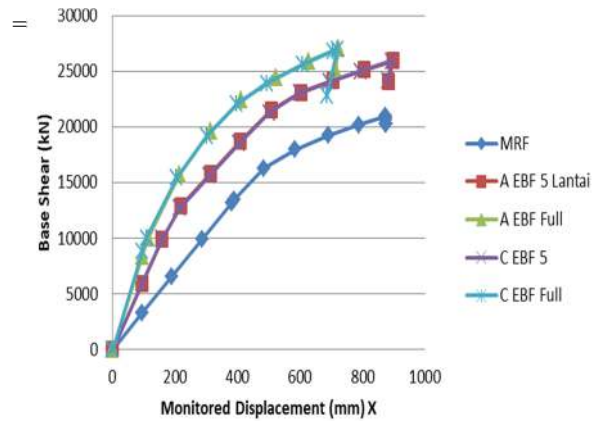


**Gambar 6.** *Stress Ratio* Struktur (Struktur MRF sebagai perwakilan).

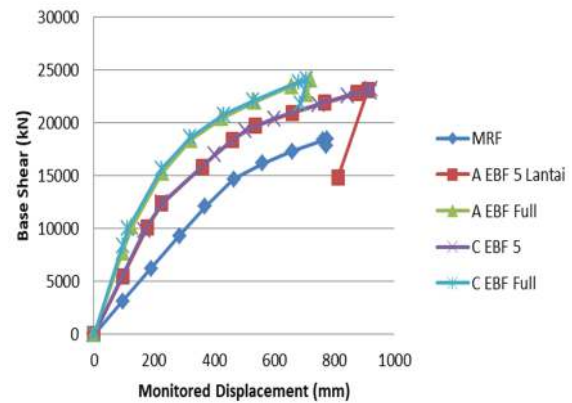
**3.1.1. Pushover Analysis**

Kurva kapasitas *Pushover* merupakan proyeksi hubungan antara gaya geser dasar dengan simpangan atap.

Mekanisme sendi plastis yang terjadi dari tahap per tahap merupakan proses terjadinya keruntuhan bangunan secara bertahap. Untuk jelasnya mengenai kurva kapasitas *Pushover* Arah X dan Y lihat **Gambar 7 dan 8**.



**Gambar 7.** Gaya Geser Dasar Struktur Arah X.



**Gambar 8.** Gaya Geser Dasar Struktur Arah Y.

**3.1.2. Level Kinerja Struktur**

Semua struktur berada pada level kinerja *Damage Control*, artinya kondisi bangunan pasca gempa masih mampu menahan gempa yang terjadi, dengan resiko korban jiwa manusia masih sangat kecil.

Sebagai perwakilan kurva *Performance Point* dari seluruh variasi konfigurasi penempatan bresing, maka pada **Gambar 9** ditunjukkan kurva *Performance Point* struktur MRF.

**Tabel 4.** *Performance Point* (PP)

Tipe Struktur	D <sub>t</sub> <sub>x</sub>	D <sub>t</sub> <sub>y</sub>	V <sub>t</sub> <sub>x</sub>	V <sub>t</sub> <sub>y</sub>
	Mm	Mm	kN	kN
MRF	587,23	595,84	17989,98	16551,21
A EBF 5	516,77	483,10	21673,92	18763,08
A EBF F	458,38	436,50	23254,59	20596,72
C EBF 5	521,64	488,80	21660,33	18935,54
C EBF F	460,39	436,14	23307,28	20796,93

Keterangan:

D<sub>t</sub> = Simpangan tingkat PP

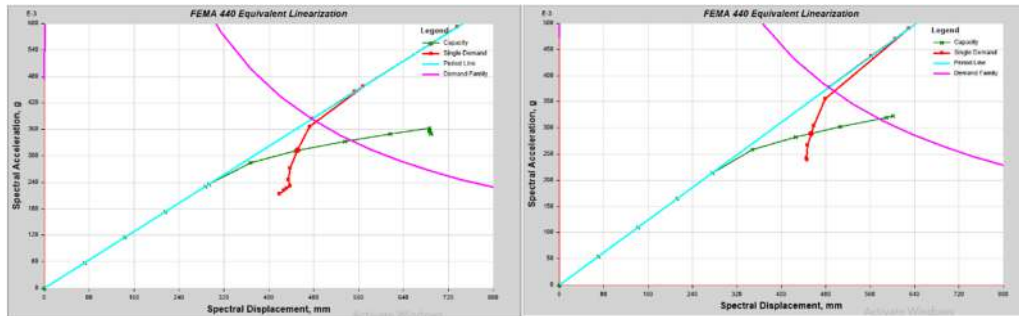
V<sub>t</sub> = Kapasitas PP

**Tabel 5.** Maximal Total Drift

Tipe Struktur	Maximum Total Drift		Performance Level
	Arah X	Arah Y	
MRF	0,01468	0,01490	Damage Control
A EBF 5	0,01292	0,01208	Damage Control
A EBF F	0,01146	0,01091	Damage Control
C EBF 5	0,01304	0,01222	Damage Control
C EBF F	0,01151	0,01090	Damage Control

**Tabel 6.** Maximal Inelastic Drift

Tipe Struktur	Maximum Inelastic Drift		Performance Level
	Arah X	Arah Y	
MRF	0,01374	0,01394	Damage Control
A EBF 5	0,01241	0,01156	Damage Control
A EBF F	0,01094	0,01037	Damage Control
C EBF 5	0,01253	0,01171	Damage Control
C EBF F	0,01098	0,01038	Damage Control



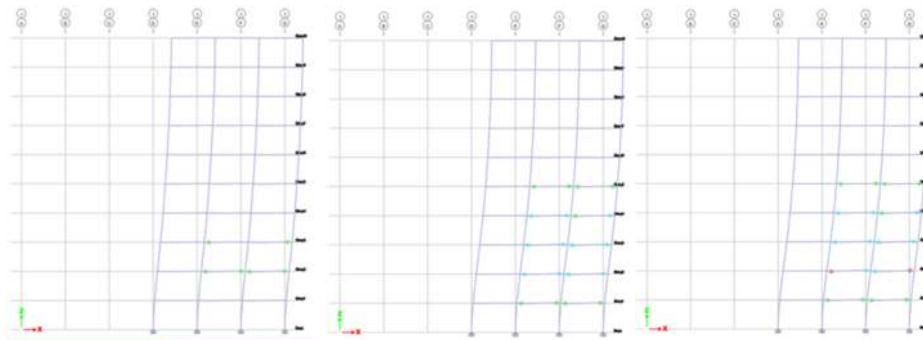
**Gambar 9.** Performance Point Struktur MRF Arah X dan Y (Struktur MRF sebagai perwakilan).

**3.1.3. Sendi Plastis**

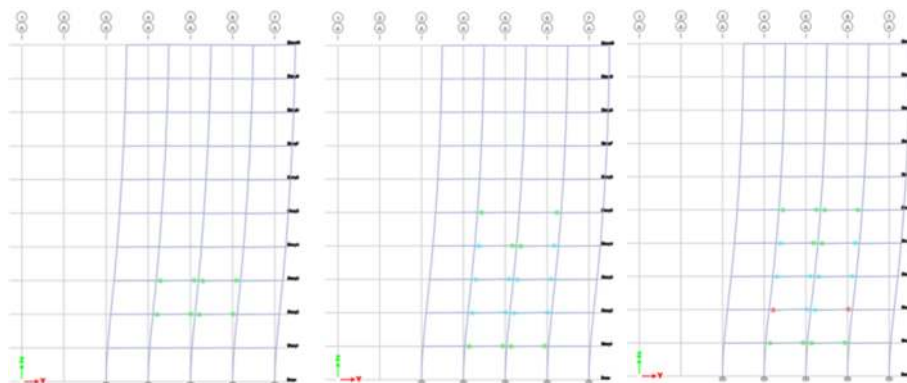
Terantau titik leleh pertama struktur arah X maupun arah Y sudah memenuhi persyaratan *Strong Coloum Weak Beam*, hal ini dikarenakan tidak ada sendi plastis

yang terjadi pada kolom pada saat awal munculnya pelelehan, lihat **Tabel 7**.

Sebagai perwakilan, sendi plastis struktur MRF akan dilampirkan pada **Gambar 10 dan 11**.



**Gambar 10.** Sendi plastis Step 7, 10 dan 14 Struktur MRF Arah X (Struktur MRF sebagai perwakilan).



**Gambar 11.** Sendi plastis Step 6, 8 dan 10 Struktur MRF Arah Y (Struktur MRF sebagai perwakilan).



**Tabel 7.** Sendi Plastis

Tipe Struktur	Titik Sendi Plastis Pertama Pushover Arah X			Titik Sendi Plastis Pertama Pushover Arah Y		
	Lokasi	Step ke	Total Step	Lokasi	Step ke	Total Step
MRF	Balok Lantai 2, 3	7	14	Balok Lantai 2, 3	6	10
A EBF 5	Link Lantai 2, 3, 4, 5	6	11	Link Lantai 2, 3, 4	6	10
A EBF F	Link Lantai 2, 3, 4	5	9	Link Lantai 2, 3	5	9
C EBF 5	Link Lantai 2, 3, 4	6	11	Link Lantai 2, 3	5	10
C EBF F	Link Lantai 2, 3	5	10	Link Lantai 2, 3	5	9

### 3.1.4. Perilaku Inelastik Struktur

Setelah dilakukan analisis *Pushover*, maka perilaku inelastik struktur dapat diketahui. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 8 dan 9**.

Perilaku inelastik struktur yang dimaksud, terdiri dari kekuatan struktur, kekakuan struktur, dan daktilitas struktur.

**Tabel 8.** Perilaku Inelastik Struktur Arah X

Struktur Arah X	Kekuatan kN	Kekakuan Insial kN/m	Kekakuan Ultimit kN/m	Penurunan Kekakuan	Daktilitas
MRF	20972,86	34,64	23,99	1,4439	2,3004
A EBF 5	25946,70	62,68	28,93	2,1665	5,6760
A EBF F	27040,87	88,32	37,52	2,3541	6,3883
C EBF 5	25899,20	63,27	29,05	2,1780	5,6679
C EBF F	27009,75	92,82	37,57	2,4706	6,6646

**Tabel 9.** Perilaku Inelastik Struktur Arah Y

Struktur Arah Y	Kekuatan kN	Kekakuan Insial kN/m	Kekakuan Ultimit kN/m	Penurunan Kekakuan	Daktilitas
MRF	18451,01	32,66	23,77	1,3744	2,0991
A EBF 5	23044,58	57,06	25,26	2,2587	5,1676
A EBF F	24093,47	81,37	33,46	2,4322	5,7597
C EBF 5	23156,87	58,49	25,09	2,3316	5,4909
C EBF F	24101,40	88,11	34,02	2,5902	6,2708

### 3.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, seluruh struktur berada pada level kinerja *Damage Control*. Dengan demikian, penggunaan berbagai variasi konfigurasi bresing tidak begitu berpengaruh besar pada level kinerjanya. Akan tetapi, sangat berpengaruh pada karakteristik inelastiknya, hal ini berlaku di semua arah struktur, yaitu arah X dan Y.

Ditinjau dari struktur arah X, struktur A EBF F merupakan struktur paling kuat. Sedangkan pada struktur arah Y, struktur C EBF F yang paling kuat. Persentase peningkatan kapasitas struktur terhadap struktur MRF masing-masing sebesar 128,93% pada arah X dan 130,62% pada arah Y. Hal ini dikarenakan penggunaan

bresing yang full, mulai dari lantai bawah sampai lantai puncak yang menyebabkan kekuatannya meningkat, terlihat pada **Tabel 10**.

Struktur C CBF F merupakan struktur paling kaku dibandingkan dengan model struktur lainnya. Dibandingkan terhadap struktur MRF, peningkatan kekakuan pada arah X naik sebesar 267,93% dan pada arah Y sebesar 269,74%. Semakin besar kekuatan/kapasitas suatu struktur, maka akan semakin meningkat pula kekakuannya, hal tersebut terlihat pada **Tabel 11**.

Struktur C EBF F merupakan struktur paling daktil dibandingkan dengan struktur lainnya, terlihat pada **Tabel 12**. Persentase peningkatan daktilitas yang terjadi jika dibandingkan dengan struktur MRF arah X adalah

sebesar 289,72%, dan pada arah Y sebesar 298,74%. Eksistensi bresing yang konsisten ada pada setiap tingkatan lantai membuat kontinuitas penyaluran gaya geser gempa menjadi lebih baik jika dibandingkan dengan variasi bresing yang tidak konsisten.

Ketidakkonsistenan ini dapat menyebabkan terjadinya pemutusan penahan beban gempa. Maka, Struktur C EBF F merupakan struktur paling efektif penyaluran gaya geser gempanya dibandingkan dengan struktur yang lainnya.

**Tabel 10.** Kapasitas/Kekuatan Struktur,  $V_u$

Tipe Struktur	$V_u$ X kN	Peningkatan % Terhadap Struktur MRF Arah X	$V_u$ Y kN	Peningkatan % Terhadap Struktur MRF Arah Y
MRF	20972,86	100,00	18451,01	100,00
A EBF 5	25946,70	123,72	23044,58	124,90
A EBF F	27040,87	128,93	24093,47	130,58
C EBF 5	25899,20	123,49	23156,87	125,50
C EBF F	27009,75	128,78	24101,40	130,62

**Tabel 11.** Kekakuan Struktur,  $K_i$

Tipe Struktur	$K_i$ X kN/mm	Peningkatan % Terhadap Struktur MRF Arah X	$K_i$ Y kN/mm	Peningkatan % Terhadap Struktur MRF Arah Y
MRF	34,64	100,00	32,66	100,00
A EBF 5	62,68	180,92	57,06	174,70
A EBF F	88,32	254,95	81,37	249,12
C EBF 5	63,27	182,64	58,49	179,08
C EBF F	92,82	267,93	88,11	269,74

**Tabel 12.** Daktilitas,  $\mu$

Tipe Struktur	$\mu$ X	Peningkatan % Terhadap Struktur MRF Arah X	$\mu$ Y	Peningkatan % Terhadap Struktur MRF Arah Y
MRF	2,3004	100,00	2,0991	100,00
A EBF 5	5,6760	246,75	5,1676	246,18
A EBF F	6,3883	277,71	5,7597	274,38
C EBF 5	5,6679	246,39	5,4909	261,58
C EBF F	6,6646	289,72	6,2708	298,74

## 5. Simpulan

Berdasarkan hasil data analisis, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat lima model struktur yang berhasil didesain dan dapat dianalisis menggunakan metode Pushover Analysis, yaitu Struktur MRF, A EBF 5, A EBF F, C EBF 5 dan C EBF F.
2. Ditinjau dari kekuatan/kapasitas struktur, struktur A EBF F merupakan struktur paling kuat pada struktur arah X, dan struktur C EBF F sebagai struktur paling kuat pada arah Y.
3. Berdasarkan karakteristik kekakuan, struktur C EBF F menjadi struktur paling kaku diantara model struktur lainnya.
4. Dari karakteristik daktilitas, struktur C EBF F juga menjadi struktur paling daktil baik pada arah X dan arah Y.
5. Semua model struktur yang dianalisis dengan metode Pushover menghasilkan level kinerja *Damage Control*.
6. Berdasarkan rangkuman point 2 sampai 4 dapat ditarik lagi kesimpulan bahwa penggunaan berbagai variasi konfigurasi bresing tidak begitu berpengaruh pada level kinerja struktur. Akan tetapi sangat berpengaruh terhadap karakteristik inelastik struktur, yaitu karakteristik kekuatan, kekakuan dan daktilitas struktur

**Daftar Pustaka**

- [1] Budiono, B., & Malau, R. P. "Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Gedung Asimetris dengan Dinding Geser Nonparalel Sebagai Sistem Pengekangan Torsi," *Jurnal Teknik Sipil.*, vol. 20, no. 3, p. 173–185, 2013.
- [2] Aryandi, D., & Herbudiman, B. "Pengaruh Bentuk Bracing Terhadap Kinerja Seismik Struktur Beton Bertulang," *Reka Rencana Jurnal Online Institut Teknologi Nasional.*, vol. 3, no. 1, p. 48–58, 2017.
- [3] Fan, X., Xu, L., & Li, Z. "*Seismic Performance Evaluation of Steel Frames With Pre-Pressed Spring Self-Centering Braces*," Elsevier., vol. 162, , 2019.
- [4] Patil, D. M., & Sangle, K. K. "*Seismic Behaviour of Different Bracing Systems in High Rise 2-D Steel Buildings*," Elsevier., vol. 3, no. 1, p. 282–305, 2015.
- [5] Muhammad, D. F., & Suswanto, B. "Studi Numerik Performa Rangka Bresing Eksentrik Link Vertikal Profil Tubular," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil.*, vol. 18, no. 1, p. 95–106, 2020.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726:2019. Jakarta.
- [7] Badan Standardisasi Nasional. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. SNI 1729:2020. Jakarta.
- [8] Badan Standardisasi Nasional. *Beban Minimum untntuk Perancangan Bangunan Gedung*. SNI 1727:2020. Jakarta.