

DISIPASI ENERGI RANGKA BRESING EKSENTRIS BAJA PADA TARAF EKSENTRISITAS YANG BERVARIASI

Jusuf J. S. Pah¹ (yuser_pah@staf.undana.ac.id)

Egidio D. S. Vicente² (egidiodasilvav@gmail.com)

Elia Hunggurami³ (eliahunggurami@yahoo.com)

ABSTRAK

Tingginya potensi gempa pada wilayah Indonesia menuntut para praktisi teknik sipil untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa pada setiap gedung tinggi. Dalam proses merencanakan struktur bangunan tahan gempa, baja masih menjadi pilihan favorit para praktisi teknik sipil sebagai material struktur bangunan tahan gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tingkat eksentrisitas dari Rangka Bresing Eksentris dan kapasitas disipasi energinya dengan metode analisis *static non-linear* dan metode plastis. Hasil penelitian menunjukkan untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada portal dengan tinggi $H=0,5L$ disipasi energi menurun secara nonlinear dengan bertambahnya taraf eksentrisitas (e/L) dari rentang 0-0,4, sedangkan pada taraf eksentrisitas 0,6 disipasi energi mengalami kenaikan dan kemudian mengalami penurunan pada taraf eksentrisitas 0,8-1. Pada portal dengan tinggi $H=0,75L$ dan $H=L$, disipasi energi menurun secara nonlinear dengan bertambahnya taraf eksentrisitas (e/L) dari rentang 0-0,4, sedangkan pada taraf eksentrisitas 0,6 disipasi energi mengalami kenaikan sampai pada taraf eksentrisitas 0,8 dan kemudian mengalami penurunan pada taraf eksentrisitas 1. Kondisi ini sama untuk gaya lateral berlawanan dengan arah bresing.

Kata Kunci: *Rangka Bresing Eksentris, Taraf Eksentrisitas, Disipasi Energi, Balok Link, Sendi Plastis;*

ABSTRACT

The high potential for earthquakes in Indonesia requires civil engineering practitioners to plan earthquake-resistant structures for each tall building. In the process of planning earthquake-resistant building structures, steel is still the favorite choice of civil engineering practitioners as an earthquake-resistant building structure material. This study aims to determine the relationship between the level of eccentricity of the Eccentric Bracing Frame and its energy dissipation capacity by using the static non-linear analysis method and the plastic method. The results showed that for lateral forces following the direction of braces on a portal with a height of $H=0.5L$, energy dissipation decreased nonlinearly with increasing level of eccentricity (e/L) from the range of 0-0.4. while at the eccentricity level of 0.6 the energy dissipation increased and then decreased at the eccentricity level of 0.8-1. On a portal with a height of $H=0.75L$ and $H=L$, energy dissipation decreased nonlinearly with increasing eccentricity level (e/L) from about 0-0.4, while at 0.6 eccentricity level, energy dissipation increased to 0.8 eccentricity level and then decreased at 1 eccentricity level. This condition is the same for a lateral force opposite to the direction of the brace.

Key Words: *Eccentrically Braced Frame, level of eccentricity, Energy dissipation, Link, plastic joint;*

PENDAHULUAN

Secara geografis Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik. yaitu lempeng Benua Asia, Benua Australia, lempeng Samudera Hindia dan

¹ Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

² Prodi Teknik Sipil, FST Undana (Penulis Korespondensi);

³ Prodi Teknik Sipil, FST Undana.

Samudera Pasifik. Kondisi tersebut sangat berpotensi terjadi bencana seperti gempa bumi. Tingginya potensi gempa pada wilayah Indonesia menuntut para praktisi teknik sipil untuk mempelajari serta merencanakan struktur bangunan tahan gempa pada setiap gedung tinggi yang ada di Indonesia. Dalam proses merencanakan struktur bangunan tahan gempa, baja masih menjadi pilihan favorit para praktisi teknik sipil sebagai material struktur bangunan tahan gempa. Dalam kaitannya dengan permasalahan kegempaan, menurut Engelhardt M.D. (2007) terdapat beberapa sistem struktur baja tahan gempa yang dapat diterapkan pada bangunan yaitu Rangka Penahan Momen (RPM), Rangka Bresing Konsentris (RBK), dan Rangka Bresing Eksentris (RBE). Pada penelitian yang dilakukan oleh Oematan (2009), merupakan salah satu penelitian yang membahas mengenai penggunaan RBE pada sistem struktur. Namun dalam penelitian tersebut belum memperhatikan prinsip dari sistem RBE tersebut. Hal ini bisa dilihat pada riset yang dilakukan oleh Pah dan Oematan (2010) yang masih memiliki hubungannya dengan penelitian Oematan (2009). Pada riset tersebut menunjukkan bahwa spesimen dari penelitian masih terdapat perilaku inelastik di luar balok link.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui hubungan antara tingkat eksentrisitas dari rangka bresing eksentris dan kapasitas disipasi energinya serta mengetahui hubungan fungsional matematis antara taraf eksentrisitas terhadap disipasi energi.

KAJIAN PUSTAKA

Faktor Gempa pada Struktur

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi.

Perilaku Portal terhadap Beban Lateral

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, struktur diharapkan dapat merespon dengan baik beban gempa yang bekerja pada struktur tersebut sehingga dapat menjamin bangunan tersebut tidak rusak karena gempa-gempa kecil dan gempa-gempa sedang serta tidak runtuh akibat gempa yang besar.

Rangka Penahan Momen (RPM)

Rangka Penahan Momen (RPM) adalah sistem rangka ruang, di mana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial.

Rangka Bresing Konsentris (RBK)

Sistem rangka bresing konsentris merupakan sistem rangka bresing dimana ujung-ujung batangnya saling berpotongan pada suatu titik dan membentuk suatu sistem rangka vertikal penahan gaya lateral.

Rangka Bresing Eksentris (RBE)

Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) memiliki kekakuan elastis yang hampir sebanding dengan sistem rangka bresing konsentris (SRBK), terutama jika digunakan link pendek (Becker, dan Ishler, 1996).

Desain Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE)

Desain dasar berlaku untuk SRBE dimana satu ujung dari masing-masing bresing memotong balok pada eksentrisitas dari antara titik tengah balok dan kolom sehingga membentuk sebuah *link* yang pekah terhadap lentur dan geser.

Elemen Balok *Link*

Elemen *link* dalam SRBE berperilaku sebagai balok pendek dengan gaya geser yang bekerja berlawanan arah pada kedua ujungnya. Karena adanya gaya geser yang terjadi pada kedua ujung balok, maka momen yang dihasilkan pada kedua ujung balok mempunyai besar dan arah yang sama.

Elemen Bresing Diagonal

Bresing diagonal merupakan bresing yang menghubungkan kolom dan balok di luar *link* secara diagonal. Kombinasi kuat lentur dan aksial yang disyaratkan untuk bresing diagonal harus diambil dari kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan dalam standar yang ada.

Elemen Balok

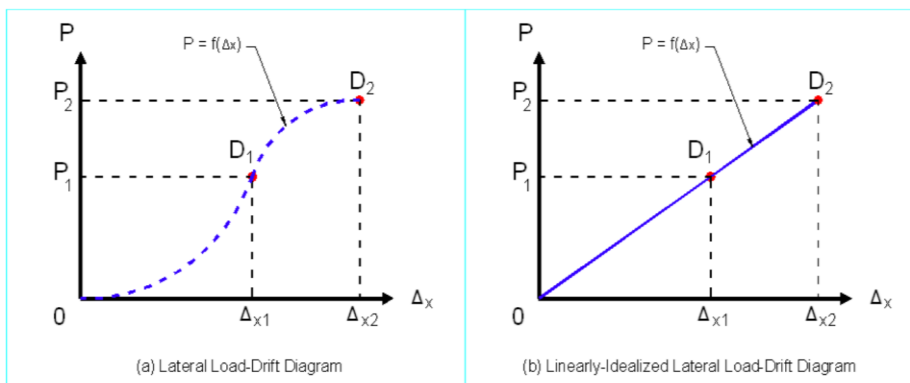
Pada elemen balok, kekuatan geser desain harus lebih besar atau sama dengan kekuatan geser maksimum ($\phi_v V_n \geq V_{max}$). Untuk kekuatan geser nominal (V_n) dari balok sesuai batas kekuatan geser, serta tekuk geser ditentukan dengan persamaan sesuai peraturan ANSI/AISC 360-10 bagian G2.

Elemen Kolom

Sesuai ANSI/AISC 2010, kolom harus direncanakan berdasarkan prinsip kapasitas desain untuk menahan pembebanan maksimum yang dihasilkan dari link. Walaupun gaya geser maksimum pada pelelehan *link* sebesar $1,25 R_y V_n$, untuk perencanaan kolom berdasarkan ANSI/AISC 341-10 diijinkan untuk mereduksi faktor *strain hardening* menjadi 1,10.

Disipasi Energi Akibat Pembebanan Lateral pada RBE

Disipasi energi adalah konsep fisika yang menjelaskan tentang energi yang hilang atau berkurang pada suatu model mekanis dalam keadaan dinamis selama durasi waktu tertentu.



Gambar 1. Tahapan Disipasi Energi pada RBE

Jika rangka bresing eksentris dibebani beban yang mewakili pembebanan lateral maka rangka bresing eksentris akan berdeformasi. Jika besar beban lateral P berubah menjadi lebih besar dari nol maka RBE akan berdeformasi seturut dengan besar beban P, dan terjadi *drift* yang besarnya berhubungan fungsional dengan besar P. Deformasi terjadi seturut dengan beban lateral P yang diberikan. Pada saat beban tersebut adalah nol maka rangka bresing eksentris tidak mengalami deformasi. Pada Gambar 1b menunjukkan titik D1 dan D2 menyampaikan bahwa beban lateral P adalah fungsi dari besar *drift* (Δx). Jika titik tersebut ditentukan posisinya dengan tepat dan dihubungkan dengan suatu grafik, akan diperoleh fungsi dari grafik tersebut yaitu :

$$E_{plastis} = \frac{P_{plastis} + P_{leleh}}{2} ((\Delta x_2) - (\Delta x_1)) \tag{1}$$

dengan :

$P_{plastis}$ = besar beban lateral yang mengakibatkan terjadinya titik gagal plastis pada RBE

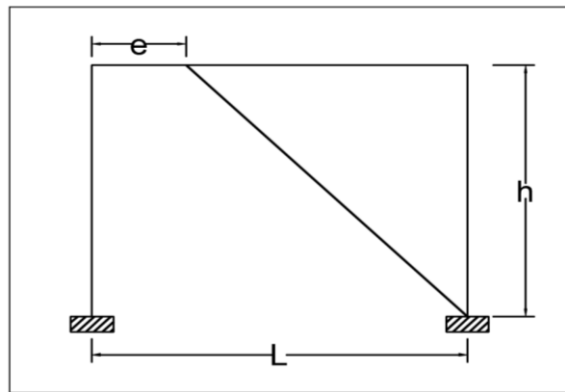
P_{leleh} = besar beban lateral yang mengakibatkan terjadinya sendi plastis pertama pada RBE

Δx_2 = drift lateral suatu RBE ketika terjadi titik gagal plastis

Δx_1 = drift lateral suatu RBE ketika terjadi sendi plastis pertama

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis statik non-linier dan metode plastis. Pada penelitian ini menggunakan portal 2 dimensi dengan satu bentang satu tingkat pada jenis struktur tahan gempa yaitu Sistem Rangka B्रेसing Eksentris. Terdapat tiga spesimen penelitian yaitu rasio tinggi terhadap panjang bentang (h/L) = 0,5; 0,75 dan 1. Dari setiap spesimen tersebut terdapat enam taraf eksentrisitas (e/L) yaitu : 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1. Dengan panjang bentang (L) dari portal adalah 8 m.



Gambar 2. Spesimen Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Struktur

Akibat Gaya Lateral Mengikuti Arah B्रेसing

Tabel 1. Hasil pengujian spesimen RBE untuk gaya lateral mengikuti arah b्रेसing pada tinggi portal $H=0,5L$

Taraf Eksentrisitas	Sendi Plastis Pertama		Titik Runtuh	
	P_0 (kN)	Δx_1 (mm)	P_t (kN)	Δx_2 (mm)
$e/L= 0$	306.5	4.034	2006	26.399
$e/L= 0,2$	291.5	7.979	1202	32.901
$e/L= 0,4$	303.3	16.767	582	32.174
$e/L= 0,6$	150.3	17.254	616	70.713
$e/L= 0,8$	119.7	17.244	545	78.513
$e/L= 1$	80.3	15.352	147.8	28.257

Tabel 2. Hasil pengujian spesimen RBE untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada tinggi portal $H=0,75L$

Taraf Eksentrisitas	Sendi Plastis Pertama		Titik Runtuh	
	P0 (kN)	$\Delta x1$ (mm)	Pt (kN)	$\Delta x2$ (mm)
e/L= 0	304.3	5.485	3040	54.794
e/L= 0,2	189.5	11.374	1165	69.923
e/L= 0,4	201.2	28.401	499	70.474
e/L= 0,6	95	29.655	361	112.691
e/L= 0,8	78	32.143	359.4	148.105
e/L= 1	53.5	29.566	103.9	57.418

Tabel 3. Hasil pengujian spesimen RBE untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada tinggi portal $H=L$

Taraf Eksentrisitas	Sendi Plastis Pertama		Titik Runtuh	
	P0 (kN)	$\Delta x1$ (mm)	Pt (kN)	$\Delta x2$ (mm)
e/L= 0	274.1	7.113	3400	88.227
e/L= 0,2	134.89	15.299	687	77.919
e/L= 0,4	80	27.779	288.8	100.283
e/L= 0,6	66.56	42.71	233.2	149.638
e/L= 0,8	55.7	48.553	257.05	224.065
e/L= 1	40	47.167	77.1	90.915

Akibat Gaya Lateral Berlawanan Arah Bresing

Tabel 4. Hasil pengujian spesimen RBE untuk gaya lateral berlawanan arah bresing pada tinggi portal $H=0,5L$

Taraf Eksentrisitas	Sendi Plastis Pertama		Titik Runtuh	
	P0 (kN)	$\Delta x1$ (mm)	Pt (kN)	$\Delta x2$ (mm)
e/L= 0	156.4	1.182	4832	36.506
e/L= 0,2	173.6	5.15	1252	36.927
e/L= 0,4	161	10.864	706.4	47.589
e/L= 0,6	130.9	15.049	849	97.605
e/L= 0,8	106	15.377	634.5	92.045
e/L= 1	80.3	15.353	147.8	28.257

Tabel 5. Hasil pengujian spesimen RBE untuk gaya lateral berlawanan arah bresing pada tinggi portal $H=0,75L$

Taraf Eksentrisitas	Sendi Plastis Pertama		Titik Runtuh	
	P0 (kN)	$\Delta x1$ (mm)	Pt (kN)	$\Delta x2$ (mm)
e/L= 0	109.8	1.343	6165	75.424
e/L= 0,2	117.7	8.061	1135	77.736
e/L= 0,4	107.2	18.542	418	72.298
e/L= 0,6	161.3	39.645	313.7	77.102
e/L= 0,8	71.5	29.528	383	158.169
e/L= 1	53.5	29.566	103.9	57.418

Tabel 6. Hasil pengujian spesimen RBE untuk gaya lateral berlawanan arah bresing pada tinggi portal $H=L$

Taraf Eksentrisitas	Sendi Plastis Pertama		Titik Runtuh	
	P0 (kN)	$\Delta x1$ (mm)	Pt (kN)	$\Delta x2$ (mm)
e/L= 0	75.3	1.51	6280	126.248
e/L= 0,2	77.15	11.524	610	91.117
e/L= 0,4	77.3	26.741	259.6	89.806
e/L= 0,6	64.45	41.358	249.5	160.108
e/L= 0,8	52.87	46.127	266.7	232.688
e/L= 1	40	47.167	77.1	90.915

PEMBAHASAN

Hubungan Taraf Eksentrisitas (e/L) dengan Kekakuan Relatif Portal ((Pplastis + Pleleh)/($\Delta x/H$))

Akibat Gaya Lateral Mengikuti Arah Bresing

Tabel 7. Hasil perhitungan kekakuan relatif portal untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada tinggi portal $H=0,5L$

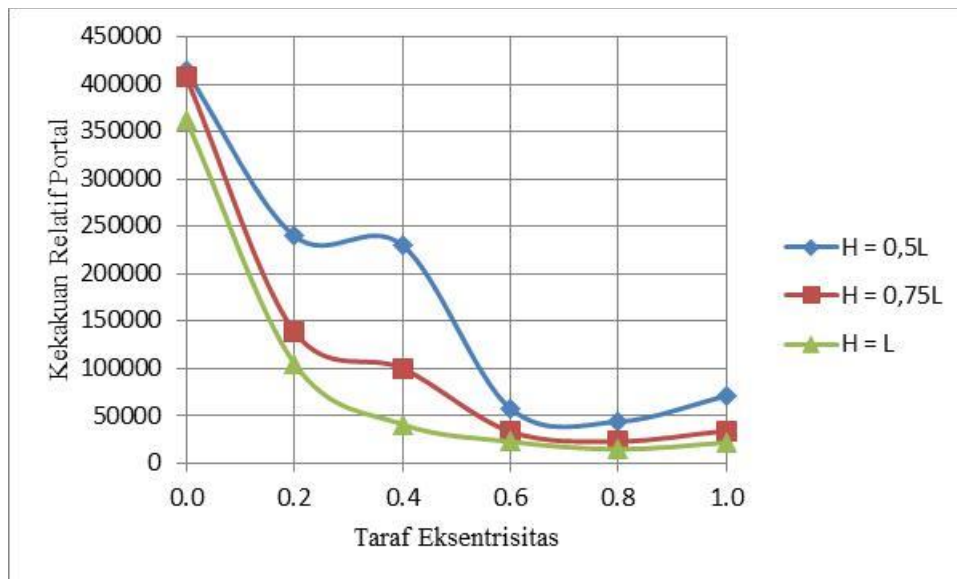
Taraf Eksentrisitas	Δx (mm)	Pplastis + Pleleh (kN)	((Pplastis + Pleleh)/($\Delta x/H$)) (kN)
0	22.365	2312.50	413592.67
0.2	24.922	1493.50	239707.89
0.4	15.407	885.30	229843.58
0.6	53.459	766.30	57337.40
0.8	61.269	664.70	43395.52
1	12.904	228.10	70706.76

Tabel 8. Hasil perhitungan kekakuan relatif portal untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada tinggi portal $H=0,75L$

Taraf Eksentrisitas	Δx (mm)	Pplastis + Pleleh (kN)	$((Pplastis + Pleleh)/(\Delta x/H))$ (kN)
0	49.309	3344.30	406939.91
0.2	58.549	1354.50	138806.81
0.4	42.073	700.20	99855.01
0.6	83.036	456.00	32949.56
0.8	115.962	437.40	22631.55
1	27.852	157.40	33907.80

Tabel 9. Hasil perhitungan kekakuan relatif portal untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada tinggi portal $H=L$

Taraf Eksentrisitas	Δx (mm)	Pplastis + Pleleh (kN)	$((Pplastis + pleleh)/(\Delta x/H))$ (kN)
0	81.114	3674.10	362364.08
0.2	62.62	821.89	105000.32
0.4	72.504	368.80	40692.93
0.6	106.928	299.76	22427.05
0.8	175.512	312.75	14255.44
1	43.748	117.10	21413.55



Gambar 3. Grafik Hubungan Taraf Eksentrisitas dengan Kekakuan Relatif Portal untuk Gaya Mengikuti Arah Bresing

Grafik pada Gambar 3 di atas menunjukkan bahwa kekakuan relatif portal mengalami penurunan secara nonlinear dengan bertambahnya taraf eksentrisitas (e/L) dari rentang 0-0,2 dan kemudian melandai sampai pada taraf eksentrisitas 0,8 dan mengalami kenaikan pada taraf eksentrisitas 1. Jika grafik dalam Gambar 3 dikaji dapat disimpulkan bahwa portal RBE dengan *link* yang pendek yaitu yang bertaraf eksentrisitas kecil, memiliki kekakuan relatif yang lebih tinggi dari RBE dengan *link* yang panjang. Hal ini dapat dipahami bahwa bresing pada RBE dengan *link*

yang pendek masih berperan sebagai bresing (pengaku), setelah panjang *link* melebihi setengah bentang, peran bresing pada RBE menurun drastis hingga menghilang pada portal dengan taraf eksentrisitas 1, yaitu portal berstatus sebagai RPM penuh.

Akibat Gaya Lateral Berlawanan Bresing

Tabel 10. Hasil perhitungan kekakuan relatif portal untuk gaya lateral berlawanan arah bresing pada tinggi portal $H=0,5L$

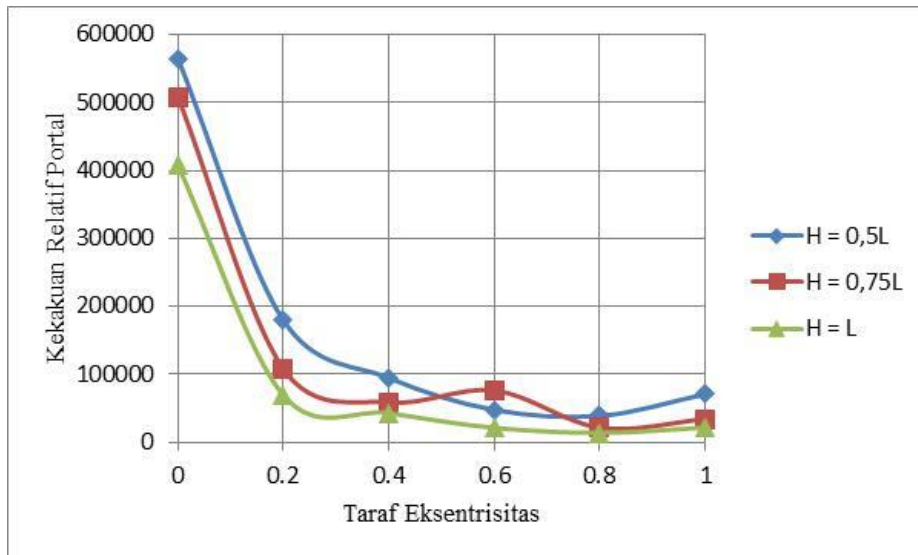
Taraf Eksentrisitas	Δx (mm)	Pplastis + Pleleh (kN)	$((Pplastis + Pleleh)/(\Delta x/H))$ (kN)
0	35.324	4988.40	564873.74
0.2	31.777	1425.60	179450.55
0.4	36.725	867.40	94475.15
0.6	82.556	979.90	47478.08
0.8	76.668	740.50	38634.11
1	12.904	228.10	70706.76

Tabel 11. Hasil perhitungan kekakuan relatif portal untuk gaya lateral berlawanan arah bresing pada tinggi portal $H=0,75L$

Taraf Eksentrisitas	Δx (mm)	Pplastis + Pleleh (kN)	$((Pplastis + Pleleh)/(\Delta x/H))$ (kN)
0	74.081	6274.80	508211.28
0.2	69.675	1252.70	107875.13
0.4	53.756	525.20	58620.43
0.6	37.457	475.00	76087.25
0.8	128.641	454.50	21198.53
1	27.852	157.40	33907.80

Tabel 12. Hasil perhitungan kekakuan relatif portal untuk gaya lateral berlawanan arah bresing pada tinggi portal $H=L$

Taraf Eksentrisitas	Δx (mm)	Pplastis + Pleleh (kN)	$((Pplastis + Pleleh)/(\Delta x/H))$ (kN)
0	124.738	6355.30	407593.52
0.2	79.593	687.15	69066.38
0.4	63.065	336.90	42736.86
0.6	118.75	313.95	21150.32
0.8	186.561	319.57	13703.61
1	43.748	117.10	21413.55



Gambar 4. Grafik Hubungan Taraf Eksentrisitas dengan Kekakuan Relatif Portal untuk Gaya Berlawanan Arah Bresing

Grafik pada Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa kekakuan relatif portal menurun secara nonlinear dengan bertambahnya taraf eksentrisitas (e/L) dari rentang 0-0,2 dan kemudian melandai sampai pada taraf eksentrisitas 0,8 dan mengalami kenaikan pada taraf eksentrisitas 1. Jika grafik dalam Gambar 4 dikaji dapat disimpulkan bahwa portal RBE dengan *link* yang pendek yaitu yang bertaraf eksentrisitas kecil, memiliki kekakuan relatif yang lebih tinggi dari RBE dengan *link* yang panjang. Hal ini dapat dipahami bahwa bresing pada RBE dengan *link* yang pendek masih berperan sebagai bresing (pengaku), setelah panjang *link* melebihi setengah bentang, peran bresing pada RBE menurun drastis hingga menghilang pada portal dengan taraf eksentrisitas 1, yaitu portal berstatus sebagai RPM penuh.

Hubungan Taraf Eksentrisitas (e/L) dengan Disipasi Energi ($0,5 (P_{plastis} + p_{leleh}) \Delta x$)

Akibat Gaya Lateral Mengikuti Arah Bresing

Tabel 13. Hasil perhitungan disipasi energi untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada tinggi portal $H=0,5L$

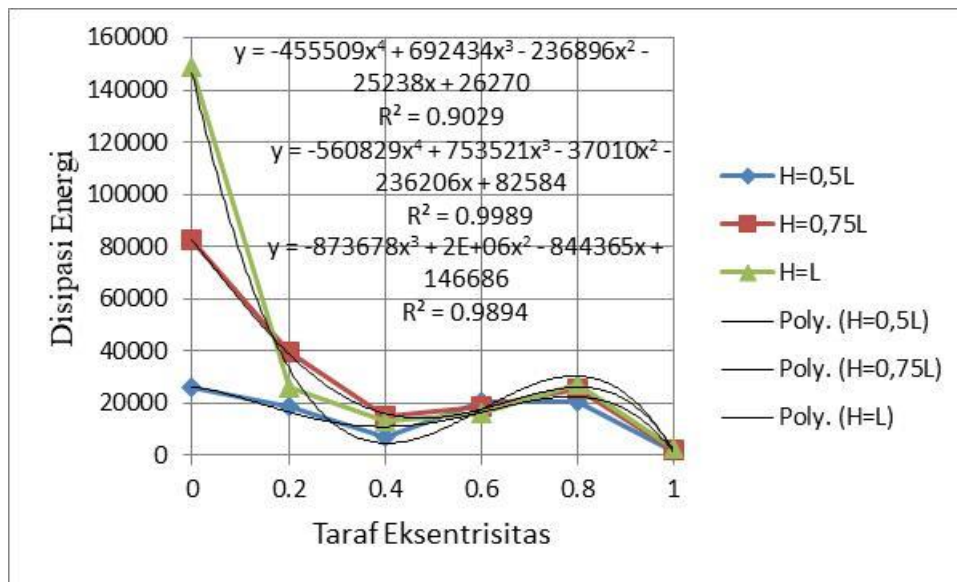
Taraf Eksentrisitas	Δx (mm)	$P_{plastis} + p_{leleh}$ (kN)	$(0,5(P_{plastis} + p_{leleh}) \Delta x)$ (kNmm)
0	22.365	2312.50	25859.53
0.2	24.922	1493.50	18610.50
0.4	15.407	885.30	6819.91
0.6	53.459	766.30	20482.82
0.8	61.269	664.70	20362.75
1	12.905	228.10	1471.82

Tabel 14. Hasil perhitungan disipasi energi untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada tinggi portal $H=0,75L$

Taraf Eksentrisitas	Δx (mm)	Pplastis + Pleleh (kN)	$(0,5(Pplastis + pleleh) \Delta x)$ (kNmm)
0	49.309	3344.3	82452.04435
0.2	58.549	1354.5	39652.31025
0.4	42.073	700.2	14729.7573
0.6	83.036	456	18932.208
0.8	115.962	437.4	25360.8894
1	27.852	157.4	2191.9524

Tabel 15. Hasil perhitungan disipasi energi untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada tinggi portal $H=L$

Taraf Eksentrisitas	Δx (mm)	Pplastis + Pleleh (kN)	$(0,5(Pplastis + pleleh) \Delta x)$ (kNmm)
0	81.114	3674.1	149010.4737
0.2	62.62	821.89	25733.3759
0.4	72.504	368.8	13369.7376
0.6	106.928	299.76	16026.36864
0.8	175.512	312.75	27445.689
1	43.748	117.1	2561.4454



Gambar 5. Grafik Fungsi Matematis Hubungan Taraf Eksentrisitas Dengan Disipasi Energi Akibat Gaya Lateral Mengikuti Arah Bresing.

Grafik pada Gambar 5 di atas menunjukkan bahwa pada portal dengan tinggi $H=0,5L$ disipasi energi menurun secara nonlinear dengan bertambahnya taraf eksentrisitas (e/L) dari rentang 0-0,4, sedangkan pada taraf eksentrisitas 0,6 disipasi energi mengalami kenaikan dan kemudian mengalami penurunan pada taraf eksentrisitas 0,8-1. Pada portal dengan tinggi $H=0,75L$ dan $H=L$, disipasi energi menurun secara nonlinear dengan bertambahnya taraf eksentrisitas (e/L) dari rentang 0-0,4, sedangkan pada taraf eksentrisitas 0,6 disipasi energi mengalami kenaikan

sampai pada taraf eksentrisitas 0,8 dan kemudian mengalami penurunan pada taraf eksentrisitas 1. Jika grafik dalam Gambar 5 dikaji dapat disimpulkan bahwa portal RBE dengan balok link pendek yaitu yang bertaraf eksentrisitas kecil, memiliki disipasi energi yang lebih tinggi dari RBE dengan link yang panjang. Hal ini dapat dipahami bahwa bresing (pengaku) pada RBE dengan link yang pendek masih berperan sebagai bresing (pengaku), setelah panjang link melebihi setengah bentang, peran bresing (pengaku) pada RBE menurun drastis hingga menghilang pada portal dengan taraf eksentrisitas satu yaitu portal berstatus Rangka Penahan Momen penuh.

Berdasarkan grafik yang diperoleh di atas maka ditentukan persamaan garisnya yaitu :

(i) Untuk portal $H/L=0,5$

$$E_{plastis} = -455509(e/L)^4 + 692434(e/L)^3 - 236896(e/L)^2 - 25238(e/L) + 26270$$

Berdasarkan persamaan di atas maka dengan menggunakan geoGebra dapat dicari titik balik dari Rangka Penahan Momen ke Rangka Bresing Konsentris pada taraf eksentrisitas 0,3968

(ii) Untuk portal $H/L=0,75$

$$E_{plastis} = -560829(e/L)^4 + 753521(e/L)^3 - 37010(e/L)^2 - 236206(e/L) + 82584$$

Berdasarkan persamaan di atas maka dengan menggunakan geoGebra dapat dicari titik balik dari Rangka Penahan Momen ke Rangka Bresing Konsentris pada taraf eksentrisitas 0,4787.

(iii) Untuk Portal $H/L=1$

$$E_{plastis} = -873678(e/L)^3 + 2E+06(e/L)^2 - 844365(e/L) + 146686$$

Berdasarkan persamaan di atas maka dengan menggunakan geoGebra dapat dicari titik balik dari Rangka Penahan Momen ke Rangka Bresing Konsentris pada taraf eksentrisitas 0,2531.

Akibat Gaya Lateral Berlawanan Arah Bresing

Untuk hasil pada gaya lateral berlawanan arah bresing terdapat pada lampiran 1.

Disipasi Energi yang Semakin Menurun Seiring Bertambahnya Taraf Eksentrisitas

Berdasarkan tabel pada hasil perhitungan struktur, kita dapat melihat bahwa seiring bertambahnya taraf eksentrisitas maka kemampuan gaya lateral yang diberikan sampai mekanisme keruntuhan semakin kecil. Dengan demikian dapat dilihat bahwa luas daerah dari trapesium yang dibentuk semakin kecil. Hal ini berkaitan dengan teori disipasi pada kajian pustaka yang menghitung luasan dari trapezium sebagai disipasi energinya. Hal ini bertolak belakang dengan teori umum dari disipasi energi yaitu pada RPM disipasi energi maksimum sedangkan pada RBK disipasi energi minimum.

Oleh sebab itu, disarankan untuk penelitian lebih lanjut untuk memperhatikan sambungan pada setiap elemen dari portal dengan menggunakan software Abaqus.

KESIMPULAN

1. Untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada portal dengan tinggi $H=0,5L$ disipasi energi menurun secara nonlinear dengan bertambahnya taraf eksentrisitas (e/L) dari rentang 0-0,4, sedangkan pada taraf eksentrisitas 0,6 disipasi energi mengalami kenaikan dan kemudian mengalami penurunan pada taraf eksentrisitas 0,8-1. Pada portal dengan tinggi $H=0,75L$ dan $H=L$, disipasi energi menurun secara nonlinear dengan bertambahnya taraf eksentrisitas (e/L) dari rentang 0-0,4, sedangkan pada taraf eksentrisitas 0,6 disipasi energi mengalami kenaikan sampai pada taraf eksentrisitas 0,8 dan kemudian mengalami penurunan pada taraf eksentrisitas 1. Kondisi ini sama dengan gaya lateral berlawanan dengan arah bresing.

2. Penentuan hubungan fungsional matematis antara taraf eksentrisitas (e/L) terhadap disipasi energi ($0,5(P_{plastis} + P_{leleh})\Delta x$) untuk gaya lateral mengikuti arah bresing pada portal $H/L=0,5$ adalah $E_{plastis} = -455509(e/L)^4 + 692434(e/L)^3 - 236896(e/L)^2 - 25238(e/L) + 26270$, pada portal $H/L=0,75L$ adalah $E_{plastis} = -560829(e/L)^4 + 753521(e/L)^3 - 37010(e/L)^2 - 236206(e/L) + 82584$ dan portal $H/L=1$ adalah $E_{plastis} = -873678(e/L)^3 + 2E+06(e/L)^2 - 844365(e/L) + 146686$
3. Penentuan hubungan fungsional matematis antara taraf eksentrisitas (e/L) terhadap disipasi energi ($0,5(P_{plastis} + P_{leleh})\Delta x$) untuk gaya lateral berlawanan arah bresing pada portal $H/L=0,5$ adalah $E_{plastis} = 640857(e/L)^4 - 2E+06(e/L)^3 + 2E+06(e/L)^2 - 641309(e/L) + 88621$, pada portal $H/L=0,75$ adalah $E_{plastis} = -1E+06(e/L)^3 + 2E+06(e/L)^2 - 1E+06(e/L) + 229372$ dan portal $H/L=1$ adalah $E_{plastis} = 4E+06(e/L)^4 - 1E+07(e/L)^3 + 9E+06(e/L)^2 - 3E+06(e/L) + 395080$

Daftar Pustaka

- ANSI/AISC. 2010. Seismic Provisions for Structural Steel Buildings. ANSI/AISC 341-10, Amerika.
- Badan Standar Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. SNI 1729:2015. BSN, Jakarta.
- Gideon, H. K. 1985. *Analisis Plastis pada EBF*. Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Hadikusuma, Gideon. *Analisa Plastis pada Eccentrically Braced Frame*. Surabaya: UK Petra, 1985.
- Hasibuan, Maruli. *Hubungan Jumlah Tingkat dengan Kekakuan Relatif EBF dengan Variasi Taraf Eksentrisitas*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang: Undana, 2010.
- Manope, Muslinan dkk. 2019. Analisis Portal Struktur Baja Berdasarkan Konfigurasi Tipe dan Variasi Panjang Link Sistem EBF (Eccentrically Braced Frames). Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Oematan, Yanes E. 2010. Hubungan Taraf Eksentrisitas Dengan Disipasi Energi dari Portal Baja Diperkaku Eksentris. Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Pah, J. J. S., & Oematan, Y. E. (2012). ENERGY DISSIPATION OF ECCENTRICALLY-BRACED-FRAME (EBF) WITH DIFFERENT LEVEL OF ECCENTRICITY. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 1-14.
- Park, R, and T Paulay. *Reinforced Concrete Structures*. Christchurch: John Wiley and Sons, 1974.
- Thene, Yonathan I. *Hubungan antara Taraf Eksentrisitas dengan Kekakuan Relatif Portal dari Portal EBF*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang: Undana, 2009.

Lampiran 1 : Hubungan Taraf Eksentrisitas dan Disipasi Energi Akibat Gaya Lateral Berlawanan Arah Bresing

Hasil dari pembahasan untuk disipasi energi pada gaya lateral berlawanan arah bresing terdapat pada : <https://docs.google.com/document/d/1Gj-cavfTV0FZWO5PUx0d-zQBvTfXeqCi/edit?usp=sharing&oid=110414290566436351129&rtmpof=true&sd=true>