

PERBANDINGAN SISTEM TUNGGAL DAN SISTEM GANDA PADA BANGUNAN TERBREIS EKSENTRIS BERBENTUK V TERBALIK DAN DIAGONAL PADA *MID RISE BUILDING*

Evelin Puspa Riani¹, Avilia Tania², Effendy Tanojo³, dan Hasan Santoso⁴

ABSTRAK : Perencanaan bangunan di Indonesia wajib didesain tahan terhadap gempa karena Indonesia merupakan daerah rawan gempa. Terdapat dua sistem penahan gempa yaitu, sistem tunggal dan sistem ganda. Dalam penelitian ini, bangunan didesain menggunakan sistem ganda berupa sistem Rangka Terbreis Eksentris (RTE) dan sistem Rangka Momen Khusus (RMK) serta sistem tunggal berupa RTE. Untuk sistem ganda, bangunan harus memenuhi peraturan dalam SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1, di mana rangka pemikul momen khusus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya. Untuk sistem tunggal, terdapat batasan ketinggian dalam tabel 9 yaitu 48m, tetapi batasan tersebut diijinkan untuk ditingkatkan sampai 72m apabila memenuhi persyaratan dalam pasal 7.2.5.4. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan menggunakan *mid-rise building*, yaitu 12 dan 18 lantai, dengan dua bentuk bresing (V terbalik dan diagonal) dan dua skenario yang berbeda (skenario Sistem Tunggal dan Sistem Ganda). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bangunan skenario Sistem Tunggal lebih hemat dan menghasilkan performa yang lebih baik, khususnya pada bangunan 12 lantai. Pada bangunan 18 lantai performa bangunan skenario Sistem Tunggal lebih buruk, tetapi perbedaan tersebut tidak signifikan. Selain itu, juga didapat kesimpulan bahwa secara keseluruhan bangunan terbreis eksentris V terbalik lebih baik dibandingkan dengan bangunan terbreis diagonal.

KATA KUNCI: sistem tunggal, sistem ganda, rangka momen khusus, rangka terbreis eksentris

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari Wijaya dan Nico (2016) dimana mereka meneliti dan membandingkan performa yang dihasilkan oleh bangunan yang didesain dengan skenario sistem tunggal (RTE) dan skenario sistem ganda, baik berdasarkan proporsi kekuatan maupun proporsi kekakuan. SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 menyatakan bahwa syarat distribusi gaya lateral 25% harus dipenuhi berdasarkan proporsi kekakuan. Pernyataan tersebut juga tertera dalam SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 dan FEMA 356 (2000). Namun, pada FEMA 451 (2006) *Chapter 5.2.4.3.3 Alternative C Dual System*, dinyatakan bahwa syarat distribusi gaya lateral 25% harus dipenuhi berdasarkan proporsi kekuatan, bukan kekakuan. Oleh karena itu, Wijaya dan Nico (2016) melakukan penelitian untuk mengetahui peraturan mana yang mampu menghasilkan performa terbaik pada bangunan terbreis eksentris 6 dan 12 lantai. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa bangunan yang didesain dengan sistem tunggal (S3) memiliki berat yang lebih ringan, disusul dengan bangunan yang didesain berdasarkan proporsi kekuatan (S2) dan kemudian bangunan yang didesain berdasarkan proporsi kekakuan (S1). Selain itu,

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, elin_96@live.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, aviliatania96@gmail.com

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

mereka juga menyimpulkan bahwa S3 menghasilkan performa yang paling buruk, sedangkan performa bangunan dua skenario lainnya tidak berbeda secara signifikan. Kemudian penelitian dilanjutkan oleh Gunawan dan Kurniawan (2016) serta Mulia dan Edwin (2017). Kedua penelitian tersebut hanya membandingkan performa bangunan S1 dan S2 pada bangunan yang lebih tinggi, yaitu 12 dan 20 lantai. Hasil penelitian mereka juga menyatakan hal yang sama, di mana bangunan S2 lebih ringan dan performa bangunan yang dihasilkan tidak berbeda jauh. Selanjutnya dalam penelitian ini diteliti lebih lanjut mengenai performa bangunan dengan skenario sistem tunggal (ST) dan skenario sistem ganda berdasarkan proporsi kekakuan (SG) pada bangunan *mid-rise building* (12 dan 18 lantai). Skenario Sistem Tunggal (ST) adalah bangunan yang didesain agar sebisa mungkin gaya gempa dipikul oleh struktur RTE, sedangkan skenario Sistem Ganda (SG) adalah Penelitian dilakukan dengan membedakan desain dengan 2 skenario, dimana Skenario 1 (S1) adalah bangunan didesain dengan distribusi *base shear* SRPMK yang mencapai 25% dari total *base shear*.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Rangka Momen Khusus (RMK)

Perencanaan desain RMK menggunakan referensi SNI 1729:2015 yang mengacu pada ASCE 360-10 (2010), sedangkan untuk aplikasi bangunan baja terhadap gempa menggunakan referensi SNI 7860:2015 yang mengacu pada AISC 341-10 (2010). SNI 1729:2015 mengatur batasan-batasan yang harus dipenuhi untuk desain komponen struktur terhadap tekan, geser, dan lentur; sedangkan SNI 7860:2015 berhubungan dengan beban baja gempa.

2.2. Sistem Rangka Terbreis Eksentris (RTE)

Perencanaan sistem Rangka Terbreis Eksentris (RTE) atau *Eccentrically Braced Frame (EBF)* menganut peraturan dan pembebanan yang diisyaratkan oleh SNI 7860:2015 Bab F3 yang mengacu pada AISC 341-10 (2010). Menurut SNI 7860:2015 Pasal F3.2, 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.

2.3. Performance Based Design (PBD)

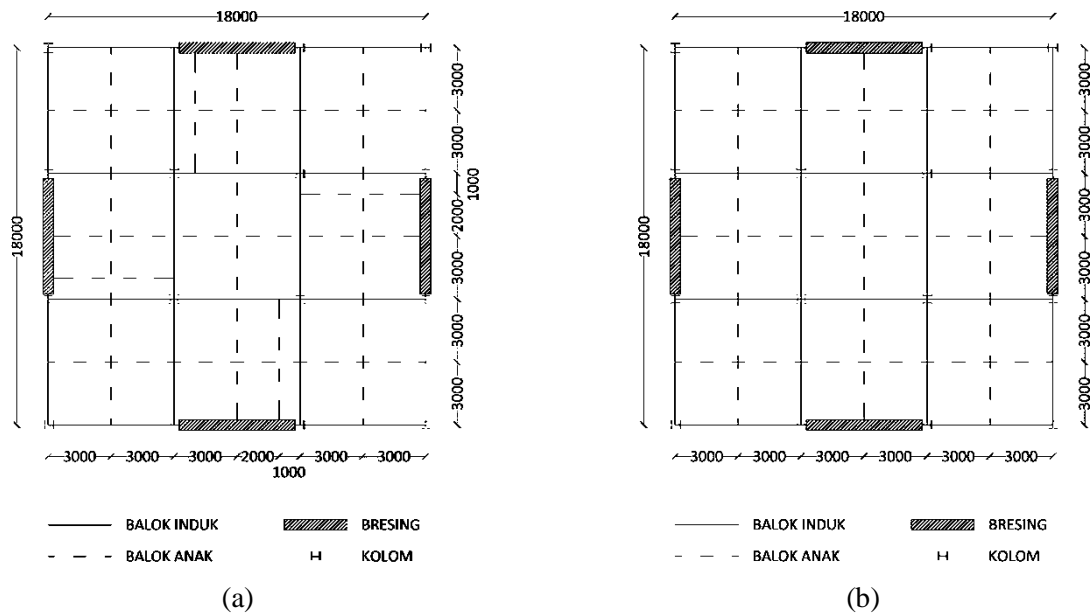
Bangunan tidak boleh didesain terhadap kekuatan saja, namun juga *performance* bangunan tersebut. Parameter yang digunakan adalah IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), dan CP (*Collapse Prevention*).

3. METODOLOGI PENELITIAN

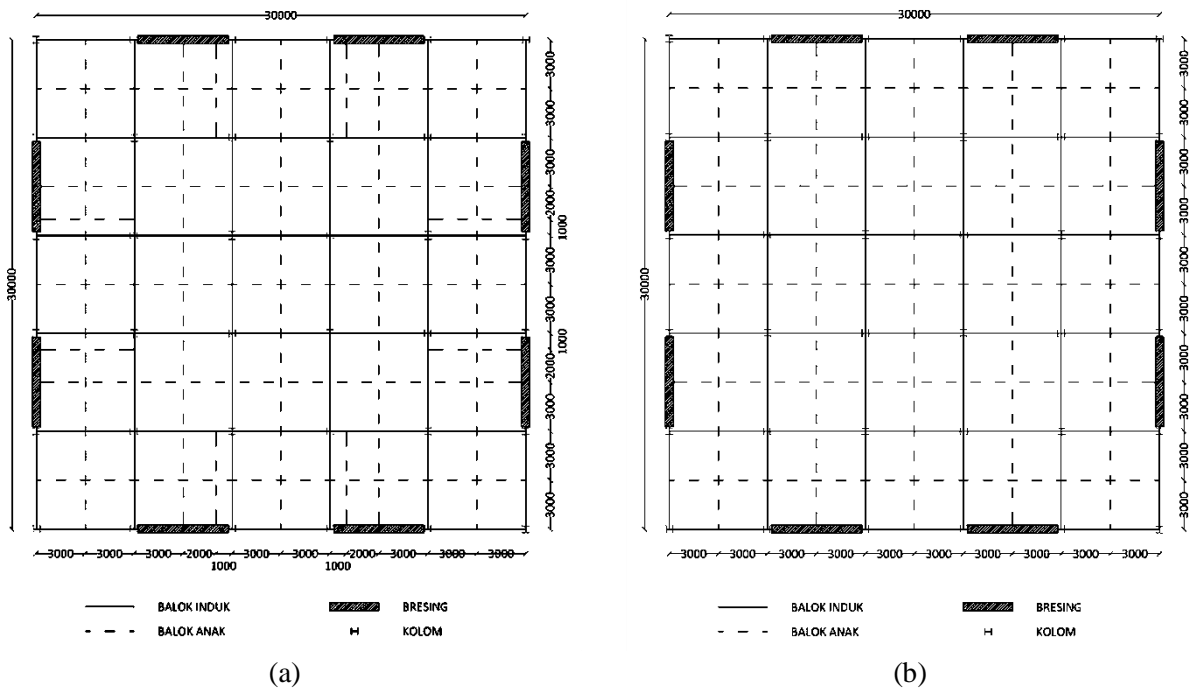
Penamaan model bangunan mengikuti dari penelitian sebelumnya dan dapat dilihat pada **Tabel 1.**, sedangkan untuk denah bangunan dapat dilihat pada **Gambar 1.** dan **Gambar 2.**

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
3	D	Bangunan terbreis eksentris berbentuk diagonal
4	V	Bangunan terbreis eksentris berbentuk V terbalik
5	ST	Skenario Sistem Tunggal (RTE)
6	SG	Skenario Sistem Ganda (RTE dan RMK)



Gambar 1. (a) Denah Bangunan 31J12-D ; (b) Denah Bangunan 31J12-V



Gambar 2. (a) Denah Bangunan 52J18-D ; (b) Denah Bangunan 52J18-V

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 v18.2.0. Digunakan dua tipe bangunan dengan dua bentuk bresing dan dua skenario yang berbeda.
2. Menentukan pembebanan struktur, baik beban mati, beban hidup, maupun beban gempa.
3. Melakukan pemeriksaan terhadap *base shear* yang terjadi. Untuk skenario Sistem Ganda (SG) apabila persentase *base shear* RMK kurang dari 25%, maka harus melakukan *redesign*.

4. Melakukan *capacity design* sesuai dengan syarat RTE dan RMK serta melakukan pemeriksaan *drift* bangunan. Apabila terdapat syarat yang tidak terpenuhi harus melakukan *redesign*.
5. Evaluasi kinerja bangunan dengan *nonlinear time history analysis*.

4. HASIL DAN ANALISIS

Setelah pemodelan pada program SAP2000, dilanjutkan dengan proses desain dimana dapat diketahui penampang profil yang digunakan, berat bangunan, distribusi gaya lateral, serta *drift ratio* bangunan.

4.1. Dimensi Penampang Profil

Dimensi profil yang digunakan memenuhi syarat *capacity design* baik dalam perencanaan RTE maupun RMK. Komponen bangunan didesain sedemikian rupa sehingga rumus interaksi yang didapat ≤ 1 . Ukuran penampang profil yang digunakan tercantum pada **Tabel 2.** dan **Tabel 3.**

Tabel 2. Profil Bangunan 31J12

Elemen	Lantai	31J12-D-ST	31J12-D-SG	31J12-V-ST	31J12-V-SG
		Penampang Profil	Penampang Profil	Penampang Profil	Penampang Profil
Kolom Eksterior (CE)	(1 - 3)	J 500.500.525	J 400.400.480	J 400.400.585	J 400.400.480
	(4 - 6)	WF 400.400.415	J 400.400.365	J 400.400.415	J 400.400.365
	(7 - 9)	WF 400.400.283	J 400.400.251	J 400.400.251	J 400.400.251
	(10 - 12)	J 300.300.156	J 300.300.156	J 300.300.156	J 300.300.156
Kolom Interior (CI)	(1 - 3)	J 300.300.163	J 500.500.586	J 300.300.156	J 500.500.586
	(4 - 6)	J 300.300.163	J 400.400.365	J 300.300.156	J 400.400.365
	(7 - 9)	J 300.300.163	J 400.400.251	J 300.300.156	J 400.400.251
	(10 - 12)	J 300.300.156	J 400.400.235	J 300.300.156	J 400.400.186
Balok Induk Eksterior (BI Ext)	(1 - 3)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)
	(4 - 6)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)
	(7 - 9)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)
	(10 - 12)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)
Balok Induk Interior (BI Int)	(1 - 3)	WF 500.200.79,5 (A36)	WF 500.200.89,7 (A36)	WF 500.200.79,5 (A36)	WF 500.200.89,7 (A36)
	(4 - 6)	WF 500.200.79,5 (A36)	WF 500.200.79,5 (A36)	WF 500.200.79,5 (A36)	WF 500.200.79,5 (A36)
	(7 - 9)	WF 500.200.79,5 (A36)	WF 400.200.66 (A36)	WF 500.200.79,5 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)
	(10 - 12)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)
Balok Anak (BA)	(1 - 12)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)
Balok Link (L)	(1 - 3)	WF 500.200.89,7	WF 450.200.76	WF 500.200.89,7	WF 450.200.76
	(4 - 6)	WF 450.200.76	WF 450.200.76	WF 450.200.76	WF 450.200.76
	(7 - 9)	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66
	(10 - 12)	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66

Tabel 2. (Lanjutan) Profil Bangunan 31J12

		31J12-D-ST	31J12-D-SG	31J12-V-ST	31J12-V-SG
Elemen	Lantai	Penampang Profil	Penampang Profil	Penampang Profil	Penampang Profil
Bresing (B)	(1 - 3)	J 300.300.156	J 300.300.156	J 300.300.126	J 300.300.126
	(4 - 6)	J 300.300.141	J 300.300.156	WF 300.300.106	J 300.300.112
	(7 - 9)	J 300.300.141	J 300.300.141	WF 300.300.106	WF 300.300.106
	(10 - 12)	WF 300.300.106	J 300.300.141	WF 300.300.106	WF 300.300.106

Tabel 3. Profil Bangunan 52J18

		52J18-D-ST	52J18-D-SG	52J18-V-ST	52J18-V-SG
Elemen	Lantai	Penampang Profil	Penampang Profil	Penampang Profil	Penampang Profil
Kolom Eksterior (CE)	(1 - 3)	J 500.500.858	J 700.500.993	J 500.500.858	J 700.500.993
	(4 - 6)	J 500.500.747	J 500.500.762	J 500.500.747	J 500.500.762
	(7 - 9)	J 500.500.563	J 500.500.548	J 500.500.563	J 500.500.525
	(10 - 12)	WF 400.400.415	J 400.400.415	WF 400.400.415	J 400.400.365
	(13 - 15)	WF 400.400.283	J 400.400.251	WF 400.400.283	J 400.400.235
	(16 - 18)	J 300.300.163	J 300.300.163	J 300.300.163	J 300.300.163
Kolom Interior (CI)	(1 - 3)	J 400.400.251	J 500.500.608	J 400.400.251	J 500.500.525
	(4 - 6)	J 400.400.235	J 400.400.448	J 400.400.235	WF 400.400.415
	(7 - 9)	J 400.400.235	J 400.400.365	J 400.400.235	WF 400.400.415
	(10 - 12)	J 300.300.184	J 400.400.315	J 300.300.184	J 400.400.315
	(13 - 15)	J 300.300.184	J 400.400.315	J 300.300.184	J 400.400.315
	(16 - 18)	J 300.300.163	J 400.400.235	J 300.300.163	J 400.400.235
Balok Induk Eksterior (BI Ext)	(1 - 3)	WF 500.200.103 (A36)	W 18,8,75.114,6 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	W 18,8,75.114,6 (A36)
	(4 - 6)	WF 500.200.103 (A36)	W 18,8,75.114,6 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	W 18,8,75.114,6 (A36)
	(7 - 9)	WF 500.200.103 (A36)	W 18,8,75.114,6 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	W 18,8,75.114,6 (A36)
	(10 - 12)	WF 500.200.103 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	WF 500.200.103 (A36)
	(13 - 15)	WF 500.200.89,7 (A36)	WF 500.200.79,5 (A36)	WF 500.200.89,7 (A36)	WF 500.200.89,7 (A36)
	(16 - 18)	WF 400.200.66 (A36)	WF 400.200.66 (A36)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)
Balok Induk Interior Luar (BI Int - L)	(1 - 3)	WF 500.300.128 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	WF 500.300.128 (A36)	WF 500.200.103 (A36)
	(4 - 6)	WF 500.300.128 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	WF 500.300.128 (A36)	WF 500.200.103 (A36)
	(7 - 9)	WF 500.300.128 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	WF 500.300.128 (A36)	WF 500.200.103 (A36)
	(10 - 12)	W 18,8,75.114,6 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	W 18,8,75.114,6 (A36)	WF 500.200.89,7 (A36)
	(13 - 15)	W 18,8,75.114,6 (A36)	WF 500.200.79,5 (A36)	W 18,8,75.114,6 (A36)	WF 500.200.79,5 (A36)
	(16 - 18)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)	WF 400.200.66 (A36)	WF 300.200.65,4 (A36)
Balok Induk Interior Dalam (BI Int - D)	(1 - 3)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 500.200.103 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 450.200.76 (A36)
	(4 - 6)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)
	(7 - 9)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)

Tabel 3. (Lanjutan) Profil Bangunan 52J18

Elemen	Lantai	52J18-D-ST	52J18-D-SG	52J18-V-ST	52J18-V-SG
		Penampang Profil	Penampang Profil	Penampang Profil	Penampang Profil
Balok Induk Interior Dalam (BI Int - D)	(10 - 12)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)
	(13 - 15)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)
	(16 - 18)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)
Balok Anak (BA)	(1 - 18)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)	WF 300.200.56,8 (A36)
Balok Link (L)	(1 - 3)	WF 600.300.151	WF 500.300.128	WF 600.300.151	WF 500.200.89,7
	(4 - 6)	WF 500.200.89,7	WF 500.300.128	WF 500.200.89,7	WF 500.200.89,7
	(7 - 9)	WF 450.200.76	WF 450.200.76	WF 450.200.76	WF 450.200.76
	(10 - 12)	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66
	(13 - 15)	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66
	(16 - 18)	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66	WF 400.200.66
Bresing (B)	(1 - 3)	J 300.300.156	J 300.300.156	J 300.300.156	J 300.300.112
	(4 - 6)	J 300.300.141	J 300.300.156	J 300.300.141	J 300.300.112
	(7 - 9)	J 300.300.141	J 300.300.156	J 300.300.141	WF 300.300.106
	(10 - 12)	J 300.300.126	J 300.300.156	J 300.300.126	WF 300.300.106
	(13 - 15)	J 300.300.112	J 300.300.156	J 300.300.112	WF 300.300.106
	(16 - 18)	WF 300.300.106	J 300.300.126	WF 300.300.106	WF 300.300.106

4.2. Distribusi Gaya Lateral

Hasil distribusi gaya lateral yang diterima oleh RMK dan RTE dapat dilihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Persentase Gaya Lateral pada Bangunan

Bangunan	V Terbalik				Diagonal			
	31J12		52J18		31J12		52J18	
	ST	SG	ST	SG	ST	SG	ST	SG
%RMK	10.51%	25.28%	18.32%	25.24%	10.75%	25.31%	16.23%	25.22%
%RTE	89.49%	74.72%	81.68%	74.76%	89.25%	74.69%	83.77%	74.78%

4.3. Berat Baja yang Digunakan

Berat baja yang dibutuhkan setiap bangunan sesuai dengan hasil akhir perhitungan pada *capacity design* dapat dilihat pada **Tabel 5.**

Tabel 5. Berat Baja yang Digunakan pada Bangunan

Bangunan	V Terbalik				Diagonal			
	31J12		52J18		31J12		52J18	
	ST	SG	ST	SG	ST	SG	ST	SG
W (kN)	34771.2	34924.3	130379.8	132335.6	34848.0	35044.0	131154.7	133460.4
W (ton)	3544.46	3560.07	13290.50	13489.87	3552.29	3572.27	13369.49	13604.53

4.4. Displacement dan Drift Ratio

Hasil dari *displacement* dan *drift ratio* dapat dilihat pada **Tabel 6.** dan **Tabel 7.**

Tabel 6. Simpangan (*Displacement*) Maksimum Gempa Periode Ulang 2500 Tahun

Bresing	Bangunan	Skenario	<i>Displacement</i> (mm)
V Terbalik	31J12	ST	285.648
		SG	344.877
	52J18	ST	624.406
		SG	624.232
Diagonal	31J12	ST	309.164
		SG	391.011
	52J18	ST	639.024
		SG	620.008

Tabel 7. *Drift Ratio* Maksimum Gempa Periode Ulang 2500 Tahun

Bresing	Bangunan	Skenario	<i>Drift Ratio</i>
V Terbalik	31J12	ST	0.999
		SG	1.097
	52J18	ST	1.373
		SG	1.288
Diagonal	31J12	ST	1.105
		SG	1.218
	52J18	ST	1.358
		SG	1.242

4.5. Building Performance

Performa bangunan dinilai melalui hasil *drift ratio* yang dibandingkan dengan FEMA 356 (2000). Berikut merupakan kategori kerusakan menurut FEMA 356 (2000) seperti tertera pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Klasifikasi Kerusakan Bangunan berdasarkan FEMA 356

Bresing	Bangunan	Skenario	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Collapse Prevention</i>	<i>Unacceptable</i>
Diagonal	31J12	ST	-	0.99933	-	-
		SG	-	1.09685	-	-
	52J18	ST	-	1.35833	-	-
		SG	-	1.24168	-	-
V Terbalik	31J12	ST	-	1.10510	-	-
		SG	-	1.21760	-	-
	52J18	ST	-	1.37310	-	-
		SG	-	1.28758	-	-
<i>Max Drift Ratio (%)</i>			< 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 2.0	> 2.0

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa bangunan yang didesain dengan skenario Sistem Tunggal (ST) memiliki berat bangunan yang lebih ringan dibandingkan dengan bangunan skenario Sistem Ganda (SG). Secara keseluruhan, bangunan ST menghasilkan performa bangunan yang lebih baik apabila ditinjau dari *drift ratio* dan *displacement* maksimum yang terjadi, khususnya pada bangunan 12 lantai. Pada bangunan 18 lantai, memang bangunan ST menghasilkan *drift ratio* dan *displacement* maksimum yang lebih buruk, tetapi perbedaan tersebut tidak signifikan. Jadi, bangunan ST secara keseluruhan masih lebih unggul apabila ditinjau dari dua aspek tersebut. Namun, bangunan ST mengalami sendi plastis yang lebih parah dibandingkan dengan bangunan SG, khususnya pada

elemen kolom. Selain itu, juga diperoleh kesimpulan bahwa secara keseluruhan bangunan terbreis V terbalik lebih baik dibandingkan dengan bangunan terbreis diagonal, baik dilihat dari berat bangunan, *drift ratio* dan *displacement* maksimum yang terjadi, dan lokasi terjadinya sendi plastis.

6. DAFTAR REFERENSI

- Edwin, S. dan Mulia, H. S. (2017). *Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan Kekakuan dan Kekuatan Sistem Ganda SRPMK dan SRBE Bentuk Diagonal Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.1* (TA No. 11012148/SIP/2017). Unpublished Undergraduate Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Gunawan, K. dan Kurniawan, J. (2016). *Penelitian Mengenai SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.1 tentang Distribusi Gaya Lateral terhadap Kekakuan dan Kekuatan pada Struktur Baja Sistem Rangka Bresing Eksentris* (TA No. 11012130/SIP/2016). Unpublished Undergraduate Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Indonesia. Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013*. Jakarta: Author.
- Indonesia. Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung, SNI 7860:2015*. Jakarta: Author.
- Indonesia. Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2015*. Jakarta: Author.
- Indonesia. Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2012*. Jakarta: Author.
- Indonesia. Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1729-2002*. Jakarta: Author.
- United States of America. Federal Emergency Management Agency. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 356*. Washington, D.C.: Author.
- United States of America. Federal Emergency Management Agency. (2006). *NEHRP Recommended Provisions: Design Examples, FEMA 451*. Washington, D.C.: Author.
- Wijaya, B.T. dan Nico. (2016). *Penelitian Mengenai SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.1 Tentang Distribusi Gaya Lateral Terhadap Kekakuan, Kekuatan, dan Pengecekan Terhadap Sistem Tunggal* (TA No. 11012088/SIP/2016). Unpublished Undergraduate Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.