

KINERJA SISTEM TUNGGAL STRUKTUR BAJA RANGKA TERBREIS EKSENTRIS BERBENTUK V TERBALIK PADA *MID RISE BUILDING*

Kevin Wijaya¹, Alberto Orson Ongkowidjojo², Effendy Tanojo³, dan Hasan Santoso⁴

ABSTRAK Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terkena gempa, sehingga bangunan di Indonesia harus didesain tahan terhadap gempa. Dalam penelitian ini, bangunan didesain menggunakan sistem tunggal dengan menggunakan Rangka Terbreis Eksentris (RTE). Sistem tunggal memiliki batasan ketinggian dalam SNI 1726:2012 tabel 9, untuk Kategori Desain Seismik D adalah 48 m (12 lantai). Namun, batasan ketinggian tersebut boleh ditinggikan menjadi 72 m (18 lantai) dengan mengikuti persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.4. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan menggunakan *mid-rise building*, yaitu 12,15, dan 18 lantai, dengan bresing bentuk V terbalik dan dengan menggunakan dua jenis bentang yaitu bangunan 3 bentang dan bangunan 5 bentang. Hasil penelitian menunjukkan seluruh bangunan mengalami kegagalan pada balok *link*, ini sesuai dengan hirarki desain daripada RTE. Dengan semakin tinggi bangunan maka performa bangunan semakin buruk. Ini bisa dilihat dari hasil *displacement* dan *drift ratio*. Pada bangunan 3 bentang menghasilkan nilai *displacement* yang lebih baik namun menghasilkan nilai *drift ratio* yang lebih buruk dari bangunan 5 bentang. Namun seluruh bangunan masih dalam satu kategori klasifikasi kerusakan bangunan yaitu *collapse prevention*. Sendi plastis yang terjadi pada semua bangunan menghasilkan lokasi dan jumlah yang relatif sama sehingga disimpulkan seluruh bangunan memiliki kinerja yang relatif sama.

KATA KUNCI: sistem tunggal, rangka terbreis eksentris, *displacement*, *drift*

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari Riani dan Tania (2018) dimana mereka meneliti dan membandingkan performa bangunan Rangka Terbreis Eksentris (RTE) dengan bresing tipe V terbalik dan diagonal yang dihasilkan dengan menggunakan dua skenario, skenario Sistem Tunggal (ST) dan skenario Sistem Ganda (SG) pada bangunan *mid rise building* (12 dan 18 lantai). Pada skenario Sistem Tunggal (ST), bangunan yang didesain diupayakan agar sebisa mungkin gaya gempa dipikul oleh struktur RTE, sedangkan untuk skenario Sistem Ganda (SG), bangunan didesain dengan distribusi *base shear* yang diterima oleh Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) mencapai 25% dari *total base shear* menurut peraturan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Riani dan Tania (2018) diperoleh kesimpulan bahwa bangunan bresing dengan tipe V terbalik menghasilkan performa yang lebih baik menurut nilai dari *drift ratio* dan *displacement* maksimum dibandingkan dengan bresing tipe diagonal. Juga bresing tipe V terbalik menghasilkan berat bangunan yang lebih ringan dibandingkan dengan bresing diagonal. Hasil Untuk kedua skenario yang digunakan, berat bangunan yang dihasilkan skenario sistem tunggal menghasilkan berat yang lebih ringan jika dibandingkan dengan skenario sistem ganda, hal ini juga menunjukkan efisiensi yang dihasilkan skenario sistem tunggal lebih baik. Pada bangunan 12 lantai bangunan dengan skenario sistem tunggal menghasilkan nilai *drift ratio* dan *displacement* maksimum yang lebih baik dibandingkan dengan skenario sistem ganda. Namun pada bangunan 18 lantai bangunan dengan skenario sistem tunggal menghasilkan nilai *drift ratio* dan *displacement* maksimum yang sedikit lebih buruk dibandingkan dengan skenario sistem ganda tetapi perbedaannya tidak signifikan. Sendi plastis yang terjadi pada bangunan dengan skenario Sistem Tunggal lebih

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414212@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414233@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, effendy@peter.petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, hasan@peter.petra.ac.id

banyak dan masuk dalam kategori yang lebih buruk dibandingkan bangunan dengan skenario Sistem Ganda namun masih dalam kategori yang aman, hal tersebut terlihat jelas pada elemen kolom, khususnya elemen kolom interior. Penelitian Riani dan Tania (2018) membandingkan tipe bresing dan juga jenis skenario, tidak membandingkan jumlah ketinggian dan jumlah bentang pada bangunan. Selanjutnya pada penelitian ini akan meneliti lebih lanjut mengenai bangunan RTE dengan bresing tipe V terbalik menggunakan skenario sistem tunggal pada *mid rise building*. Penelitian ini akan menggunakan enam sampel bangunan dengan ketinggian 12, 15, dan 18 lantai, serta juga akan menggunakan dua jenis bentang yaitu 3 dan 5 bentang. Agar dapat dilihat perbedaan hasil performa bangunan dari perbedaan jumlah lantai dan juga perbedaan jumlah bentang.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Rangka Terbreis Eksentris (RTE)

Sesuai dengan SNI 7860:2015 Bab F3, RTE adalah sistem rangka bresing yang salah satu ujung bresing bertemu sebuah balok dengan eksentrisitas yang menimbulkan adanya balok *link* yang terbebani gaya geser dan lentur. Perencanaan RTE, diharapkan elemen balok *link* direncanakan untuk mengalami leleh terlebih dahulu.

2.2. Sistem Tunggal (ST)

Untuk perencanaan sistem tunggal, diupayakan seluruh gaya gempa yang terjadi ditahan oleh struktur rangka bresing. Juga untuk perencanaan portal interior, tidak perlu mengikuti syarat *Strong Column Weak Beam* (SCWB) dan juga tidak perlu mengikuti syarat SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1.

2.3. Kinerja Kerusakan Bangunan

Bangunan tidak hanya didesain untuk mampu menahan semua beban yang terjadi, namun juga perlu didesain terhadap klasifikasi kerusakan bangunan. Parameter *performance* yang digunakan adalah IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), dan CP (*Collapse Prevention*).

3. METODOLOGI PENELITIAN

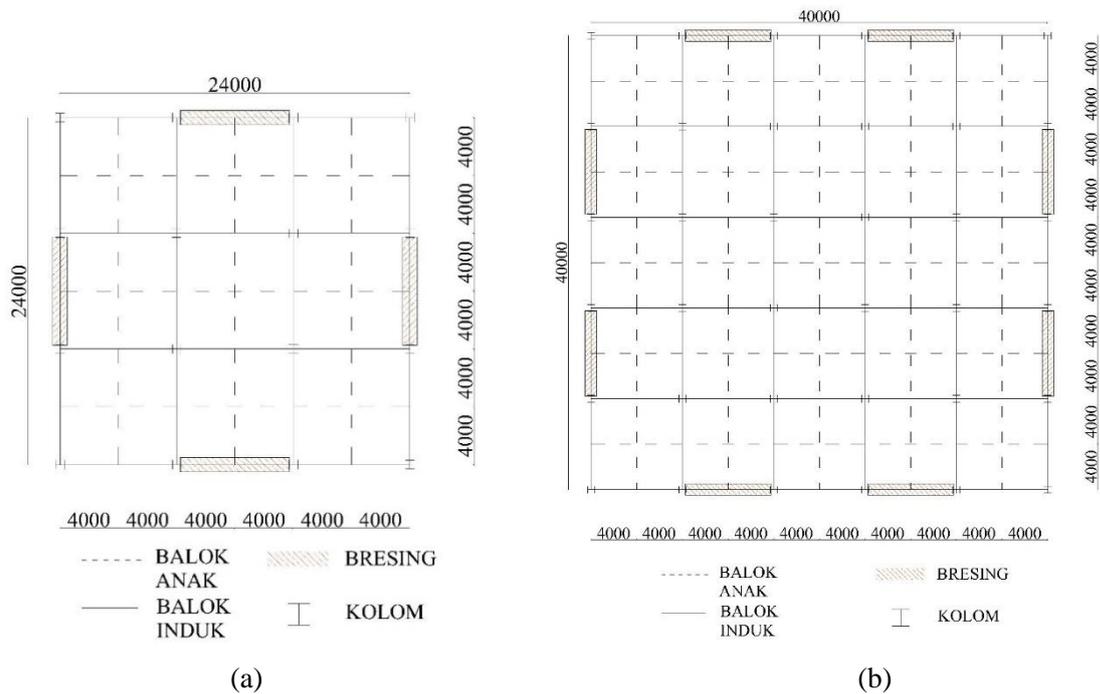
Penamaan model bangunan mengikuti dari penelitian sebelumnya dan dapat dilihat pada **Tabel 1.**, sedangkan untuk denah bangunan dapat dilihat pada **Gambar 1.**

Tabel 1. Makna Penggunaan Kode

No	Kode	Penjelasan Kode
1	31J12	Bangunan dengan 3 bentang, 1 RTE, terletak di Jayapura, 12 lantai
2	52J18	Bangunan dengan 5 bentang, 2 RTE, terletak di Jayapura, 18 lantai

Langkah-langkah yang dilakukan dalam mendesain komponen struktur bangunan dibedakan berdasarkan skenario yang ada, yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan *preliminary design* dan pemodelan struktur secara tiga dimensi menggunakan bantuan program CSI SAP2000 v18.
2. Menentukan pembebanan struktur, baik beban mati, beban hidup, maupun beban gempa.
3. Melakukan pemeriksaan terhadap *base shear* yang terjadi. Untuk skenario Sistem Tunggal (ST) gaya *base shear* diusahakan agar seluruh gaya *base shear* diterima oleh struktur rangka bresing. Lalu melakukan pengecekan 85% static ekuivalen.
4. Melakukan *capacity design* sesuai dengan syarat RTE serta melakukan pemeriksaan *drift* bangunan. Apabila terdapat syarat yang tidak terpenuhi harus melakukan *redesign*.
5. Evaluasi kinerja bangunan dengan *nonlinear time history analysis*.



Gambar 1. (a) Denah Bangunan 31J12, 31J15, 31J18 ; (b) Denah Bangunan 52J12, 52J15, 52J18

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1. Distribusi Gaya Lateral

Persentase distribusi gaya lateral disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Gaya Lateral

Bangunan	Distribusi Gaya Lateral (X=Y)	
	Interior	Eksterior
31J12	6,67%	93,33%
31J15	7,96%	92,04%
31J18	10,32%	89,68%
52J12	9,75%	90,25%
52J15	13,94%	86,06%
52J18	17,47%	83,53%

4.2. Berat Baja yang Digunakan

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	Rata-Rata Berat Per Luasan Lantai
	(Ton)	(m ²)		(m ²)	(Ton/m ²)
31J12	666.2913	576	12	6912	0.0963963
31J15	849.218	576	15	8640	0.0982891
31J18	1081.564	576	18	10368	0.104318
52J12	1587.962	1600	12	19200	0.0827064
52J15	2180.719	1600	15	24000	0.0908633
52J18	2633.392	1600	18	28800	0.0914372

4.3. Nilai Interaksi Gaya pada Bangunan

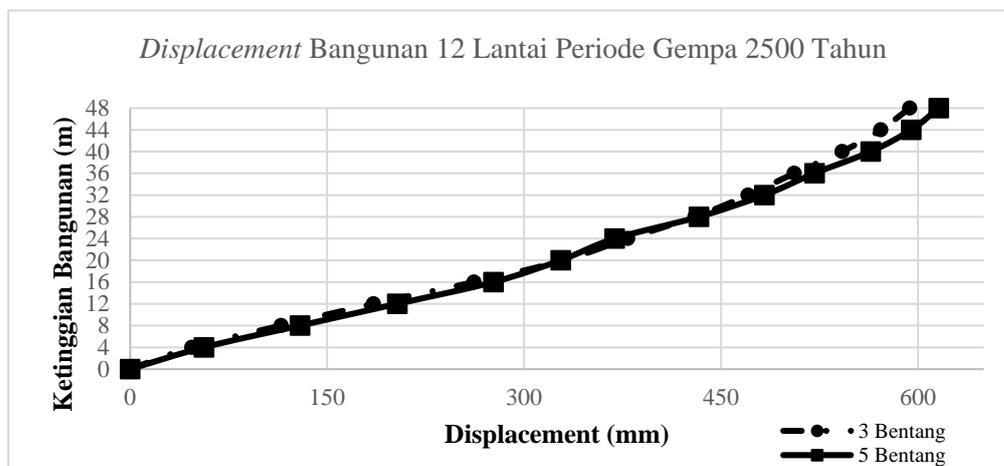
Hasil nilai interaksi gaya pada seluruh bangunan digunakan rata-rata nilai ratio pada setiap elemen sebesar 0.7 pada elemen balok, kolom, dan bresing.

4.4. Displacement dan Drift Ratio

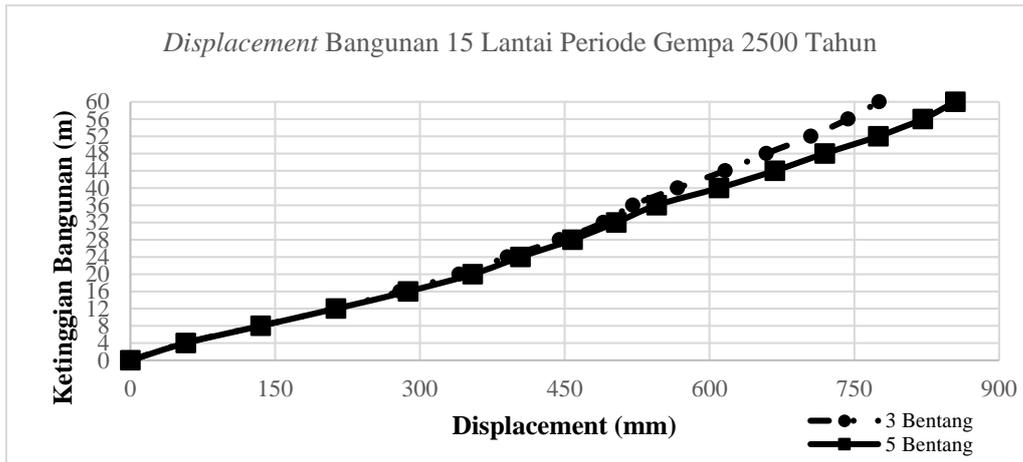
Hasil *drift ratio* maksimum dan *displacement* maksimum akibat gempa dengan periode ulang 2500 tahun dapat dilihat pada Tabel 5. Perbandingan nilai *drift ratio* dan *displacement* dapat dilihat pada Gambar 2 hingga Gambar 4.

Tabel 5. *Drift Ratio* Maksimum dan *Displacement* Maksimum (Gempa Periode Ulang 2500 Tahun)

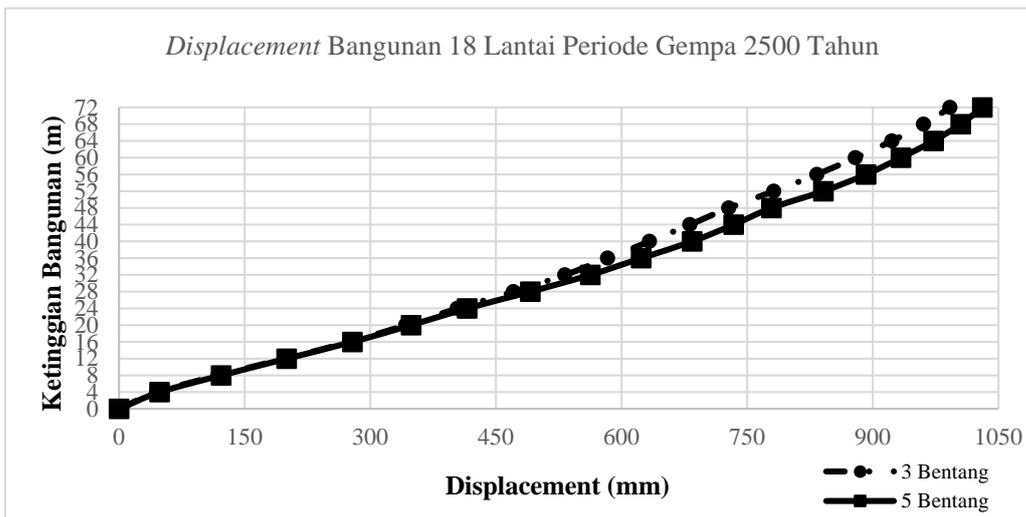
Model Bangunan	Rasio <i>Drift</i> (%)				<i>Displacement</i> (mm)
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Collapse Prevention</i>	<i>Unacceptable</i>	
31J12			1,91%		593,7
31J15			1,96%		775,7
31J18			1,98%		992,0
52J12			1,85%		615,8
52J15			1,95%		854,7
52J18			1,96%		1031,0
Batas Rasio <i>Drift</i>	<0,5%	0,5%-1,5%	1,5%-2%	>2%	



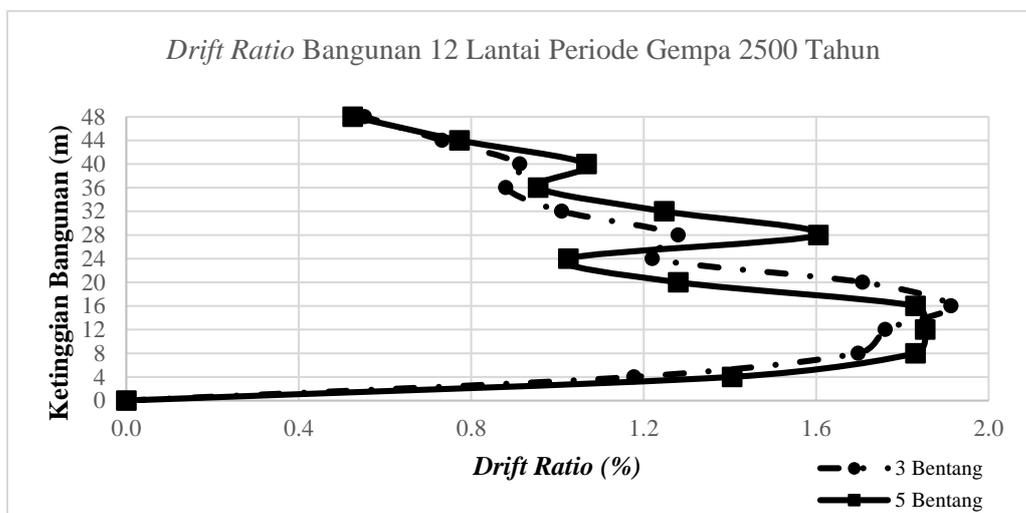
Gambar 2. Grafik *Displacement* Bangunan 12 Lantai pada bangunan 3 Bentang dan 5 Bentang



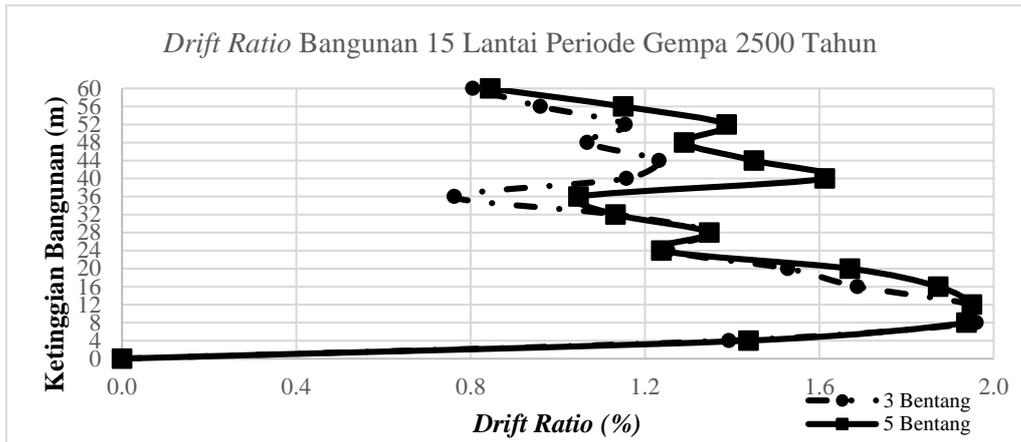
Gambar 3. Grafik *Displacement* Bangunan 15 Lantai pada bangunan 3 Bentang dan 5 Bentang



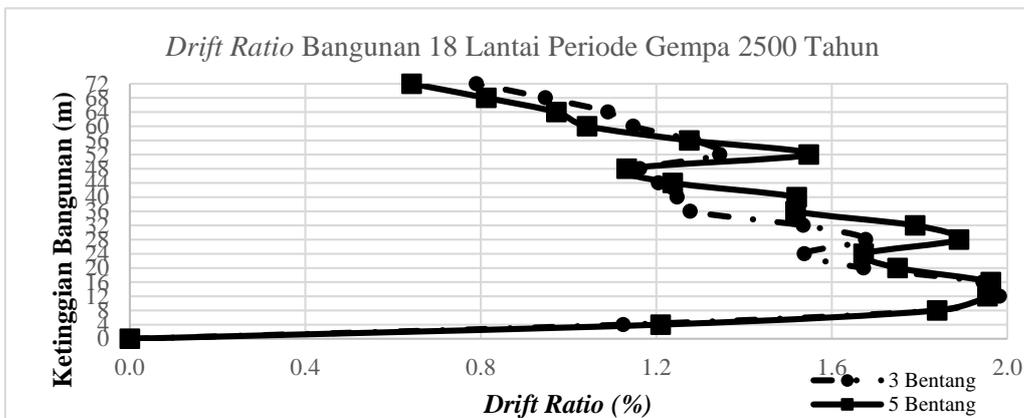
Gambar 4. Grafik *Displacement* Bangunan 18 Lantai pada bangunan 3 Bentang dan 5 Bentang



Gambar 4. Grafik *Drift Ratio* Bangunan 12 Lantai pada bangunan 3 Bentang dan 5 Bentang



Gambar 4. Grafik *Drift Ratio* Bangunan 15 Lantai pada bangunan 3 Bentang dan 5 Bentang



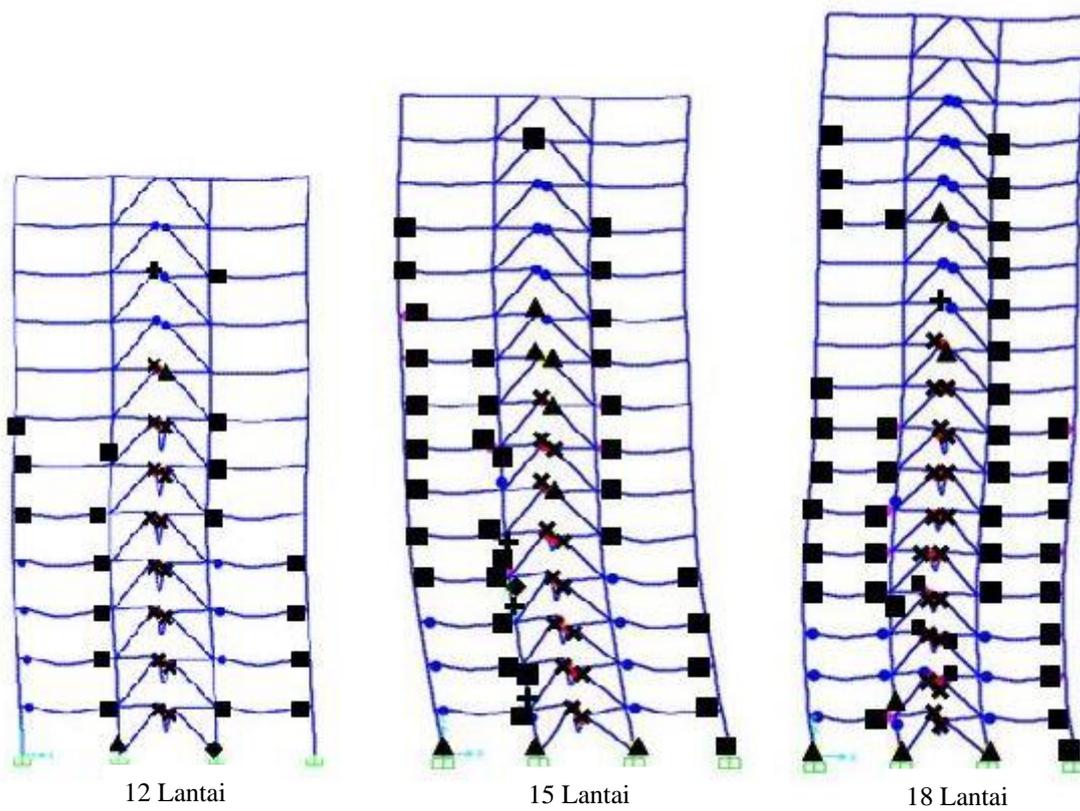
Gambar 4. Grafik *Drift Ratio* Bangunan 18 Lantai pada bangunan 3 Bentang dan 5 Bentang

4.5. Lokasi Sendi Plastis

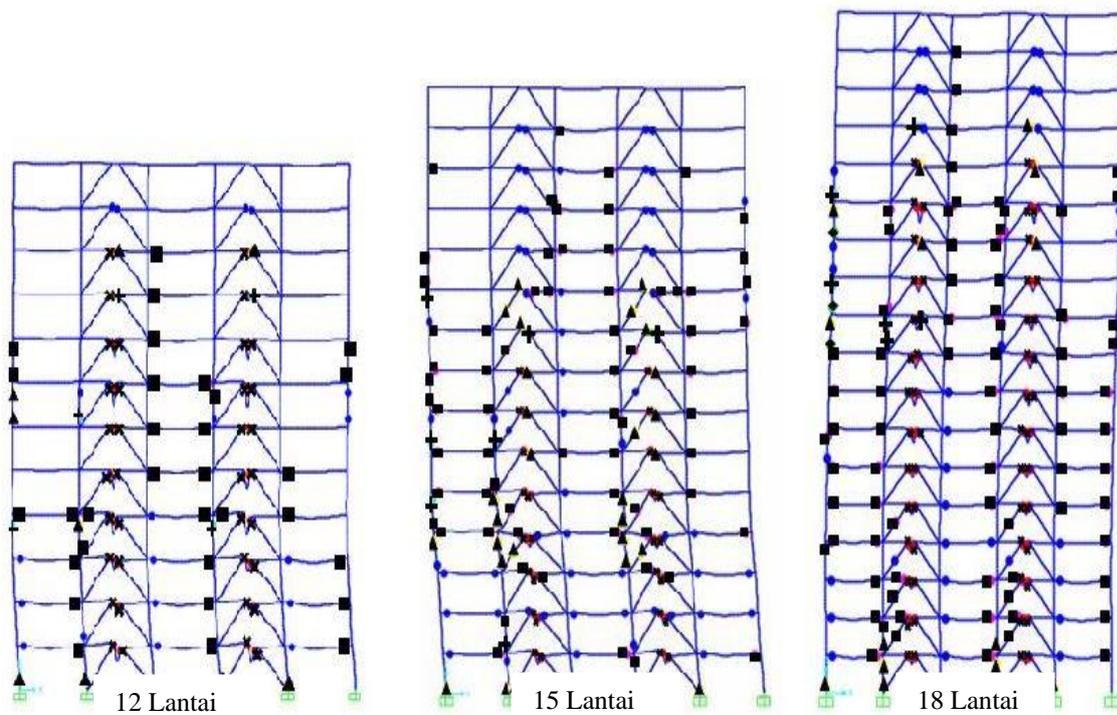
Lokasi dan jenis sendi plastis yang terjadi pada akhir pengujian *time history* ditunjukkan pada Gambar 5 hingga Gambar 6. Untuk keterangan jenis sendi plastis yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penjelasan Kode Jenis Sendi Plastis yang Terjadi

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 5. Gambar Sendi Plastis Bangunan 3 Bentang pada bangunan 12, 15, dan 18 Lantai



Gambar 6. Gambar Sendi Plastis Bangunan 5 Bentang pada bangunan 12, 15, dan 18 Lantai

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa struktur bangunan Rangka Terbreis Eksentris (RTE) dengan bresing V terbalik yang didesain dengan skenario Sistem Tunggal (ST) menghasilkan kinerja yang baik untuk seluruh model bangunan. Secara umum seluruh bangunan dapat dikatakan memiliki kinerja yang baik dan kinerja yang kurang lebih sama. Namun jika kita melihat dari besar nilai daripada *drift ratio* dan *displacement* bangunan dengan ketinggian 12 lantai menghasilkan kinerja yang terbaik, dan kinerja bangunan akan semakin memburuk dengan bertambahnya jumlah ketinggian bangunan pada bangunan 15 lantai dan 18 lantai, ini terjadi pada bangunan 3 bentang dan 5 bentang. Jika membandingkan dari jumlah bentang bangunan, maka bangunan 3 bentang menghasilkan nilai *displacement* yang lebih baik, namun juga menghasilkan nilai *drift ratio* yang lebih buruk dari bangunan 5 bentang. Namun perbedaan kinerja *drift ratio* yang dihasilkan bangunan dengan perbedaan ketinggian jumlah lantai maupun dengan perbedaan jumlah bentang tidak terlalu signifikan karena masih dalam satu kategori yang sama menurut FEMA 356 (2000) yaitu *Collapse Prevention* (CP). Hal ini dapat terjadi karena batasan ketinggian yang diizinkan dalam SNI 1726:2012 untuk Kategori Desain Seismik D adalah 48 m (12 lantai). Namun, batasan ketinggian tersebut boleh ditinggikan menjadi 72 m (18 lantai) dengan mengikuti persyaratan-persyaratan tertentu sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.4. Untuk lokasi dan jumlah terjadinya sendi platis dapat disimpulkan semua bangunan menghasilkan kinerja yang kurang lebih sama, karena jumlah dan lokasi sendi plastis yang terjadi relatif sama. Hal ini terjadi pada seluruh bangunan untuk semua jumlah lantai dan jumlah bentang.

6. DAFTAR REFERENSI

- Indonesia. Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung, SNI 7860:2015*. Jakarta: Author.
- Indonesia. Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2012*. Jakarta: Author.
- Riani, E.P., & Tania, A. (2018). Perbandingan Sistem Tunggal dan Sistem Ganda pada Bangunan Terbreis Eksentris Berbentuk V Terbalik dan Diagonal pada Mid Rise Building. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol. 7, No. 1.
- United States of America. Federal Emergency Management Agency. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 356*. Washington, D.C.: Author.