

## PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BAJA RANGKA TERBREIS EKSENTRIS TIPE V DAN Y TERBALIK PADA BANGUNAN 12 DAN 18 LANTAI

Ezra Jefferson Prasetyo<sup>1</sup>, Deddy Prayudha<sup>2</sup>, Effendy Tanojo<sup>3</sup> dan Hasan Santoso<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Beban gempa merupakan salah satu parameter penting dalam melakukan perencanaan struktur. Maka pada penelitian ini digunakan Rangka Terbreis Eksentris (RTE) dengan sistem rangka bangunan sebagai struktur penahan gempa pada bangunan dengan 3 bentang pada ketinggian 12 lantai (48 meter) dan 18 lantai (72 meter). RTE yang digunakan adalah tipe V dan Y terbalik (IY) kemudian dibandingkan kinerjanya dengan *Nonlinear Time History Analysis*. Hasil penelitian menunjukkan RTE tipe V memiliki *base shear* dan persentase distribusi gaya lateral yang lebih besar dari pada tipe IY. Selain itu, RTE tipe V juga memiliki nilai *displacement* dan *drift ratio* yang lebih kecil daripada RTE tipe IY pada bangunan 12 dan 18 lantai. Namun, pada bangunan dengan ketinggian 18 lantai untuk kedua tipe breising menunjukkan nilai *drift ratio* yang kurang baik yaitu melewati batas *Collapse Prevention* pada FEMA 356. Hal ini, menunjukkan kedua tipe breising pada struktur RTE perlu dipertimbangkan penggunaannya pada bangunan dengan 3 bentang pada ketinggian 18 lantai. Tingkat kerusakan sendi plastis yang terjadi pada RTE tipe V juga relatif lebih baik daripada RTE tipe IY. Secara umum dapat disimpulkan RTE tipe V punya kinerja terhadap beban seismik yang relatif lebih baik jika dibandingkan dengan RTE tipe IY.

**KATA KUNCI:** sistem rangka bangunan, rangka terbreis eksentris, struktur baja, kinerja bangunan

### 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan SNI 1726:2012, dalam melakukan desain bangunan gedung terhadap beban gempa dapat dilakukan dengan beberapa sistem, dua diantaranya adalah sistem rangka bangunan (*single system*) dan sistem ganda. Riani dan Tania (2018) dalam penelitiannya, menyimpulkan bahwa struktur Rangka Terbreis Eksentris (RTE) dengan sistem rangka bangunan memberikan performa yang lebih baik daripada sistem ganda baik dari segi kekuatan maupun performanya pada bangunan ketinggian 12 (48 meter) maupun 18 lantai (72 meter). Ketinggian ini merupakan batasan ketinggian berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 9 pasal 7.2.5.4. yaitu batasan tinggi bangunan adalah sebesar 48 meter namun dapat ditingkatkan hingga 72 meter jika struktur memiliki sistem penahan gempa berupa RTE. Kemudian penelitian tersebut dilanjutkan oleh Wijaya dan Ongkowidjojo (2018), dengan mengembangkan kinerja sistem rangka bangunan pada RTE tipe V terbalik pada bangunan dengan 3 dan 5 bentang pada ketinggian 12 (48 meter), 15 (60 meter) dan 18 lantai (72 meter). Hasil dari penelitian Wijaya dan Ongkowidjojo (2018) menyebutkan bahwa kinerja RTE tipe V terbalik memiliki kemiripan baik pada 3 bentang maupun 5 bentang pada ketinggian 12, 15 dan 18 lantai. Namun, baik penelitian Riani dan Tania (2018) serta Wijaya dan Ongkowidjojo (2018) keduanya masih belum mempertimbangkan desain kapasitas dalam merancang struktur RTE. Penelitian Sresshma dan Jose (2016) menunjukkan tipe breising V memiliki daktilitas yang baik untuk bangunan dengan ketinggian kurang dari 30 meter dan Marquez, Lobo dan Vielma (2012) menyimpulkan tipe breising IY punya performa yang baik untuk bangunan kurang dari 10 lantai. Sehingga pada penelitian ini, akan diterapkan konsep desain kapasitas

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21415116@john.petra.ac.id.

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21415121@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.

berdasarkan SNI 7860:2015 dalam merancang RTE dengan tipe breising V dan Y terbalik (IY) pada bangunan 3 bentang untuk ketinggian 12 lantai dan 18 lantai. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau kinerja struktur RTE tipe V dan IY pada bangunan 3 bentang ketinggian 12 dan 18 lantai dengan sistem rangka bangunan.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Sistem Rangka Bangunan

Sesuai SNI 1726:2012, sistem rangka bangunan merupakan sistem struktur dengan rangka pemikul beban gravitasi lengkap, dimana beban lateral akibat gempa dipikul oleh sistem rangka breising.

### 2.2. Rangka Terbreis Eksentris (RTE)

Sesuai dengan SNI 7860:2015, RTE dirancang dapat memberikan kapasitas deformasi inelastis signifikan melalui pelelehan geser atau lentur dalam elemen perangkai (*link*). *Link* merupakan elemen *fuse* yang berguna untuk disipasi energi akibat gempa dan menjaga kestabilan struktur.

### 2.3. Konsep Desain Kapasitas terhadap Beban Seismik

Desain kapasitas bertujuan agar elemen struktur pada bangunan (kolom, balok dan breising) dirancang agar tetap elastis meskipun *link* dalam kondisi plastis/leleh akibat gaya gempa. Berdasarkan SNI 7860:2015 pasal F3.3, metode analisis untuk desain kapasitas dilakukan dengan kombinasi beban gempa teramplifikasi ( $E_{mh}$ ).

### 2.4. Tingkat Kerusakan Bangunan

Struktur tidak hanya dirancang untuk memenuhi desain kapasitas dan kekuatan, tetapi juga perlu evaluasi terhadap performa struktur akibat beban seismik. Adapun evaluasi ini dilakukan dengan membatasi kinerja struktur agar memenuhi *acceptance criteria* sesuai dengan FEMA 356-2000.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

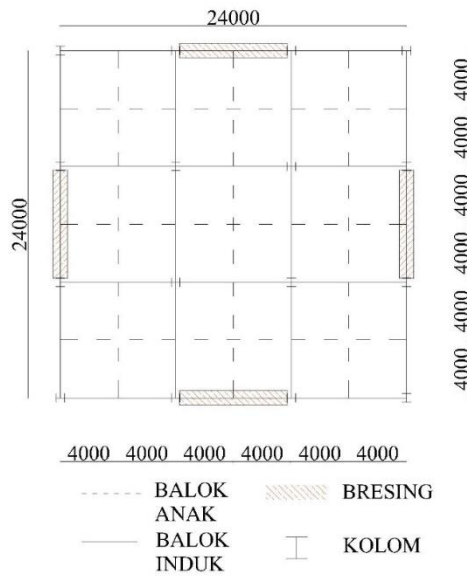
Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

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

**Tabel 1. Kode Penamaan Bangunan**

Kode Bangunan	Makna Kode
31J12	Bangunan 3 Bentang 1 RTE, pada wilayah gempa Jayapura, 12-lantai
V	Rangka Terbreis Eksentris (RTE) tipe V
IY	Rangka Terbreis Eksentris (RTE) tipe Y Terbalik

2. Menentukan pembebanan pada struktur. Pembebanan meliputi beban mati, hidup, dan gempa dengan menggunakan respons spektrum,
3. Melakukan pengecekan terhadap *base shear* dan persentase distribusi gaya lateral. Persentase distribusi gaya lateral diupayakan agar seluruhnya dapat dipikul oleh struktur yang terdapat rangka breising karena sistem yang digunakan berupa sistem rangka bangunan. Selain itu, *base shear* dari bangunan harus lebih besar atau sama dengan 85% gaya geser dasar akibat beban statik ekuivalen.
4. Melakukan desain kekuatan berdasarkan SNI 1729:2015 dan desain kapasitas sesuai dengan syarat SNI 7860:2015 pada RTE.
5. Pemeriksaan *drift* bangunan. Apabila tidak terpenuhi, maka dilakukan perubahan profil.
6. Evaluasi kinerja struktur dengan *Nonlinear Time History Analysis*.



**Gambar 1. Denah Bangunan 31J12 dan 31J18**

#### 4. HASIL DAN ANALISIS

##### 4.1. Base Shear dan Persentase Distribusi Gaya Lateral pada Bangunan

Nilai *base shear* dan persentase distribusi gaya lateral disajikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Base Shear dan Persentase Distribusi Gaya Lateral**

Tipe Breising	Jenis Bangunan	Base Shear (kN)	Distribusi Gaya	
			Eksterior	Interior
V	31J12 - V	3823.93	95.43%	4.57%
	31J18 - V	3534.25	94.20%	5.80%
Y Terbalik	31J12 - IY	3497.98	88.90%	11.10%
	31J18 - IY	3524.49	90.79%	9.21%

##### 4.2. Berat Struktur

Berat struktur baja (kolom, balok dan breising) dihitung dengan menyamakan mutu baja ke ASTM A36 karena beragam jenis mutu baja yang dipakai. Untuk mutu baja yang lebih tinggi seperti A992 Gr.50 beratnya perlu dikali faktor 1,38 dan mutu A913 Gr. 65 perlu dikali faktor 1,8 yang merupakan perbandingan tegangan leleh dari masing-masing mutu baja. Berat struktur setelah dikonversi disajikan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Berat Struktur Baja**

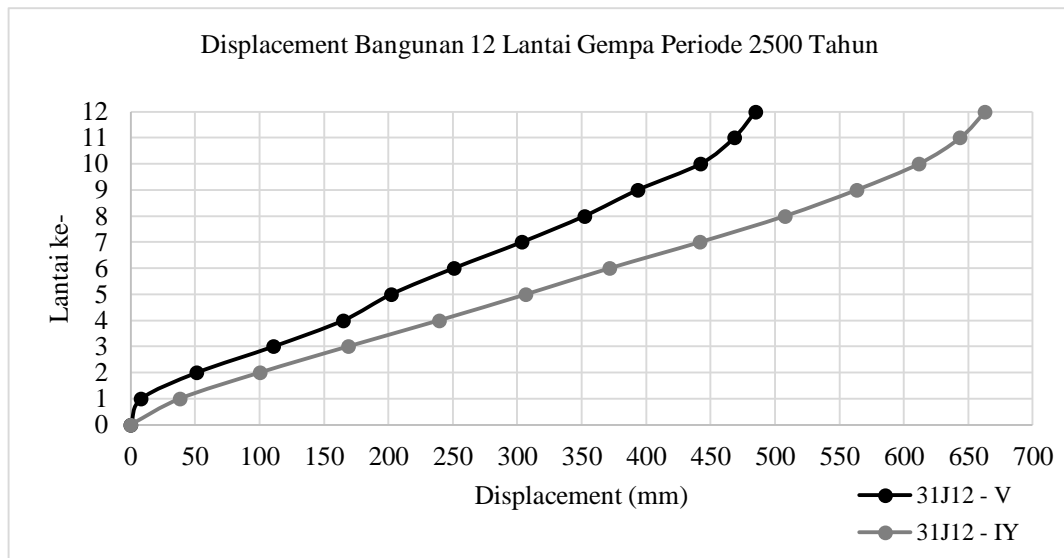
Bangunan	Berat Baja A36 (ton)	Berat Baja A992 (ton)	Berat Baja A913 (ton)	Berat Baja Konversi A36 (ton)
31J12 - V	366.24	405.16	0.00	925.37
31J12 - IY	378.68	389.95	0.00	916.81
31J18 - V	619.68	456.53	183.23	1579.51
31J18 - IY	607.29	628.65	0.00	1474.82

#### 4.3. Drift Ratio dan Displacement

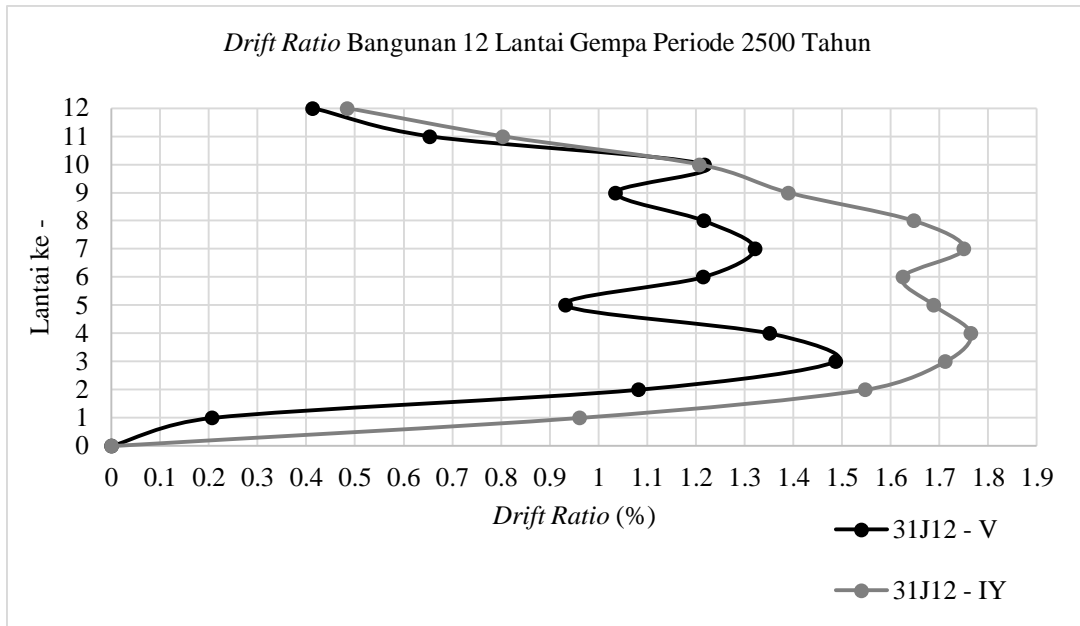
Hasil *drift ratio* maksimum dan *displacement* maksimum akibat gempa dengan periode ulang 2500 tahun dapat dilihat pada **Tabel 4**. Grafik dari *drift ratio* maksimum dan *displacement* yang terjadi ditampilkan pada **Gambar 2** hingga **Gambar 6**.

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

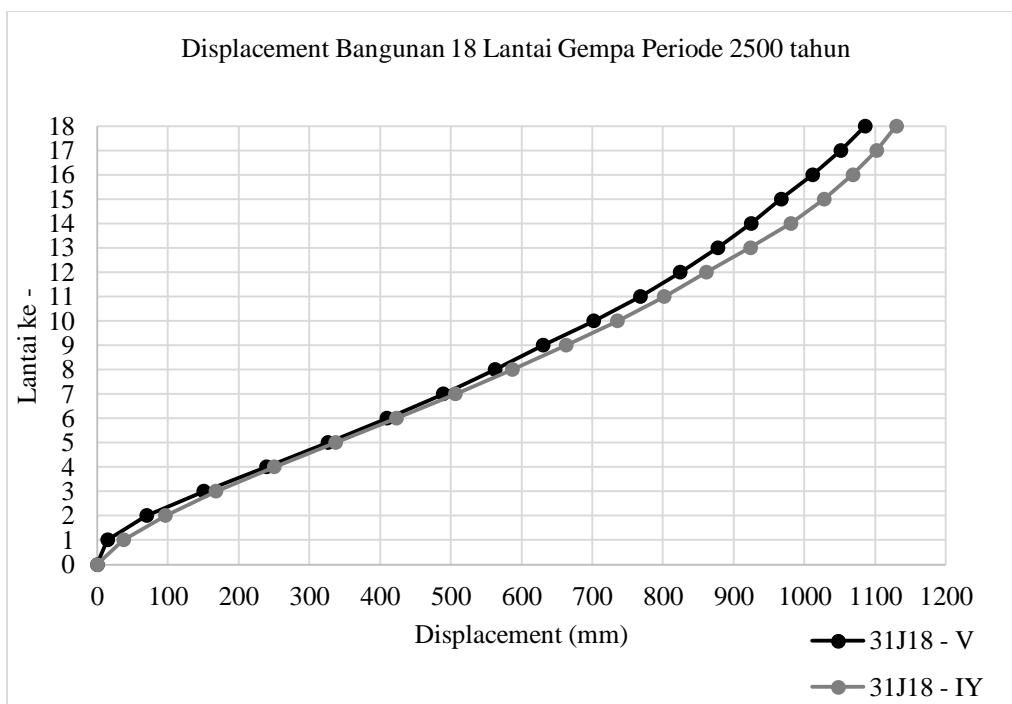
Bangunan	Drift Ratio Maksimum (%)				Displacement (mm)
	Immediate Occupancy (IO)	Life Safety (LS)	Collapse Prevention (CP)	Unacceptable (U)	
31J12 - V	-	1.48625	-	-	485.074
31J12 - IY	-	-	1.7647	-	663.153
31J18 - V	-	-	-	2.204325	1085.961
31J18 - IY	-	-	-	2.168525	1129.718
<b>Max Drift Ratio (%)</b>	<b>&gt; 0.5</b>	<b>0.5 - 1.5</b>	<b>1.5 - 2.0</b>	<b>&gt; 2.0</b>	



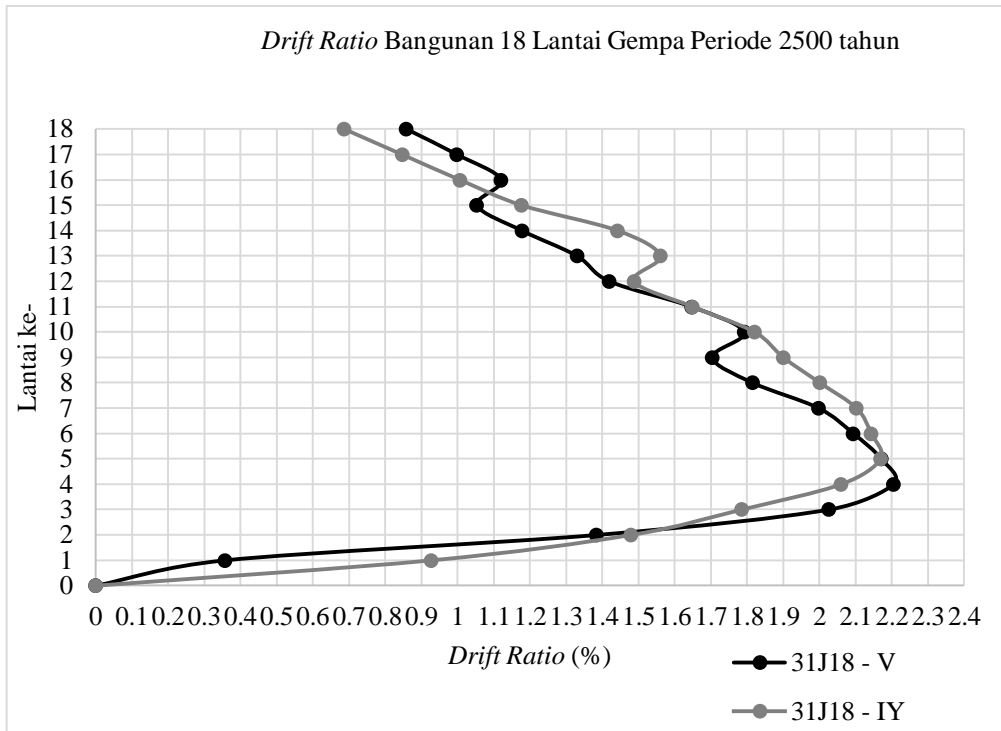
**Gambar 2. Perbandingan Displacement Bangunan 31J12 - V dan 31J12 - IY Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun**



**Gambar 3. Perbandingan *Drift Ratio* Bangunan 31J12 - V dan 31J12 - IY Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun**



**Gambar 4. Perbandingan *Displacement* Bangunan 31J18 - V dan 31J18 - IY Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun**



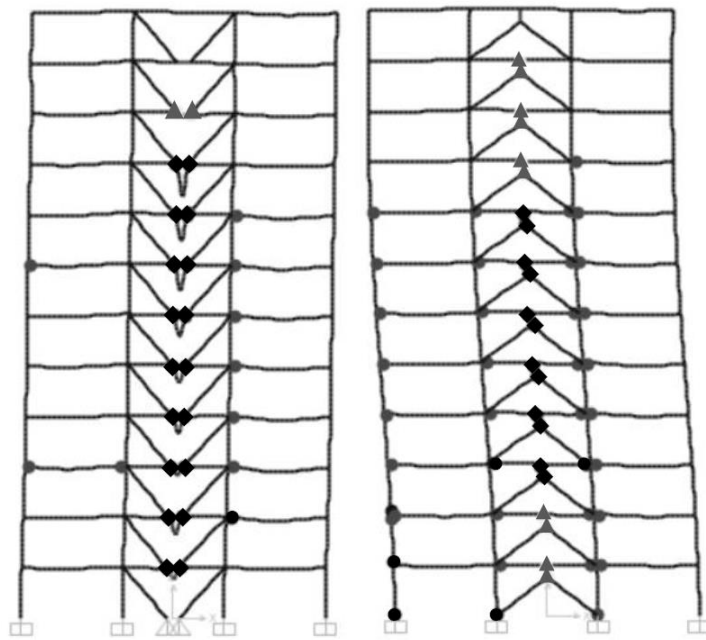
Gambar 5. Perbandingan *Drift Ratio* Bangunan 31J18 – V dan 31J18 – IY Akibat Gempa dengan Periode Ulang 2500 Tahun

#### 4.4. Lokasi Sendi Plastis

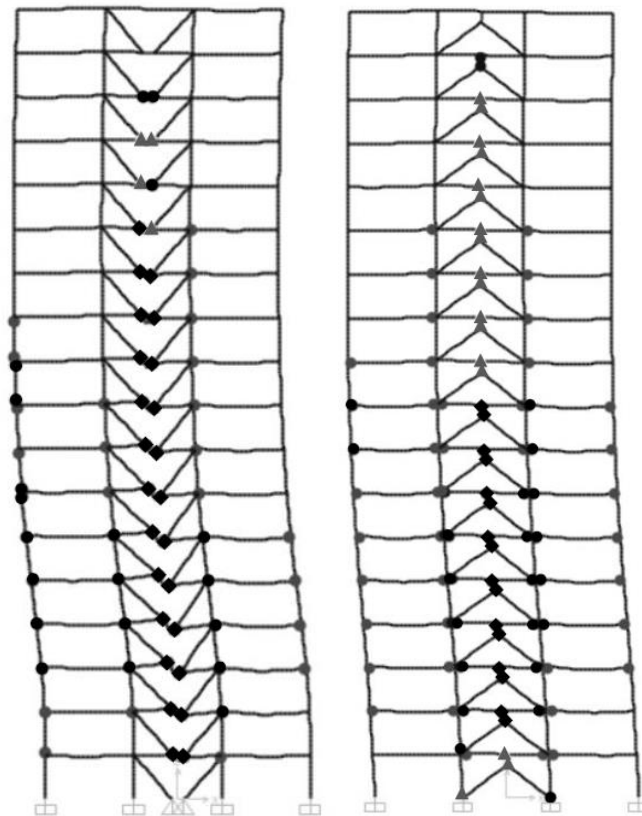
Terjadinya sendi plastis pada akhir evaluasi *time history* dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Keterangan tingkat kerusakan struktur akibat terjadinya sendi plastis ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tingkat Kerusakan 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



Gambar 6. Lokasi dan Tingkat Kerusakan Sendi Plastis bangunan 12 lantai



Gambar 7. Lokasi dan Tingkat Kerusakan Sendi Plastis bangunan 18 lantai

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, jika ditinjau dari besarnya nilai *base shear* dan distribusi gaya lateral maka bangunan dengan RTE tipe V memiliki nilai *base shear* dan persentase distribusi gaya lateral yang diterima portal eksterior lebih besar dari RTE tipe IY. Hal ini membuat RTE tipe V dapat memaksimalkan kinerjanya sebagai penahan gaya lateral sesuai konsep sistem rangka bangunan. Apabila ditinjau dari *displacement* maksimum dan *drift ratio* maksimum yang terjadi, maka bangunan dengan RTE tipe V memiliki performa yang relatif lebih baik daripada RTE tipe IY terutama pada bangunan dengan ketinggian 12 lantai. Namun, untuk bangunan ketinggian 18 lantai keduanya menunjukkan performa yang kurang baik karena tidak memenuhi batas *Collapse Prevention* pada FEMA 356-2000 sebesar 2%. Apabila ditinjau dari tingkat kerusakan dan letak sendi plastis yang terjadi, pada bangunan dengan RTE tipe V memiliki tingkat kerusakan sendi plastis yang relatif tidak parah jika dibandingkan dengan RTE tipe IY meskipun pada kedua struktur RTE mengalami kegagalan pada elemen *link*. Kegagalan pada *link* ini sesuai dengan harapan dari struktur RTE yang dirancang terhadap konsep desain kapasitas. Secara keseluruhan, bangunan dengan struktur RTE tipe V menunjukkan kinerja terhadap beban seismik yang lebih baik jika dibandingkan pada struktur RTE tipe IY

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung: SNI 1726:2012*, Jakarta, Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural: SNI 1729:2015*, Jakarta, Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings): ANSI/AISC 341-10, IDT: SNI 7860:2015*, Jakarta, Indonesia.
- Federal Emergency Management Agency. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings: FEMA 356*, Washington D. C., USA.
- Marquez, E.V., Lobo, W., Vielma, J. C. (2015). "Comparative Analysis of Energi Dissipation of Steel Buildings with Concentric and Eccentric Braces." *The Open Civil Engineering Journal*. No. 9, 295-307.
- Riani, P.E., Tania, A. (2018). *Perbandingan Sistem Tunggal dan Sistem Ganda pada Bangunan Terbreis Eksentris Berbentuk V Terbalik dan Diagonal pada Mid Rise Building*. (TA No. 11012197/SIP/2018). Tidak Diterbitkan, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Sreeshma, K. K., Jose, N. (2016). "Seismic Performance Assessment of Different Types of Eccentric Braced Systems." *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. Vol. 3, Issue 04.
- Wijaya, K., Ongkowidjojo, A.O. (2018). *Kinerja Sistem Tunggal Struktur Baja Rangka Terbreis Eksentris Berbentuk V Terbalik pada Mid Rise Building*. (TA No. 11012252/SIP/2018). Tidak Diterbitkan, Universitas Kristen Petra, Surabaya.