

## KINERJA SISTEM TUNGGAL STRUKTUR BAJA RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS BERBENTUK V TERBALIK PADA *MID RISE BUILDING*

Victor Winata Pranoto<sup>1</sup>, Sebastian Arif Muktiwibowo<sup>2</sup>, Effendy Tanojo<sup>3</sup> dan Hasan Santoso<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Berdasarkan SNI 1726:2012, struktur penahan gempa dibagi menjadi 2 sistem yaitu tunggal dan ganda. Pada sistem tunggal, gaya gempa pada bangunan hanya diterima oleh rangka terbreis dari bangunan. Sedangkan pada sistem ganda, gaya gempa ditahan oleh rangka terbreis dan juga rangka pemikul momen. Penelitian ini secara khusus membahas bagaimana performa salah satu struktur penahan gempa dengan sistem tunggal dilihat dari ketinggian bangunan. Ketinggian tersebut disesuaikan dengan SNI 1726:2012 tabel 9 dan pasal 7.2.5.4 yaitu batasan tinggi untuk bangunan Kategori Desain Seismik D dan E adalah 48 meter (12 lantai) dan dapat ditingkatkan hingga 72 meter (18 lantai) apabila struktur mempunyai sistem penahan gempa rangka baja dengan konsentris khusus. Maka dari itu, penelitian ini menggunakan sistem tunggal Rangka Terbreis Konsentris Khusus (RTKK) berbentuk V terbalik. Langkah penelitian meliputi *preliminary design*, pemodelan dan pembebanan, desain kapasitas, pengecekan *drift*, pengujian kinerja bangunan, dan evaluasi performa bangunan beserta diskusi hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masing-masing bangunan RTKK berbentuk V terbalik ini mengalami kegagalan pada breising. Berdasarkan penelitian, hasil performa masing-masing bangunan menunjukkan performa yang relatif sama meskipun memiliki ketinggian yang berbeda.

**KATA KUNCI:** struktur baja, sistem tunggal, RTKK, performa, ketinggian

### 1. PENDAHULUAN

Secara sederhana, sistem penahan gaya gempa yang ada pada SNI 1726:2012 dapat diklasifikasikan menjadi sistem tunggal dan sistem ganda (Jaya & Winar, 2017). Saputra dan Tjandra (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa bangunan struktur baja 12 lantai dengan sistem tunggal RTKK memiliki performa kekuatan dan *serviceability* yang lebih baik dibandingkan dengan sistem ganda. Sedangkan pada bangunan struktur baja 18 lantai, sistem tunggal juga memiliki performa kekuatan yang lebih baik, hanya saja *serviceability*-nya sedikit lebih buruk dari sistem ganda. Penelitian ini bermaksud untuk mengembangkan apa yang telah dikerjakan dan disimpulkan oleh Saputra dan Tjandra (2018). Penelitian ini menggunakan sistem tunggal pada Rangka Terbreis Konsentris Khusus (RTKK) berbentuk V terbalik sama seperti penelitian sebelumnya. Metode yang digunakan adalah metode *Effective Length Method* (ELM) karena penelitian sebelumnya menyatakan bahwa metode ELM memberikan hasil yang relatif sama dengan metode *Direct Analysis Method* (DAM) namun lebih praktis. Sedikit berbeda dari penelitian sebelumnya, mengingat kebutuhan bentang untuk kantor pada masa ini adalah 8 meter, maka digunakan jarak tersebut untuk bentang antar kolomnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana performa dari sistem tunggal pada RTKK berbentuk V tersebut ditinjau dari jumlah bentang dan ketinggian. Ketinggian yang dimaksud adalah ketinggian berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 9 dan pasal 7.2.5.4 yaitu batasan tinggi untuk bangunan Kategori Desain Seismik D dan E adalah 48 meter (12 lantai) dan dapat ditingkatkan hingga 72 meter (18 lantai) apabila struktur

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414020@john.petra.ac.id.

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414119@john.petra.ac.id.

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, effendy@petra.ac.id.

<sup>4</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, hasan@petra.ac.id.

mempunyai sistem penahan gempa rangka baja dengan konsentris khusus. Berdasarkan hal ini, bangunan yang diamati pada penelitian ini adalah bangunan dengan 3 bentang dan 5 bentang, di mana masing-masing diteliti dan dilihat performanya pada ketinggian 12, 15, dan 18 lantai.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Respons Spektrum

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, gaya geser dasar bangunan akibat respons spektrum harus lebih besar atau sama dengan 85% gaya geser dasar akibat gempa statik ekuivalen. Untuk sistem tunggal RTKK menggunakan  $R = 6$ . (BSN, 2012).

### 2.2. Rangka Terbreis Konsentris Khusus (RTKK)

Sesuai dengan SNI 7860:2015, perencanaan RTKK diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis yang besar utamanya melalui tekuk dan pelelehan pada breising. Elemen breising direncanakan untuk mengalami leleh terlebih dahulu (Jaya & Winar, 2017).

### 2.3. Sistem Tunggal (ST)

Pada sistem tunggal, gaya gempa dominan pada struktur eksterior beserta rangka terbreisnya. Maka dari itu, sistem tunggal tidak perlu mengikuti SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1.

### 2.4. Ketinggian

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.4, batasan tinggi untuk bangunan Kategori Desain Seismik D dan E adalah 48 meter (12 lantai) dan dapat ditingkatkan hingga 72 meter (18 lantai) apabila struktur mempunyai sistem penahan gempa rangka baja dengan konsentris khusus.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Melakukan *preliminary design* dan pemodelan struktur menggunakan SAP2000 v20.0.0. Terdapat enam model bangunan dengan penamaan dan keterangan bangunan seperti yang terlihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Contoh Kode Penamaan Bangunan**

Kode Bangunan	Makna Kode
31J12	Bangunan 3 Bentang 1 RTKK, pada wilayah gempa Jayapura, 12-lantai
52J12	Bangunan 5 Bentang 2 RTKK, pada wilayah gempa Jayapura, 12-lantai

2. Menentukan pembebanan pada bangunan yang diamati. Pembebanan tersebut meliputi beban mati, hidup, dan gempa secara respons spektrum.
3. Melakukan pengecekan persentase gaya geser dasar. Persentase gaya geser dasar diupayakan agar seluruh gaya geser dasar dipikul oleh struktur yang terdapat rangka breising. Selain itu, gaya geser dasar dari bangunan harus lebih besar atau sama dengan 85% gaya geser dasar akibat beban statik ekuivalen. Apabila tidak sesuai dengan yang dikehendaki, maka dilakukan perubahan profil.
4. Melakukan desain kapasitas sesuai dengan syarat RTKK. Jika tidak memenuhi persyaratan, tersebut maka dilakukan perubahan profil.
5. Pemeriksaan *drift* bangunan. Apabila tidak terpenuhi, maka dilakukan perubahan profil.
6. Evaluasi kinerja struktur dengan analisis *time history* secara nonlinier.
7. Evaluasi performa bangunan, diskusi hasil, dan penarikan kesimpulan.

#### 4. HASIL DAN ANALISIS

##### 4.1. Faktor Pengali dan Distribusi Gaya Lateral

Faktor pengali yang digunakan dan hasil distribusi gaya lateral disajikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Faktor Pengali dan Distribusi Gaya Lateral**

Bangunan	Faktor Pengali ( $E_x=E_y$ )	Distribusi Gaya Lateral (X=Y)	
		Interior	Eksterior
31J12	2,000	9,45%	90,55%
31J15	2,149	10,59%	89,41%
31J18	2,213	11,03%	88,97%
52J12	2,029	11,77%	88,23%
52J15	2,103	11,92%	88,08%
52J18	2,123	15,31%	84,69%

##### 4.2. Berat Bangunan

Data berat masing-masing bangunan baja disajikan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Berat Bangunan Baja**

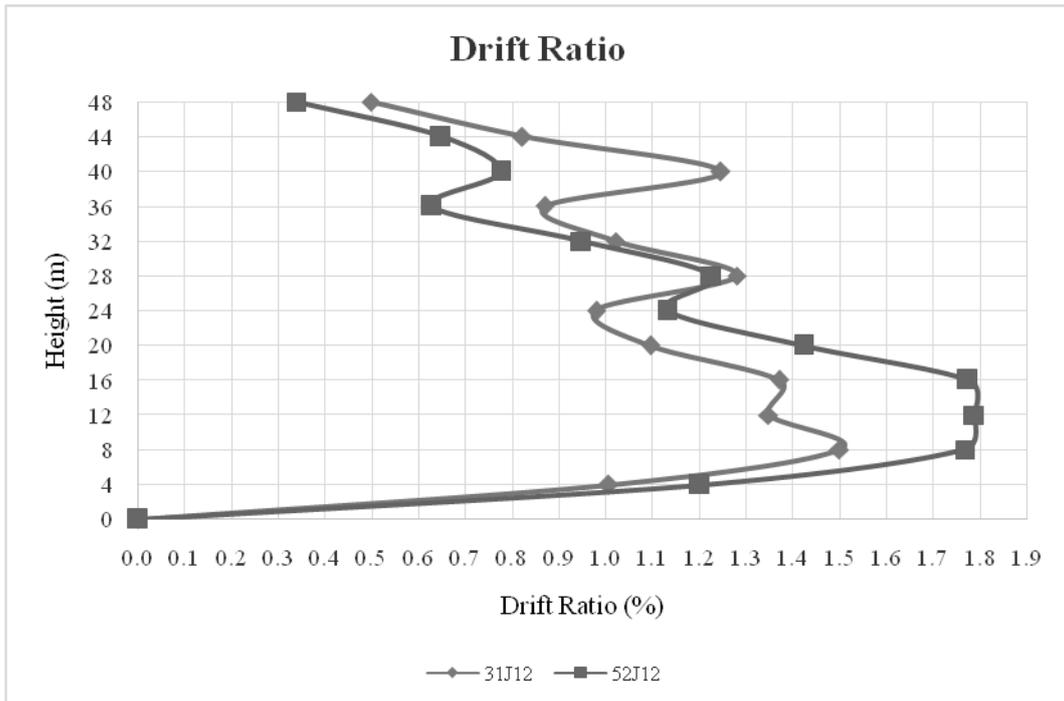
Bangunan	Berat Total	Luas Per Lantai	Jumlah Lantai	Luas Total	Rerata Berat Per Luasan Lantai
	(kg)	(m <sup>2</sup> )		(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )
31J12	731751.980	576	12	6912	105.867
31J15	914883.559	576	15	8640	105.889
31J18	1174122.932	576	18	10368	113.245
52J12	1909643.531	1600	12	19200	99.461
52J15	2554666.869	1600	15	24000	106.444
52J18	3303877.465	1600	18	28800	114.718

##### 4.3. Drift Ratio dan Displacement

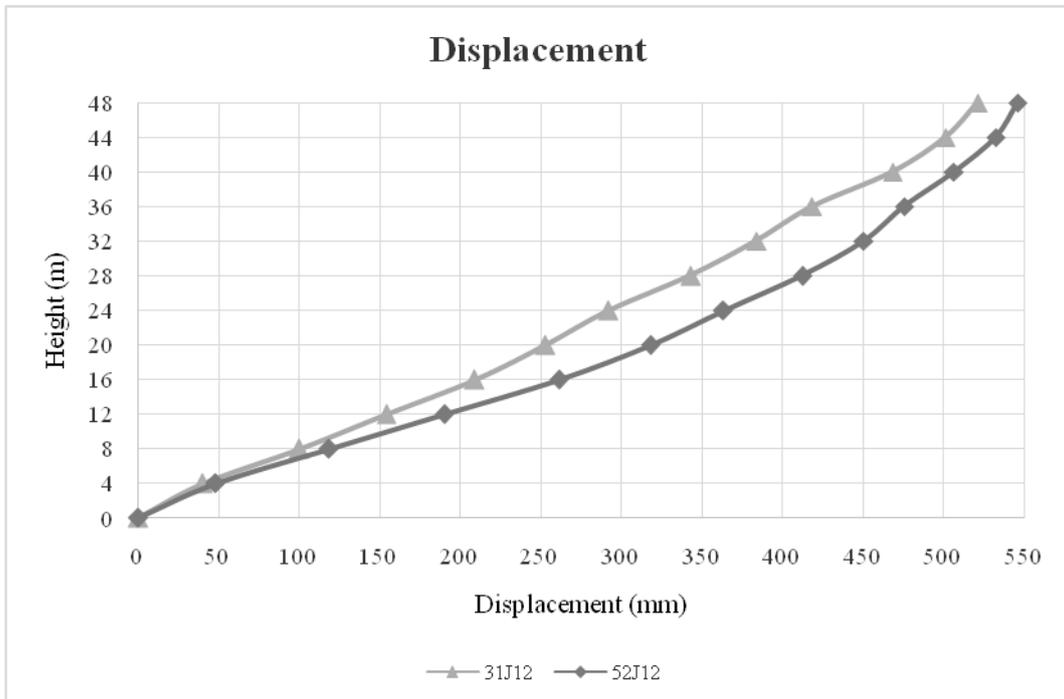
Hasil *drift ratio* maksimum dan *displacement* maksimum akibat gempa dengan periode ulang 2500 tahun dapat dilihat pada **Tabel 4**. Grafik dari *drift ratio* maksimum dan *displacement* yang terjadi ditampilkan pada **Gambar 1** hingga **Gambar 6**.

**Tabel 4. Drift Ratio Maksimum dan Displacement Maksimum (Gempa Periode Ulang 2500 Tahun)**

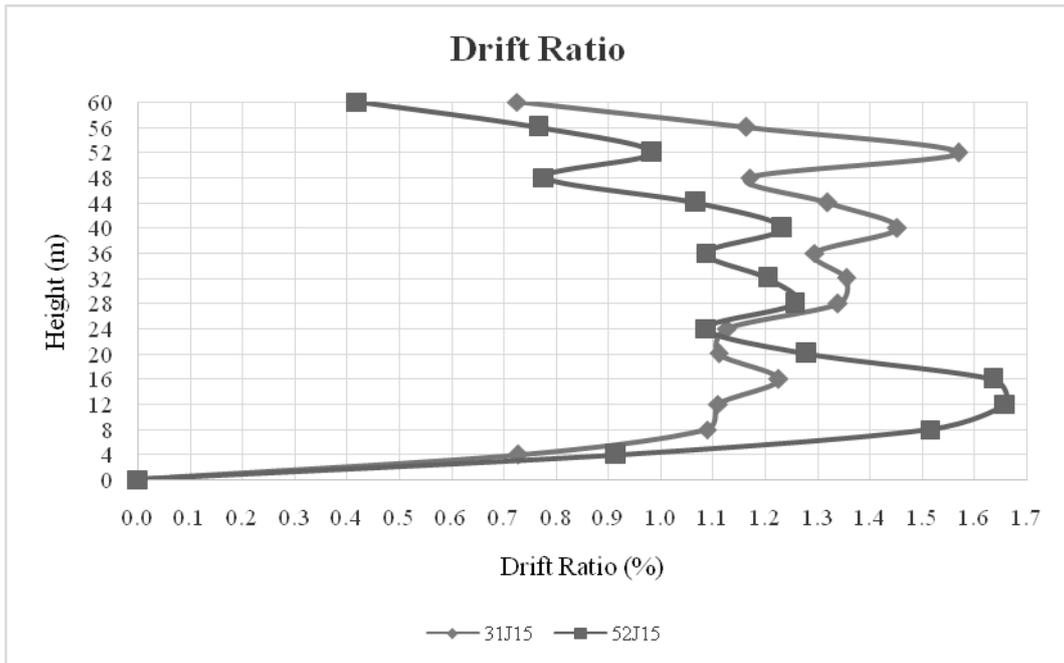
Model Bangunan	Rasio Drift (%)				Displacement (mm)
	Immediate Occupancy	Life Safety	Collapse Prevention	Unacceptable	
31J12		1.50%			521,292
31J15			1.57%		710,956
31J18			1.84%		897,046
52J12			1.79%		546,038
52J15			1.66%		675,316
52J18			1.94%		828,144
Batas Rasio Drift	<0,5%	0,5%-1,5%	1,5%-2%	>2%	



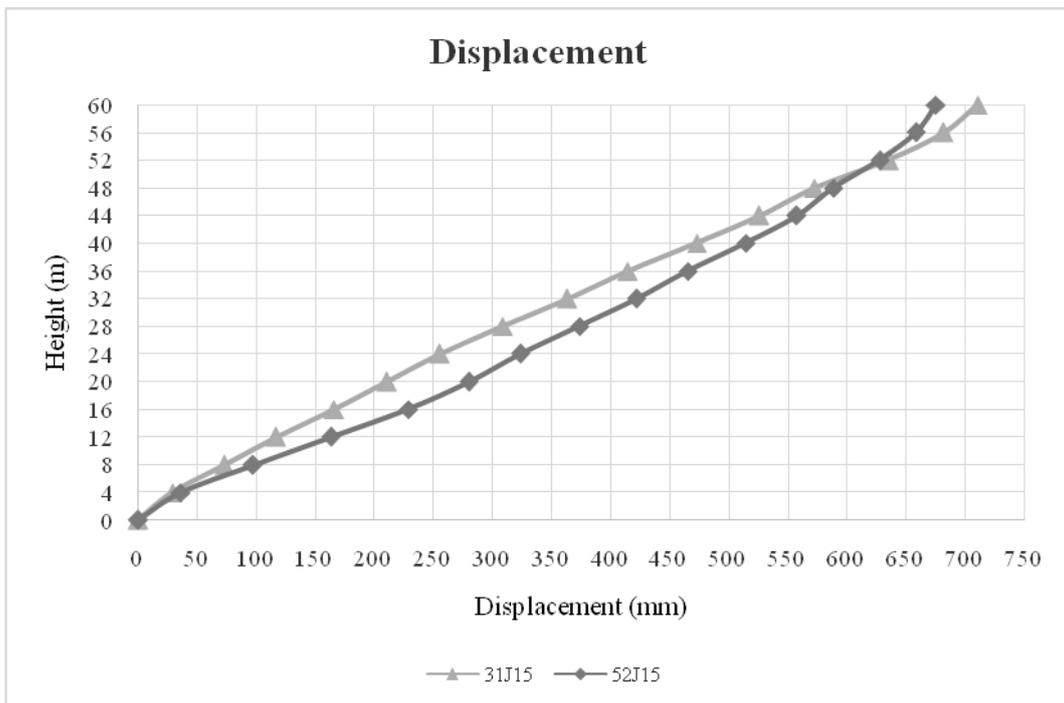
**Gambar 1. Perbandingan *Drift Ratio* Bangunan 31J12 dan 52J12 Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun**



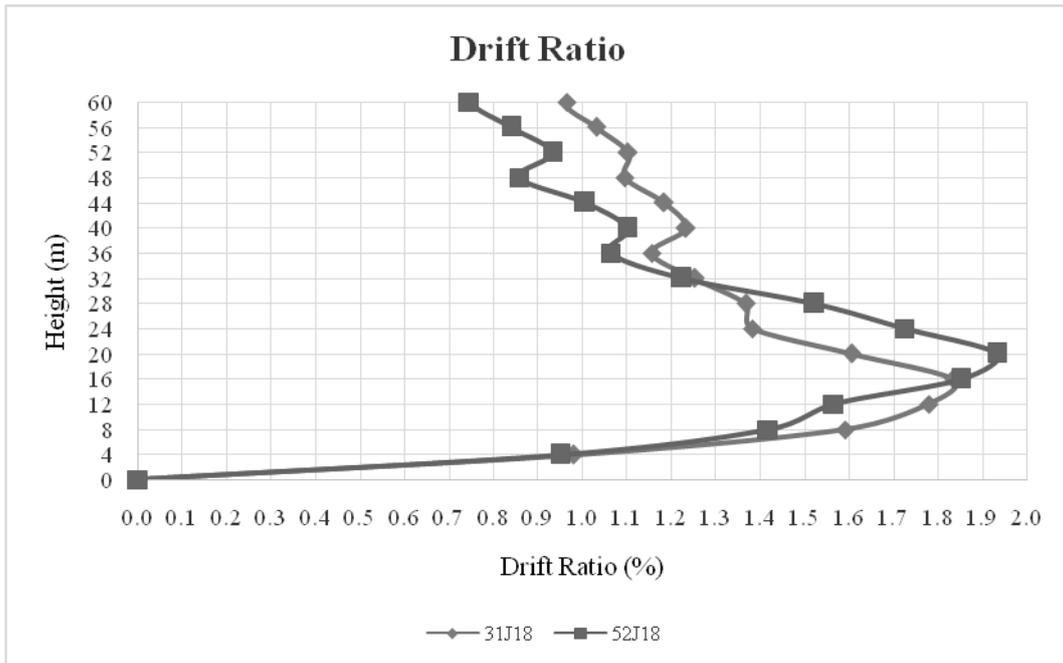
**Gambar 2. Perbandingan *Displacement* Bangunan 31J12 dan 52J12 Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun**



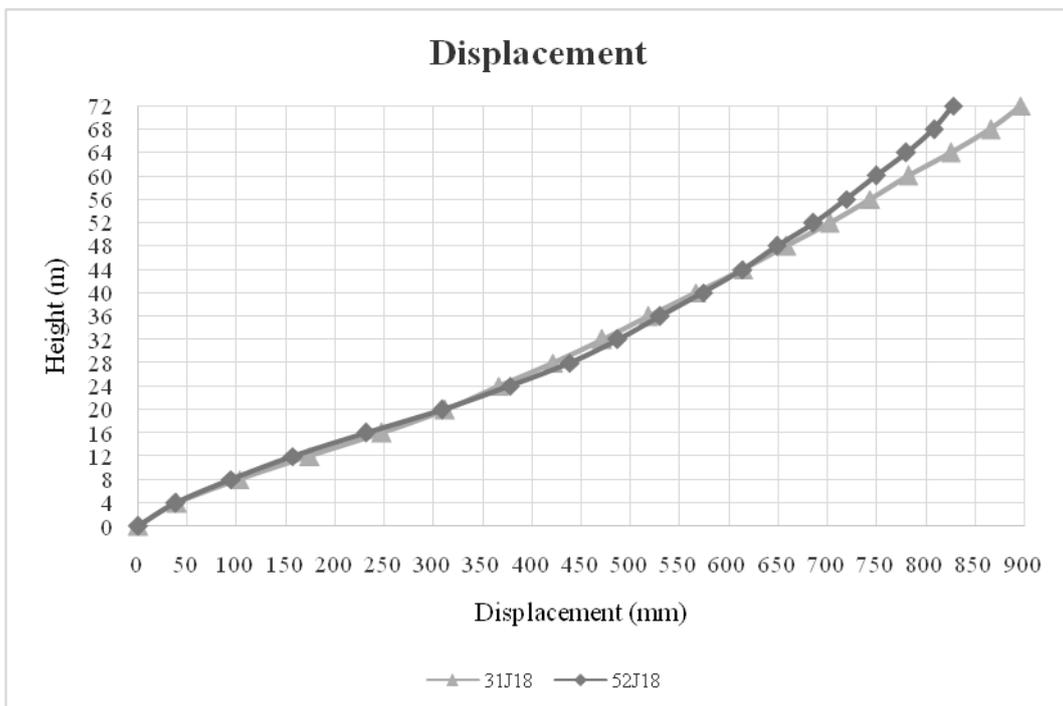
Gambar 3. Perbandingan *Drift Ratio* Bangunan 31J15 dan 52J15 Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun



Gambar 4. Perbandingan *Displacement* Bangunan 31J15 dan 52J15 Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun



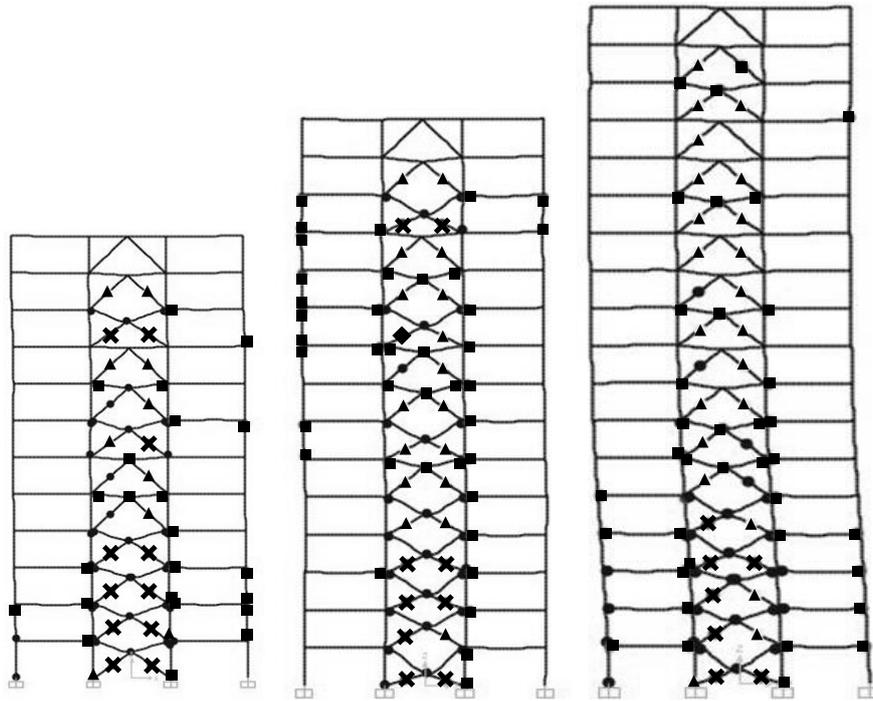
Gambar 5. Perbandingan *Drift Ratio* Bangunan 31J18 dan 52J18 Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun



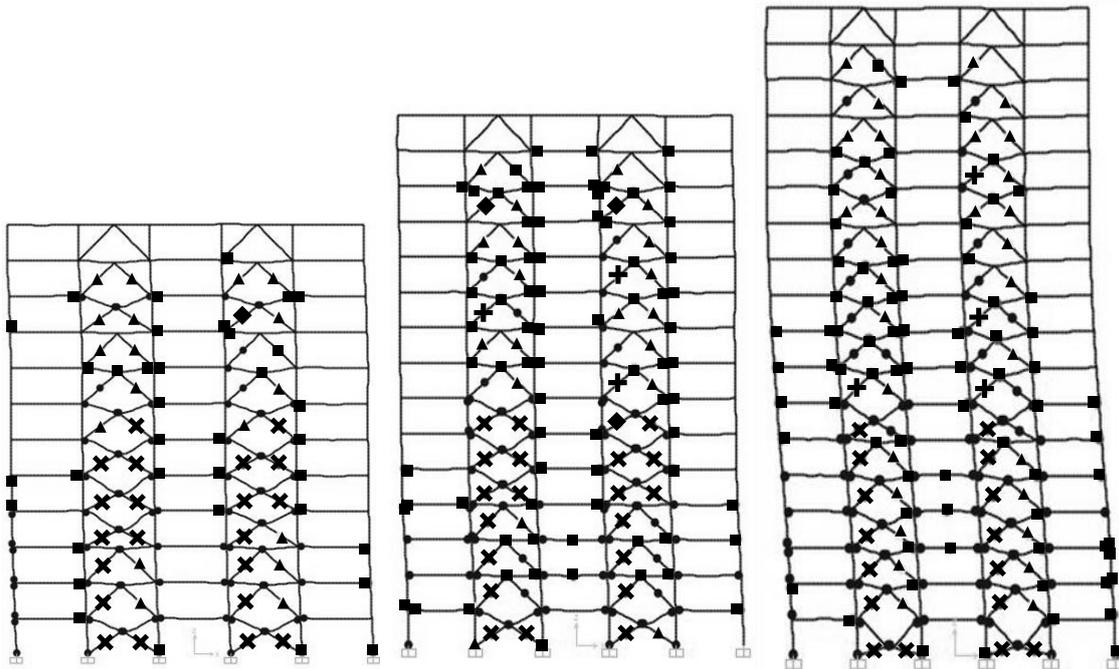
Gambar 6. Perbandingan *Displacement* Bangunan 31J18 dan 52J18 Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun

#### 4.4. Lokasi Sendi Plastis

Terjadinya sendi plastis pada akhir pengujian *time history* dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**. Keterangan tingkat kerusakan struktur akibat terjadinya sendi plastis ditunjukkan pada **Tabel 5**.



**Gambar 7. Lokasi Sendi Plastis Portal Eksterior Bangunan 31J12, 31J15, Dan 31J18 Akibat Gempa Dengan Periode Ulang 2500 Tahun (Detik Ke-30)**



**Gambar 8. Lokasi Sendi Plastis Portal Eksterior Bangunan 52J12, 52J15, Dan 52J18 Akibat Gempa Dengan Periode Ulang 2500 Tahun (Detik Ke-30)**

**Tabel 5. Tingkat Kerusakan Struktur Akibat Terjadinya Sendi Plastis**

Kategori	Simbol	Penjelasan
B	■	Menunjukkan batas linier yang kemudian diikuti terjadinya pelepasan pertama pada struktur
IO	●	Terjadi kerusakan yang kecil atau tidak berarti pada struktur, kekakuan struktur hampir sama pada saat belum terjadi gempa
LS	+	Terjadi kerusakan mulai dari kecil sampai tingkat sedang, kekakuan struktur berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap nilai keruntuhan
CP	◆	Terjadi kerusakan yang parah pada struktur sehingga kekuatan dan kekakuannya berkurang banyak
C	▲	Batas maksimum gaya geser yang masih mampu ditahan gedung
D	▼	Terjadi degradasi kekuatan struktur yang besar, sehingga kondisi struktur tidak stabil dan hampir kolaps
E	✕	Struktur tidak mampu menahan gaya geser dan hancur

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa kerusakan yang terjadi pada seluruh bangunan yang diteliti sesuai dengan hierarki desain yang seharusnya terjadi pada bangunan Rangka Terbreis Konsentris Khusus, yaitu breising mengalami kegagalan terlebih dahulu. Hasil *drift ratio* semua bangunan menunjukkan bahwa bangunan RTKK berbentuk V terbalik ini tidak tergolong pada kategori *unacceptable*. Bangunan dengan 3 bentang memiliki *drift ratio* yang berbanding lurus dengan ketinggian bangunan, namun *drift ratio* pada bangunan dengan 5 bentang tidak berbanding lurus dengan ketinggian bangunan. Hal tersebut diakibatkan interaksi yang terjadi pada profil terpakai tidaklah benar-benar sama persis (*apple to apple*). Selain itu, lokasi sendi plastis antar bangunan 3 bentang maupun antar bangunan 5 bentang juga menunjukkan hasil yang relatif sama dan sama-sama mengalami kegagalan pada breising-breisingnya. Hasil performa masing-masing bangunan ini menunjukkan performa yang relatif sama meskipun memiliki ketinggian yang berbeda.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- BSN. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung: SNI 1726:2002*, Jakarta, Indonesia.
- BSN. (2015). *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings): ANSI/AISC 341-10, IDT: SNI 7860:2015*, Jakarta, Indonesia.
- Jaya, A., Winar, H. (2017). "Evaluasi SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.1 Mengenai Distribusi Gaya Lateral terhadap Kekakuan dan Kekuatan pada Sistem Ganda SRPMK dan SRBKK." *Jurnal Dimensi Pratama*. Vol. 6, No. 1.
- Saputra, I.D., Tjandra, L.A. (2018). *Perbandingan Sistem Tunggal dan Sistem Ganda Struktur Baja Rangka Terbreis Konsentris Khusus Berbentuk V Terbalik dengan Direct Analysis Method*. (TA No. 11012208/SIP/2018). Tidak Diterbitkan, Universitas Kristen Petra, Surabaya.