

ANALISIS PERILAKU DAN KINERJA STRUKTUR RANGKA BRESING EKSENTRIS V-TERBALIK DENGAN L/H BERVARIASI

A.A. Ngurah Agung Angga Pradhana¹, Made Sukrawa², Ida Bagus Dharma Giri²

¹Alumni Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar

²Dosen Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar

E-mail: angga.pradhana@gmail.com

Abstrak: Penelitian tentang perilaku dan kinerja struktur rangka bresing eksentris (SRBE) V-terbalik dengan L/H bervariasi dilakukan dengan memodel struktur gedung 10 lantai dalam SAP2000. Model dibuat dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dengan sambungan kaku, model SRBE dengan L/H bervariasi dari 1,25, 1,50, dan 1,75 dengan sambungan sederhana, dan model SRBE dengan sambungan kaku. Kelima model struktur dibebani dan dirancang berdasarkan pedoman perencanaan SNI Baja 03-1729-2002. Setelah model struktur memenuhi ketentuan SNI terhadap kekakuan dan kekuatan, kemudian dilakukan analisis *pushover* untuk mendapatkan kinerja dari model struktur. Perhatian khusus ditujukan pada SRBE untuk mengetahui pengaruh variasi L/H terhadap perilaku dan kinerja struktur. Dari penelitian ini didapatkan struktur SRBE L/H=1,75 memiliki kekakuan dan gaya geser dasar maksimal yang paling besar dibandingkan dengan struktur lainnya. Hal tersebut menunjukkan peningkatan L/H pada SRBE tipe V-terbalik, terbukti dapat meningkatkan kekakuan struktur, namun dilihat dari mekanisme terjadinya sendi plastis, SRBE L/H=1,75 tidak menunjukkan mekanisme keruntuhan yang baik, karena terjadi sendi plastis pada kolom lantai dasar bagian atas. SRBE L/H=1,75 juga memiliki berat total struktur 11,34% lebih besar dibandingkan SRPM, sehingga menjadi kekurangan struktur tersebut. Penggunaan sambungan kaku pada struktur dapat meningkatkan kekakuan struktur, namun peningkatan kekakuan struktur tidak signifikan.

Kata kunci: rangka baja, rangka bresing, kekakuan, kinerja, analisis *pushover*.

BEHAVIOR AND PERFORMANCE ANALYSIS OF INVERTED-V ECCENTRICALLY BRACED FRAMES WITH VARIATION OF L/H

Abstract: Research of behavior and performance of inverted V eccentrically braced frame (EBF) with variation of L/H was conducted with modeling 10-storey building in SAP2000. Model structures were designed by special moment frame with rigid connection, a model of EBF with L / H varies from 1.25, 1.50, and 1.75 with flexible connection, and a model of EBF with rigid connections. All models of the structure are loaded and designed in accordance with guidelines SNI 03-1729-2002. Once the model fulfill the SNI criteria of stiffness and strength, then perform pushover analysis was conducted to obtain the performance of the model. Special attention is aimed to EBF to determine the effect of variations of L/H on the behavior and performance of the structure. From this study, EBF L/H = 1.75 has stiffness and maximum base shear force is larger than other structures. This shows an increase in the L / H on inverted V EBF, shown to increase stiffness of the structure, but from plastic hinge mechanism, EBF L/H = 1.75 does not show a good collapse mechanism, which occurs plastic hinge in the upper joint on lowest column. EBF L/H = 1.75 also has a 11.34% greater of total weight than SMF, so that the structure becomes deficient. The use of rigid connections on the structure can increase the structural rigidity, but there is not significant increase in the stiffness of the structure.

Keywords: steel frame, braced frame, rigidity, performance level, pushover analysis

PENDAHULUAN

Salah satu bentuk struktur yang mampu menahan gaya lateral akibat gempa pada gedung tinggi, adalah penambahan pengaku lateral (*bracing*) pada elemen struktur rangka. Sistem struktur seperti ini sering disebut dengan Sistem Rangka Bresing (SRB), konfigurasi umum yang digunakan untuk sistem tersebut, yaitu Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK), dan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE). SRBE telah dikenal memiliki kelebihan dibandingkan dengan SRBK. SRBE memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan SRBK, dikarenakan peran bresing sebagai pengaku dan *link* yang daktail sebagai penyerap energi gempa yang efektif, secara bersama-sama meningkatkan kemampuan SRBE sebagai struktur baja tahan gempa.

Penelitian tentang analisis *pushover* SRBE v-terbalik dengan panjang *link* bervariasi menunjukkan bahwa di antara struktur SRBE dan SRBK, struktur SRBE dengan *link* sepanjang 0,3 m memiliki kinerja yang paling baik (Dwitama, 2013). Sedangkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Moestopo, et al. (2009) menunjukkan bahwa pada SRBE dengan panjang *link* yang sama, peningkatan kekuatan dan kekakuan SRBE akan diperoleh sejalan dengan peningkatan rasio L/H, yang artinya bahwa plastisifikasi atau kelelahan *link* akan terjadi pada tingkat pembebanan lateral yang lebih tinggi untuk struktur yang tidak langsing (L/H yang besar).

Namun, perlu dicermati juga perilaku dan kinerja struktur dalam menerima beban gempa, Karena belum tentu memenuhi kinerja struktur yang diharapkan. Maka dari itu perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai kinerja Struktur Bresing Eksentrik dengan panjang *link* tetap dan berbagai ukuran panjang bentang (L) dengan tinggi (H), sebagai pembanding dimodelkan juga Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM).

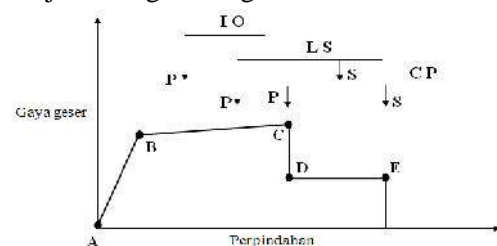
Dalam studi ini, dikaji perilaku dan kinerja dari SRBE pada gedung fiktif dengan kelas situs D. Gedung dimodel dengan ketinggian 10 lantai, dengan tinggi antar lantainya (H) sebesar 4 m, dengan panjang balok yang divariasikan dan panjang *link* tetap dengan tipe sambungan sederhana (*flexible*). Sebagai pembanding, dimodelkan juga Struktur Rangka Pemikul

Momen Khusus (SRPMK) dan SRBE dengan tipe sambungan kaku (*rigid*).

MATERI DAN METODE

Perilaku keruntuhan struktur akibat beban lateral dapat diketahui melalui analisis statik *pushover* dengan memberikan suatu pola beban lateral sesuai moda struktur, yang kemudian secara bertahap beban lateral ditingkatkan sampai target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai. Dari analisis ini dihasilkan kurva *pushover*, yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar (V) dan perpindahan titik acuan (D). Sebelum analisis *pushover* dilakukan kelima struktur dimodel, dibebani, dan dianalisis untuk memenuhi semua kriteria perencanaan menurut SNI baja 2002 (DPU, 2002). Dimensi elemen struktur ditetapkan sedemikian rupa sehingga memenuhi ketentuan rasio tegangan maksimum kurang dari 1. Dengan demikian diperoleh lima model struktur yang sebanding untuk dibandingkan kinerjanya melalui analisis statik *pushover*. Untuk memperoleh kinerja struktur yang lebih baik maka dilakukan penyesuaian dimensi beberapa elemen struktur agar kelelahan pertama kali terjadi pada elemen link pada SRBE.

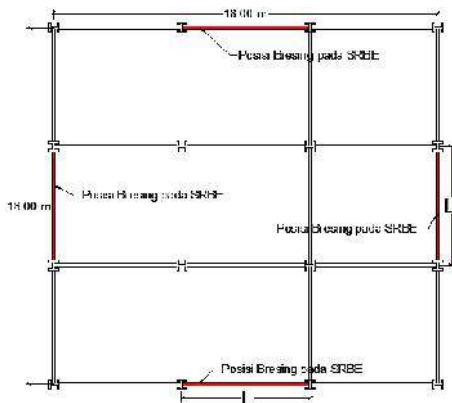
Menurut FEMA 273 (1997), kinerja struktur (*primary*, P dan *secondary*, S) dapat dijelaskan dengan Gambar 1. Level kinerja (*performance level*) dibedakan atas *Immediate Occupancy (IO)* atau segera dapat dihuni, *Life Safety (LS)* atau keselamatan jiwa, dan *Collapse Prevention (CP)* atau pencegahan keruntuhan. Lima (5) titik acuan pada Gambar 1 meliputi titik awal atau *origin point (A)*, titik leleh atau *yield point (B)*, runtuh atau *collapse (C)*, titik residu atau *residual point (D)*, dan titik gagal atau *failure point (E)*, yang selanjutnya digunakan dalam mengevaluasi kinerja masing-masing struktur.



Gambar 1 Kinerja struktur terhadap gaya geser dan Perpindahan
Sumber: FEMA (2000)

Penentuan sendi plastis pada masing-masing elemen struktur pada SAP2000 merujuk pada Tabel 5-6 FEMA 356 (FEMA, 2000). Dalam hal ini, elemen kolom menggunakan tipe sendi *default-PMM* untuk hubungan gaya aksial dengan momen. Untuk elemen balok menggunakan tipe sendi *default-M3* dan *default-V2* karena balok efektif menahan momen dalam arah sumbu kuat (sumbu-3), dan efektif menahan gaya geser pada sumbu 2. Perilaku nonlinier elemen bresing dimodel dengan anggapan sendi platis terjadi di tengah-tengah bentang. Penentuan sendi plastis pada balok link dilakukan secara manual berdasarkan Tabel 5-6 FEMA 356 (FEMA, 2000).

Obyek analisis dalam penelitian ini adalah struktur rangka baja beraturan 10 lantai dengan detil seperti Gambar 2 dengan model Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dengan sambungan kaku, model SRBE dengan L/H bervariasi dari 1,25, 1,50, dan 1,75 dengan sambungan sederhana, dan model SRBE dengan sambungan kaku.



Gambar 2. Denah struktur

Panjang *link* yang digunakan 0,3 m untuk SRBE, tinggi antar lantai 4 m dengan tinggi total 40 m. Pada model SRPM hubungan balok kolom dirancang sebagai sambungan kaku, sedangkan pada model rangka bresing, tiga model dirancang dengan sambungan sederhana, dan satu model dengan sambungan kaku. Komponen struktur kolom dan balok menggunakan baja WF dengan f_y 250 MPa, f_u 410 MPa, dan E 200.000 MPa

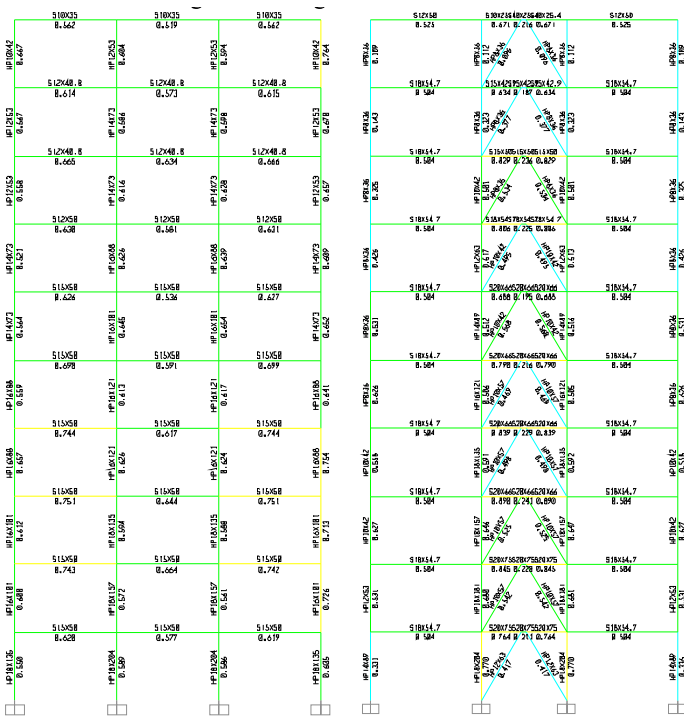
Beban yang bekerja pada struktur meliputi berat sendiri struktur dihitung otomatis dengan program SAP2000, beban mati tambahan sebesar 121 kg/m² pada atap, dan 145 kg/m² pada lantai, serta beban hidup sebesar 100 kg/m² pada atap dan 250 kg/m² pada lantai. Beban gempa direncanakan menggunakan metode statik ekuivalen mengacu pada SNI 03-1729-2012 sesuai daerah Denpasar dengan jenis tanah sedang (kelas situs D).

HASIL DAN PEMBAHASAN

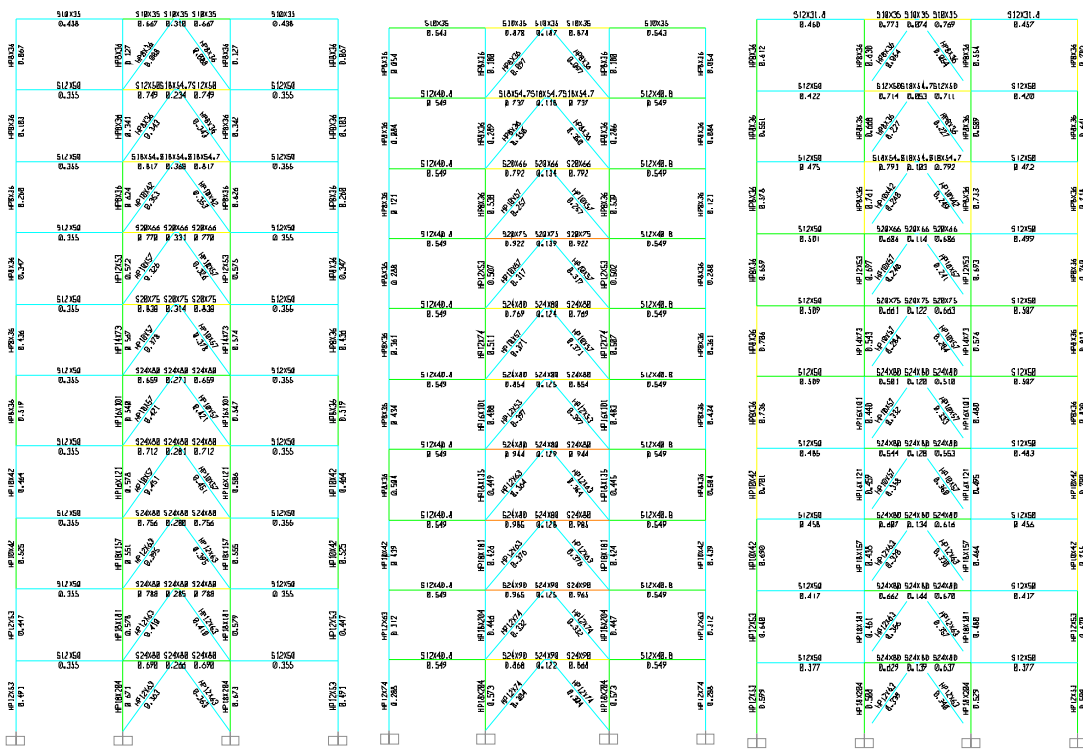
Analisis struktur baja bangunan bertingkat dari gedung 10 lantai, bangunan bertingkat struktur baja ini dimodel sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPM), dan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE), SRPM dimodel dengan menggunakan tipe sambungan kaku (*rigid*), 3 model SRBE dengan tipe sambungan sederhana (*flexible*), dan 1 model SRBE dengan tipe sambungan kaku. didapatkan dimensi struktur sebagai berikut.

Tabel 1. Beban gempa per-lantai pada model struktur

Elevasi (m)	Wx (Kg)	w_x, h_x^k	Cvx (Kg)
0	0	0	0
4	164592	931072,95	1731
8	164592	2214477,16	4116
12	164592	3676082,76	6833
16	164592	5266944,00	9791
20	164592	6961394,04	12940
24	164592	8743247,55	16252
28	164592	10601230,12	19706
32	164592	12526974,56	23286
36	164592	14513990,97	26979
40	126684	12743735,73	23689
Jumlah	1.608.012	78179149,83	145324,08



Gambar 3. *Stress ratio* struktur 10 lantai dengan SRPM, dan SRBE L/H=1,25



Gambar 4. *Stress ratio* struktur 10 lantai dengan SRBE L/H=1,50, SRBE L/H=1,75, dan SRBE RIGID

Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan *stressratio* (SR) hasil disain profil SRPM, dan SRBE yang sudah memenuhi persyaratan kekuatan struktur yaitu dengan nilai $SR \leq 1,00$. Perhatian khusus diberikan pada model SRPM, SRBE L/

H=1,50 dengan sambungan sederhana dan SRBE dengan sambungan kaku, untuk mendapatkan perilaku struktur akibat penambahan bresing dan penggunaan jenis sambungan pada model struktur, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 SR rata-rata model struktur pada portal tepi

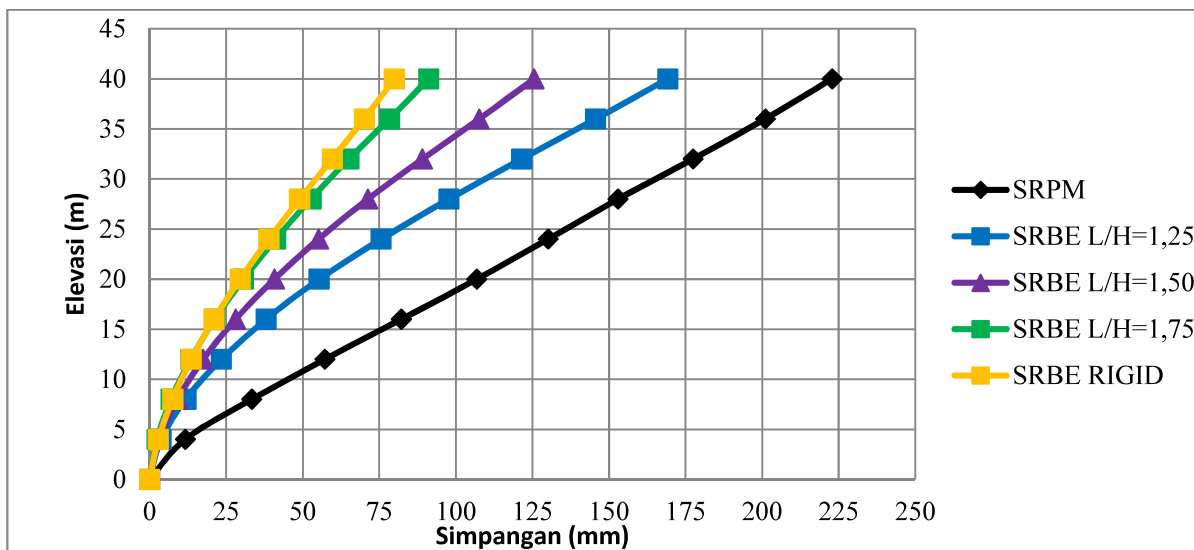
Elemen Struktur	Model	Jenis Sambungan	SR
Kolom	SRPM	Rigid	0,621
	SRBE RIGID	Rigid	0,556
	SRBE L/H=1,50	Fleksibel	0,561
Balok	SRPM	Rigid	0,602
	SRBE RIGID	Rigid	0,646
	SRBE L/H=1,50	Fleksibel	0,753
Bresing	SRPM	Rigid	-
	SRBE RIGID	Rigid	0,302
	SRBE L/H=1,50	Fleksibel	0,382

Tabel 2 menunjukkan SR rata-rata pada portal tepi yang ada bresingnya dari tiga buah model struktur, dua model struktur yang lain tidak ditinjau karena adanya perbedaan bentang balok dan jenis profil yang digunakan. Pada Tabel 2 terlihat SRBE dengan sambungan kaku (rigid) memiliki SR rata-rata yang lebih kecil pada semua elemen struktur jika dibandingkan dengan SRBE dengan sambungan sederhana (fleksibel). Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sambungan kaku memiliki kekuatan lebih besar dibandingkan dengan penggunaan sambungan sederhana jika ditinjau dari SR model struktur.

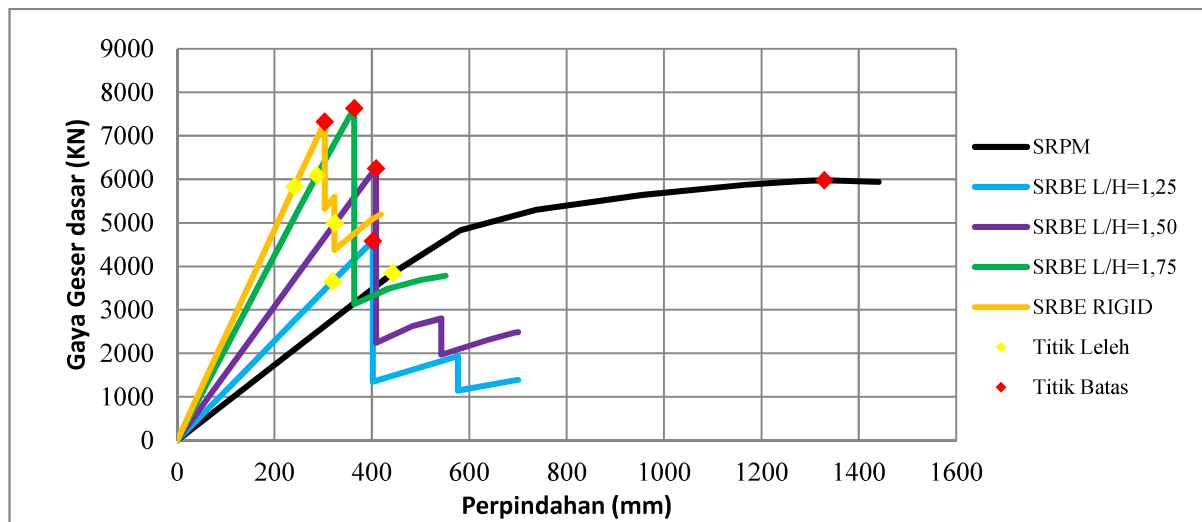
Gambar 5 menunjukkan SRPM memiliki simpangan yang lebih besar dibandingkan SRBE, yang disebabkan oleh efek penambahan bresing pada struktur SRBE, sehingga menghasilkan kekakuan yang lebih besar. SRBE L/H=1,75 memiliki simpangan struktur terkecil dibandingkan dengan SRBE L/H=1,50 dan SRBE

L/H=1,25. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan rasio L/H pada SRBE V-terbalik dapat meningkatkan kekakuan struktur. Gambar 5 juga menunjukkan bahwa SRBE dengan tipe sambungan kaku (rigid) memiliki simpangan yang lebih kecil dibandingkan dengan SRBE tipe sambungan sendi (fleksibel). Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sambungan kaku pada struktur dapat meningkatkan kekakuan struktur, tetapi dari Gambar 5 terlihat peningkatan kekakuan struktur tidak signifikan.

Dari Gambar 6 terlihat perbedaan kurva *pushover* dari kelima model yang ditinjau beserta titik leleh dan titik batas masing-masing model. Titik leleh merupakan kondisi saat struktur mengalami kelelahan pertama kali, sedangkan titik batas merupakan kondisi saat struktur mencapai gaya geser dasar maksimalnya. Kurva *pushover* untuk SRPM memiliki kekakuan yang terkecil dibandingkan dengan yang lain, dan SRBE L/



Gambar 5. Simpangan per lantai masing-masing model



Gambar 6 Kurva *pushover* kelima model struktur

H=1,75 memiliki gaya geser dasar maksimal yang lebih besar dalam menahan beban gempa dibandingkan dengan model lain. Besarnya gaya geser dasar ultimate dan perpindahannya pada kurva *pushover* model SRPM adalah 5975,72 KN dan 1328 mm, model SRBE L/H=1,25 adalah 4583,39 KN dan 401,82 mm, model SRBE L/H=1,50 adalah 6248,06 KN dan 408,49 mm, model SRBE L/H=1,75 adalah 7631,11 KN dan 363,77 mm, dan model SRBE RIGID adalah 7323,286 KN dan 303,044 mm. Gambar 6 juga menunjukkan bahwa penggunaan sambungan kaku tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap gaya geser dasar dan perpindahan pada kurva kapasitas *pushover* dibandingkan struktur dengan sambungan sederhana.

Dua metode yang digunakan untuk menentukan target perpindahan yaitu metode koefisien perpindahan (FEMA 356) dan metode *capacity spectrum* (ATC 40). Metode koefisien perpindahan (FEMA 356) dimulai dengan menentukan faktor koefisien C_0 , C_1 , C_2 , dan C_3 dari Tabel FEMA 356. Nilai target perpindahan t , juga tergantung dari akselerasi respons spectrum (S_a), waktu getar alami efektif (T_e) dan gravitasi (g) sesuai persamaan berikut.

$$d_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2p} \right)^2 g \tag{1}$$

Performance point juga dapat ditentukan dengan metode *capacity spectrum* ATC 40 yang sudah *built-in* pada program SAP 2000. *Performance point* diperoleh dengan mengkonversi kurva kapasitas dan kurva *demand respons spectrum* ke dalam format ADRS (*acceleration displacement response spectrum*). Nilai C_a (percepatan puncak muka tanah) dan C_v (Faktor respon gempa pada spektrum respon gempa rencana) digunakan 0,32 dan 0,5 sesuai dengan SNI 03-1726-2002.

Struktur dievaluasi pada kondisi ketika target perpindahan tercapai. Kriteria evaluasi kinerja didasarkan pada gaya dan deformasi yang terjadi. Level kinerja bangunan terhadap gempa mengacu pada perilaku kurva *pushover* (Gambar 6) yang diidealisasi adalah titik pada kurva sebagai berikut :A: *Origin Point* (titik awal), B: *Yield Point* (titik leleh), IO: *Immediate Occupancy* (penggunaan sedang), LS: *Life Safety* (aman untuk dihuni), CP: *Collapse Prevention* (pencegahan keruntuhan), C: *Ultimate*

Tabel 3 Nilai parameter target perpindahan

Metode	Parameter	SRPM	SRBE L/H=1,25	SRBE L/H=1,50	SRBE L/H=1,75	SRBE RIGID
FEMA 356	t (mm)	552,65	439,48	399,69	345,00	317,56
	Vt (KN)	4622,31	1472,26	6130,68	7255,62	5.523,34
ATC-40	t (mm)	440,396	289,822	251,374	217,069	256,953
	Vt (KN)	3822,139	3313,236	3873,575	4608,183	6218,21

Point (titik batas), D: *Residual Point* (titik sisa), dan E: *Failure Point* (titik keruntuhan).

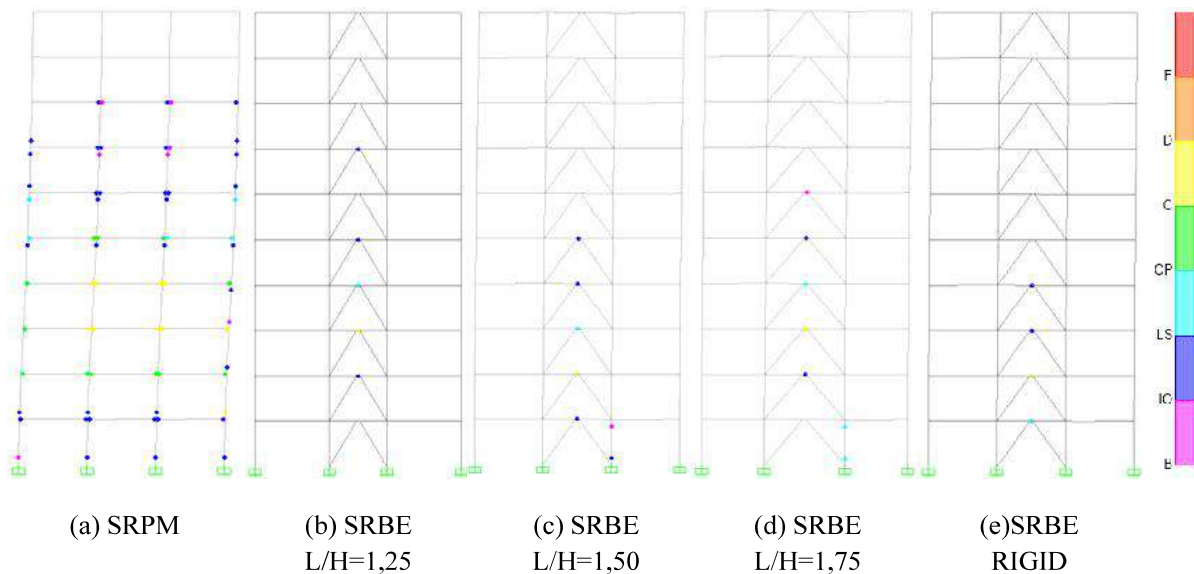
Pada model SRPM, kelelahan pertama kali terjadi pada balok lantai 3 step 3, dengan gaya geser dasar dan perpindahan yang terjadi sebesar 3841,118 KN dan 442,583 mm. Pada kondisi batas, sebagian besar elemen struktur balok telah mencapai level kinerja CP (pencegahan keruntuhan). Sedangkan elemen kolom, sebagian besar telah mencapai level kinerja IO (penggunaan sedang) dengan gaya geser dasar dan perpindahan yang terjadi sebesar 5975,725 KN dan 1328,93 mm. Dari penyebaran sendi plastis pada elemen struktur, terlihat pola keruntuhan model SRPM sesuai dengan konsep balok lemah kolom kuat, karena sendi-sendi plastis terbentuk pada balok-balok dari struktur bangunan, akibat penggunaan kolom-kolom yang kuat.

Pada model SRBE L/H=1,25 kondisi leleh pertama kali terjadi pada elemen *link* lantai 3 step 5 dengan gaya geser dasar dan perpindahan yang terjadi sebesar 3652,616 KN dan 319,509 mm. Pada kondisi batas, elemen *link* lantai 3 telah mencapai level kinerja D (titik sisa) sedangkan elemen struktur balok dan kolom belum terjadi sendi plastis sama sekali dengan gaya geser dasar dan perpindahan yang terjadi sebesar 4583,388 KN dan 401,817 mm. Dari penyebaran sendi plastis pada elemen struktur, terlihat pola keruntuhan model SRBE L/H=1,25 sesuai dengan pola perilaku keruntuhan untuk struktur SRBE, dan diharapkan kerusakan pertama terjadi pada

elemen *link*, untuk menjaga agar tidak terjadinya kegagalan pada elemen bresing, balok, maupun kolom. Dengan rusaknya link akibat beban gempa ini, penggunaan struktur SRBE menjadi lebih ekonomis, karena apabila link yang telah rusak dapat diganti tanpa mengganti komponen struktur lainnya (balok, kolom, bresing) yang masih tetap elastik memikul beban gravitasi.

Pada SRBE L/H=1,50 kondisi leleh pertama kali terjadi pada elemen *link* lantai 2 step dengan gaya geser dasar dan perpindahan yang terjadi sebesar 4987,957 KN dan 323,691 mm. Pada kondisi batas, elemen *link* lantai 2 telah mencapai level kinerja D (titik sisa), sedangkan elemen struktur balok belum terjadi sendi plastis sama sekali. Pada kolom lantai 1 elemen struktur telah mencapai level kinerja IO (penggunaan sedang) pada bagian dasar, dan level kinerja B (titik leleh), sehingga hal ini tidak sesuai dengan pola perilaku keruntuhan yang diharapkan untuk struktur SRBE, dengan gaya geser dasar dan perpindahan maksimal yang terjadi sebesar 6248,064 KN dan 408,485mm.

Pada SRBE L/H=1,75 kondisi leleh pertama kali terjadi pada elemen link lantai 3 step 5 dengan gaya geser dasar dan perpindahan yang terjadi sebesar 6089,765 KN dan 286,859 mm. Pada kondisi batas, elemen *link* lantai 3 telah mencapai level kinerja D (titik sisa), sedangkan elemen struktur balok belum terjadi sendi plastis sama sekali. Pada kolom lantai 1 elemen struktur telah mencapai level kinerja LS (aman untuk



Gambar 7. Sendi Plastis pada kondisi batas masing-masing model struktur

dihuni), sehingga hal ini tidak sesuai dengan pola perilaku keruntuhan yang diharapkan untuk struktur SRBE, dengan gaya geser dasar dan perpindahan yang terjadi sebesar 7631,114 KN dan 363,771 mm.

Model SRBE RIGID menunjukkan kinerja struktur telah mencapai E (titik keruntuhan), dengan kondisi leleh pertama kali terjadi pada elemen link lantai 2 step dengan gaya geser dasar dan perpindahan yang terjadi sebesar 5836,042 KN dan 241,013 mm. Pada kondisi batas, elemen link lantai 2 telah mencapai level kinerja D (titik sisa), sedangkan elemen struktur balok kolom, dan bresing belum terjadi sendi plastis sama sekali. Hal ini sesuai dengan pola perilaku keruntuhan yang diharapkan untuk struktur SRBE, dengan gaya geser dasar dan perpindahan maksimal yang terjadi sebesar 7323,286 KN dan 303,044 mm.

Tabel 4 menunjukkan jumlah sendi plastis elemen struktur yang terjadi saat kelelahan pertama kali terjadi (titik leleh) dan ambang batas keruntuhan (titik batas). Pada tabel tersebut, model SRBE L/H=1,75 terjadi sendi plastis yang paling sedikit pada saat mencapai kelelahan pertama kali dibandingkan dengan ketiga model lainnya. Saat model mencapai ambang batas keruntuhan, model SRBE RIGID mengalami sendi plastis yang paling sedikit, sedangkan SRBE L/H=1,25 mengalami sendi plastis lebih sedikit dibandingkan SRBE dengan sambungan sederhana yang lain.

Perbandingan berat total struktur baja masing-masing model struktur dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan perbandingan berat total struktur dari masing-masing model. Model SRBE L/H=1,75 memiliki total berat yang paling besar dibandingkan dengan model lainnya, jika dibandingkan dengan model SRPM, model SRBE L/H=1,25 memiliki persentase berat 5,98% lebih berat, SRBE L/H=1,50 dan SRBE RIGID memiliki persentase berat 6,18% lebih berat, dan SRBE L/H=1,75 memiliki persentase berat 11,34% lebih berat. Hal itu disebabkan karena adanya penambahan bresing pada model SRBE serta perbedaan dimensi balok dan kolom yang digunakan.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini membandingkan hasil analisis statik linear dan *pushover* pada Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM) dengan sambungan kaku, dan Struktur Rangka Bresing Eksentris (SRBE) dengan sambungan sederhana dengan variasi L/H yaitu SRBE L/H=1,25 , SRBE L/H=1,50 , SRBE L/H=1,75 , dan model SRBE dengan sambungan kaku (*rigid*).

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa SRBE dengan L/H=1,75 memiliki kekakuan dan gaya geser dasar maksimal yang paling besar dibandingkan dengan struktur lainnya. Namun, dilihat dari mekanisme terjadinya sendi plastis, SRBE dengan L/H=1,75 tidak menunjukkan mekanisme keruntuhan yang baik karena terjadi sendi plastis pada kolom

Tabel 4 Jumlah terjadinya sendi plastis masing-masing model struktur

Model	Kondisi	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE
SRPM	Titik Leleh	2	0	0	0	0	0	0
SRBE L/H=1,25		2	0	0	0	0	0	0
SRBE L/H=1,50		2	0	0	0	0	0	0
SRBE L/H=1,75		1	0	0	0	0	0	0
SRBE RIGID		2	0	0	0	0	0	0
SRPM	Titik Batas	644	31	118	49	29	19	0
SRBE L/H=1,25		0	6	2	0	2	0	0
SRBE L/H=1,50		2	8	2	0	2	0	0
SRBE L/H=1,75		2	4	7	0	1	0	0
SRBE RIGID		0	4	2	0	2	0	0

Tabel 5 Berat total masing-masing model struktur

Model	SRPM	SRBE L/H=1,25	SRBE L/H=1,50	SRBE L/H=1,75	SRBE RIGID
Berat Total (Ton)	255,51	270,79	271,30	284,48	271,30
Persentase	100,00%	105,98%	106,18%	111,34%	106,18%

lantai dasar bagian atas. SRBE L/H=1,75 juga memiliki berat total struktur 11,34% lebih besar dibandingkan SRPM, sehingga menjadi salah satu kekurangan struktur tersebut.

Penggunaan sambungan kaku pada model struktur terbukti menghasilkan struktur yang lebih kaku dibandingkan dengan struktur sederhana, namun perbedaan simpangan dan gaya geser dasar tersebut tidak signifikan.

Saran

1. Dalam perencanaan suatu gedung struktur baja 10 lantai dengan bresing V-terbalik, sebaiknya digunakan pemilihan Struktur Rangka Bresing Eksentris (SRBE) dengan rasio L/H lebih besar dari 1,25 karena memiliki gaya geser dasar yang lebih besar dibandingkan SRPM.
2. Diperlukan adanya program bantu yang bisa mendefinisikan elemen *link* sebagai sendi plastis, sehingga dapat memberikan perilaku yang mendekati kenyataan.
3. Sehubungan peningkatan rasio L/H masih menunjukkan peningkatan kekakuan dan gaya geser dasar, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sehingga didapatkan ratio L/H yang optimal

DAFTAR PUSTAKA

- AISC, INC. 2002. *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago: AISC.
- BSN. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Computers and Structures, Inc. 2009. *Analysis Reference Manuals*. 1995 University Avenue Berkeley, California 94704 USA
- Departemen Pekerjaan Umum 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI (SNI 03-1729-2002)*.
- Dewobroto, W. 2005. *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisis Pushover*. Semarang: Unika Soegijapranata
- Dwitama, A. 2013. *Analisis Pushover Struktur Rangka Bresing V-Terbalik Eksentris Dengan Panjang Link Bervariasi*. (Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana, 2013).
- FEMA. 2000. *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings (FEMA 356)*. Washington, D.C: Federal Emergency Management Agency.
- Moestopo, M., Yudi, H., & Ben, B. N. 2009. *Kajian Kinerja Link Yang Dapat Diganti Pada Struktur Rangka Baja Berpengaku Eksentrik Tipe Split-K*. 1-12.
- Tumilar, S. 2013. *Perencanaan Struktur Beton akibat gempa menurut SNI 1726-2012 dibandingkan dengan SNI 03-1726-2002. Prosiding Shortcourse HAKI*. 14 Desember 2013, Hotel The Atanaya, Denpasar, 2013.