

**ANALISIS KINERJA DAN PENGARUH TATA LETAK BRESING
EKSENTRIS PADA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIS (SRBE) TIPE-
D PADA BANGUNAN SETBACK VERTIKAL
(Studi Literatur)**

Tondi Amirsyah P¹, Fahrizal Zulkarnain¹

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.

*Email : tondiamirsyah@umsu.ac.id

Article info

Article history:

Received :
Accepted :
Published :

Keywords :

*EBF, Link, bresing, plastifikasi,
link shear, dissipation*

JEL Classification:

133,C61,C67

DOI:

Abstrak.

Struktur rangka bresing eksentrik memiliki daktilitas dan kekakuan yang tinggi sehingga dapat menjadi salah satu alternatif perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia. Hal ini ditunjang dengan adanya elemen link yang mampu mendisipasi energi gempa melalui plastifikasi link serta elemen bresing yang dapat meningkatkan kekakuan struktur terhadap gempa. Link yang terdapat struktur bersifat relatif dari panjangnya. Semakin panjang link, maka sifat dari bangunan tersebut akan menyerupai rangka pemikul momen, dan apabila semakin pendek maka akan menyerupai sistem bresing konsentrik. Sehingga pemilihan panjang link pada sistem bresing eksentrik sangat berpengaruh pada daktilitas dan kekakuannya. Pada kedua struktur dimensi link direncanakan menggunakan link geser murni dengan panjang 500 mm dan dimensi link tersebut baja IWF 180.100.6.9. Persentase distribusi kekakuan dan kekuatan bresing dan link pada arah X, model 1= 61,36%, model 2= 58,75%, dan pada arah Y model 1= 56,38%, model 2=72,62%

Kata kunci: SRBE, *Link*, bresing, plastifikasi, gaya geser, disipasi.

Abstract. *Bracing eccentric frame structure has a high ductility and rigidity so that it can become an alternative design of earthquake-resistant buildings in Indonesia. This is supported by the existence of a link element which is able to dissipate seismic energy through bracing plastifikasi links as well as elements that can improve the rigidity of the structure against earthquakes. Link contained structure relative to its length. The longer the link, then the nature of the building will resemble the framework of bearers moment, and if the shorter link it will resemble concentric bracing system. So that the long election bracing eccentric link in the system is very influential in ductility and rigidity. In both the planned link-dimensional structure using pure shear link with a length of 500 mm and dimensions of the steel link IWF 180.100.6.9. Percentage distribution of stiffness and strength bracing and links in the X direction, model 1 = 61.36%, model 2 = 58.75%, and the direction of the Y model 1 = 56.38%, model 2 = 72.62%.*

Keywords: EBF, Link, bracing, plastification, shear, dissipation.

1. PENDAHULUAN

Penerapan struktur baja sebagai rangka utama bangunan adalah salah satu alternatif pilihan dalam perancangan struktur tahan gempa yang memiliki nilai daktilitas dan kekakuan yang cukup kuat. Sifat dari baja yang elastis dan kuat sangat menarik untuk diteliti dan dikembangkan sebagai sistem rangka yang akan menahan dan memikul beban yang ada pada bangunan.

Konsep design portal tahan gempa EBF (D-EBF, V-EBF, dan K-split EBF) adalah menetapkan elemen *link* sebagai bagian yang akan mengalami leleh/rusak terlebih dahulu, sedangkan elemen balok, kolom, dan bresing diharapkan tetap berada pada kondisi elastis. Berdasarkan konsep-konsep diatas, maka penulisan tugas akhir ini akan mengkaji tentang kinerja dari bangunan irregular *medium rise* 10 lantai dengan pengikat bresing eksentris tipe – D dengan tata letak penempatan bresing dan *link* yang berbeda-beda. Digunakan 2 buah sampel struktur sebagai pembanding (model 1: bresing di tepi, model 2: bresing di tengah), sedangkan analisa beban gempa menggunakan respon spectrum dan interaksi antara struktur dengan tanah dianggap oke.

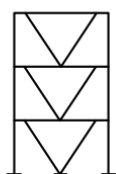
1.1. Tujuan Penelitian

Dalam hal penulisan tugas akhir ini, ada beberapa tujuan penulis yang ingin dicapai antara lain :

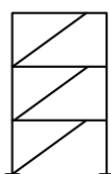
1. Menganalisa kinerja dan perilaku dari sistem rangka bresing eksentrik (SRBE) tipe – D terhadap pengaruh tata letak bangunan sebagai sistem rangka penahan beban lateral gempa.
2. Ingin mengetahui dimensi link beam dari tiap-tiap penempatan tata letaknya.
3. Menganalisis perpindahan *drift story* (simpangan antar lantai) pada struktur bangunan.
4. Menganalisis besarnya nilai *base shear* / atau gaya gempa dorong yang bekerja pada tiap-tiap struktur.
5. Persentase kekakuan dan kekuatan dari bresing dan link tersebut.

2. Sistem Rangka bresing Eksentrik (*Eccentrically braced frame*)

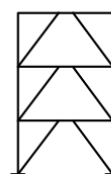
EBF telah banyak digunakan sebagai sistem bangunan tahan terhadap beban lateral seperti gempa. Sistem *EBF* sendiri mempunyai nilai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem *CBF* yang lebih mengutamakan pada kekuatan strukturnya. Tingginya nilai daktilitas dari sistem *EBF* akibat adanya elemen *link* yang berfungsi sebagai pendisipasi energi ketika struktur menerima beban gempa [1]. Pendisipasian energi ini diwujudkan dalam bentuk plastifikasi pada elemen *link* tersebut. Bentuk-bentuk sistem portal *EBF* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



a. V-Brace EBF



b. D-Brace CBF

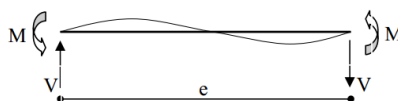


c. Split K brace EBF

Gambar 1: Konfigurasi sistem rangka bresing eksentris.

2.1. Elemen Link

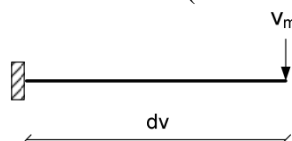
Link adalah elemen yang berperilaku sebagai balok pendek yang pada kedua sisinya bekerja gaya geser dengan arah yang berlawanan serta momen yang diakibatkan oleh gaya geser tersebut [2]. Akibat gaya geser yang bekerja berlawanan arah maka momen yang bekerja pada ujung-ujungnya mempunyai besar dan arah yang sama (Gambar 2.b). Kedua gaya tersebut akan mengakibatkan terjadinya plastifikasi pada elemen link.

Gambar 2: Gaya-gaya pada elemen *link*.

Untuk mencapai fungsi ini perencanaan elemen *link* harus memperhatikan bahwa elemen-elemen lain diluar *link* harus tetap berperilaku elastis saat elemen *link* telah mencapai kelelahan.

2.2. Konsep Perencanaan Elemen *Link*

Kondisi batas antara mekanisme keruntuhan akibat geser dan lentur dapat di jelaskan dengan menggunakan suatu pemodelan kantilever sederhana (Gambar 2.c).



Gambar 3: Balok kantilever sederhana.

Panjang kantilever tersebut merupakan rasio momen maksimum dan geser maksimum pada bentang atau besarnya jarak antara titik dimana momen maksimum terjadi dengan titik dimana momen minimum ($M=0$) terjadi. Kondisi ini memenuhi syarat sebagai berikut.

$$dv = \frac{M_{maks}}{V_m} \quad (2.1)$$

dimana : dv = panjang bentang (mm)

M_{maks} = momen maksimum (Nmm)

V_m = gaya geser dititik terjadinya momen maksimum (N)

Perilaku sistem rangka *EBF* juga dijelaskan dengan konsep yang sama [3]. Rasio pada kondisi berimbang tercapai ketika pada bentang tersebut terjadi secara terus menerus leleh geser dan lentur, sesuai dengan persamaan:

$$d_{vb} = \frac{M_p}{V_p} \quad (2.2)$$

dimana : d_{vb} = panjang bentang ketika gaya geser dan momen berimbang (mm)

M_p = momen plastis penampang (Nmm)

V_p = gaya geser plastis penampang (N)

Kekuatan atau kondisi batas link geser dan lentur didefinisikan sebagai berikut:

$$M_p = Z_x \cdot F_y \quad (2.3)$$

$$V_p = 0,6 \cdot F_y \cdot (h-2t_f) \cdot t_w \quad (2.4)$$

Dimana :

M_p = momen plastis penampang (Nmm).

V_p = gaya geser plastis penampang (N).

Z_x = modulus elastic penampang (mm^3).

F_y = tegangan leleh baja (MPa).

h = tinggi penampang (mm).

t_f = tebal pelat sayap (mm).

t_w = tebal pelat badan (mm).

2.2.1. Jenis *Link* Berdasarkan Panjangnya

Bentang geser yang ditunjukkan oleh kantilever pada Gambar 2.c memiliki hubungan dengan $M_p = d_{vb} \cdot V_p$ dimana balok kantilever tersebut diumpamakan sebagai *link*. Balok ini akan berperilaku sebagai momen link jika panjang *link* lebih besar dari d_{vb} dan akan berperilaku sebagai *shear link* jika panjang *link* lebih kecil dari d_{vb} [4]. kondisi batas antara leleh geser dan leleh lentur pada *link* untuk jenis struktur *EBF* dirumuskan dengan persamaan:

$$e_b = 2d_{vb} = \frac{2M_p}{V_p} \quad (2.5)$$

Dimana :

e_b = panjang link pada kondisi berimbang (mm)



a. Link berada dekat kolom

b. Link berada di tengah kolom

Gambar 4: Letak link pada sistem *EBF*.

Jenis *link* berdasarkan panjangnya dapat dibedakan menjadi 4 kelompok, yaitu:

a. $e \leq 1,6M_p/V_p$, link geser murni.

Jenis *link* ini leleh akibat gaya geser pada respon/deformasi inelastik.

b. $1,6M_p/V_p < e \leq 2,6 M_p/V_p$, link dominan geser.

Jenis *link* ini leleh akibat dominasi geser (pada kombinasi geser dan lentur) pada respon/deformasi inelastik.

c. $2,6 M_p/V_p < e < 5.0 M_p/V_p$, link dominan lentur.

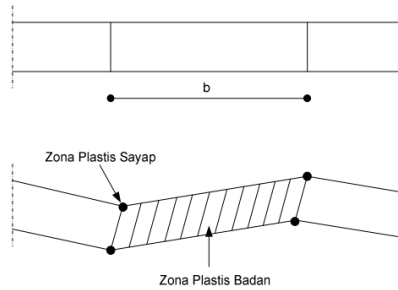
Jenis *link* ini leleh akibat dominasi lentur (pada kombinasi geser dan lentur) pada respon/deformasi inelastik.

d. $e \geq 5.0 M_p/V_p$, link lentur murni.

Jenis *link* ini leleh akibat lentur pada respon/deformasi inelastik.

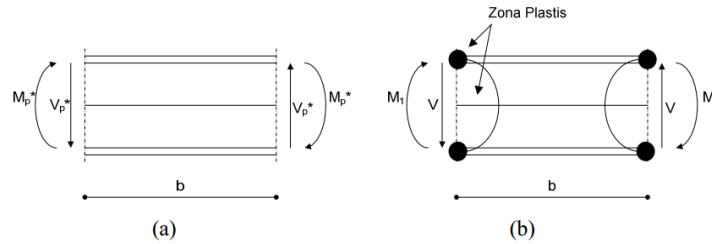
2.2.2. Perilaku Inelastik Elemen Link

Plastifikasi yang terjadi pada elemen *link* disebabkan oleh kombinasi geser dan momen yang bekerja pada kedua ujungnya.



Gambar 5: Pembentukan sendi plastis geser.

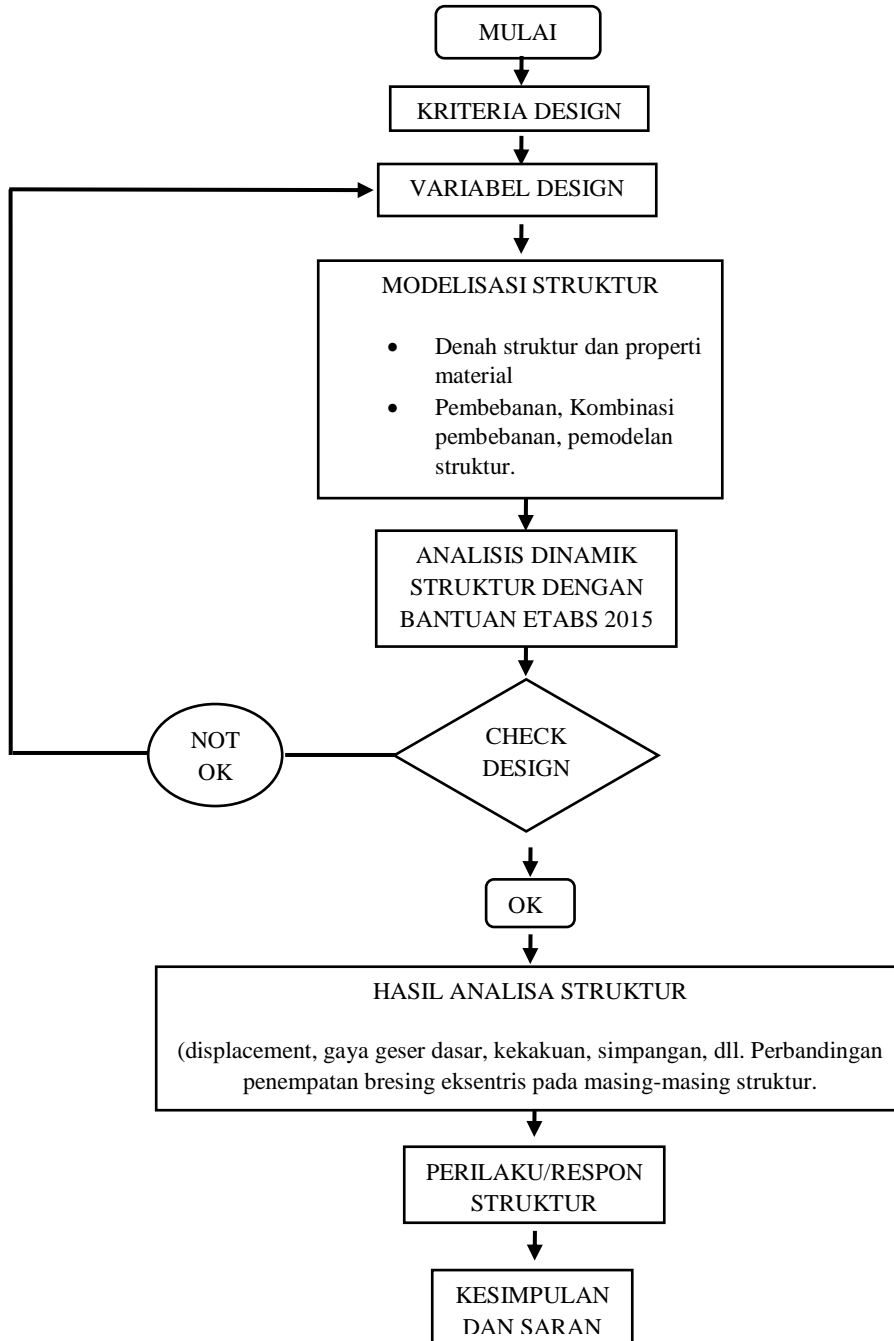
Plastifikasi geser yang terjadi pada link ditandai dengan terbentuknya sendi plastis geser pada kondisi beban batas, yaitu V_p pada badan dan M_p pada sayap, seperti terlihat pada gambar 2.e. Ketika gaya terus bertambah maka kelelahan selanjutnya akan berpindah dari ujung sebelah kiri ke sebelah kanan, hal ini terjadi karena ujung sebelah kiri telah mencapai kapasitas gesernya. Perambatan plastifikasi ini terjadi karena adanya redistribusi momen pada kedua ujung *link* [5]. Ketika seluruh penampang *link* telah mengalami plastifikasi, maka tercapailah kondisi $M_1 = M_2 = M_p$ dan $V = V_p$.



Gambar 6: Keseimbangan dan plastifikasi: a) Keseimbangan sendi geser, b) Plastifikasi geser link.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun tahapan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

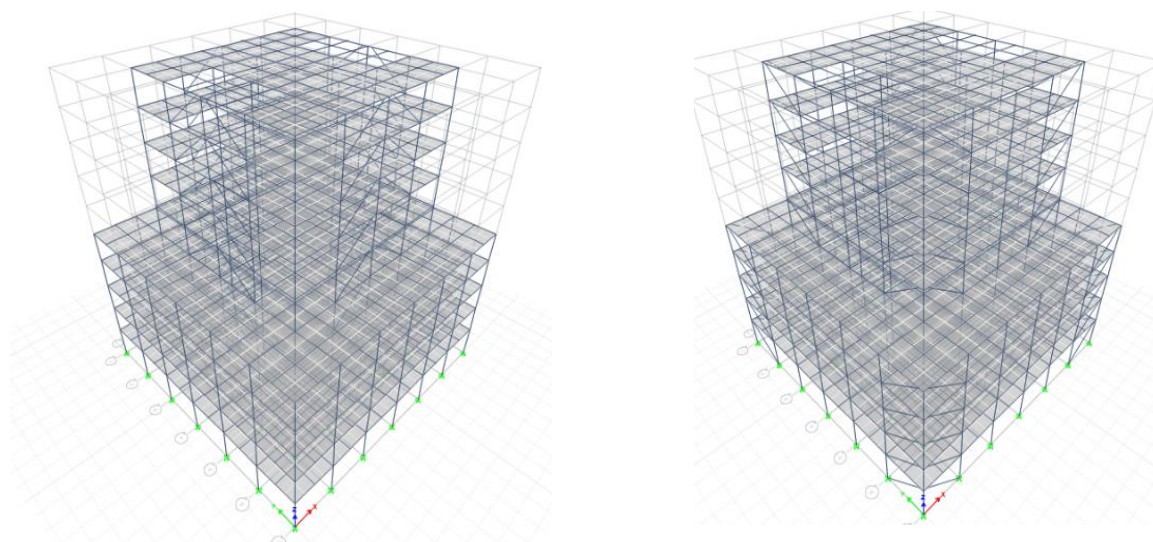


Gambar 6: Diagram alir penelitian.

4. ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR

Setelah semua elemen yang dirancang pada struktur sesuai dengan ketentuan-ketentuan SNI 1726:2012[6] tentang perencanaan struktur tahan gempa, dan kebutuhan gaya dalam yang terjadi pada

struktur maka penulis mencoba untuk menguraikan hasil dari setiap tahap yang direncanakan yaitu hasil dari output *software* ETABS serta perbandingan hasil dari struktur tersebut.



Gambar 8 dan 9: Model 3D EBF dengan penempatan bresing link ditengah dan ditepi.

4.2. Hasil Analisis Respon Spektrum

Tabel 4.1: Data perioda struktur model 1 output program ETABS.

Case	Mode	Periode	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1,165	0	0,769	0	0	0,769
Modal	2	1,099	0,7519	0	0	0,7519	0,769
Modal	3	0,648	0	0	0	0,7519	0,769
Modal	4	0,506	0	0,1246	0	0,7519	0,8936
Modal	5	0,471	0,1276	0	0	0,8794	0,8936
Modal	6	0,348	0	0	0	0,8794	0,8936
Modal	7	0,262	0	0,0731	0	0,8794	0,9667
Modal	8	0,236	0,0751	0	0	0,9545	0,9667
Modal	9	0,173	0	0	0	0,9545	0,9667
Modal	10	0,172	0	0,0138	0	0,9545	0,9805
Modal	11	0,156	0,016	0	0	0,9705	0,9805
Modal	12	0,136	0	0,0119	0	0,9705	0,9923

Tabel 4.2: Hasil selisih presentase nilai perioda model-1 pada arah X.

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	6	OK	NOT OK
T2-T3	41,04	NOT OK	OK
T3-T4	21,91	NOT OK	OK
T4-T5	6,92	OK	NOT OK
T5-T6	26,11	NOT OK	OK
T6-T7	24,71	NOT OK	OK
T7-T8	9,92	OK	NOT OK

Tabel 4.3: Hasil selisih presentase nilai perioda model-1 pada arah Y.

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	6	OK	NO OK
T2-T3	41,04	NO OK	OK

Tabel 4.3: Lanjutan

T3-T4	21,91	NO OK	OK
T4-T5	6,92	OK	NO OK
T5-T6	26,11	NO OK	OK
T6-T7	24,71	NO OK	OK

Tabel 4.4: Data perioda struktur model 2 output program ETABS.

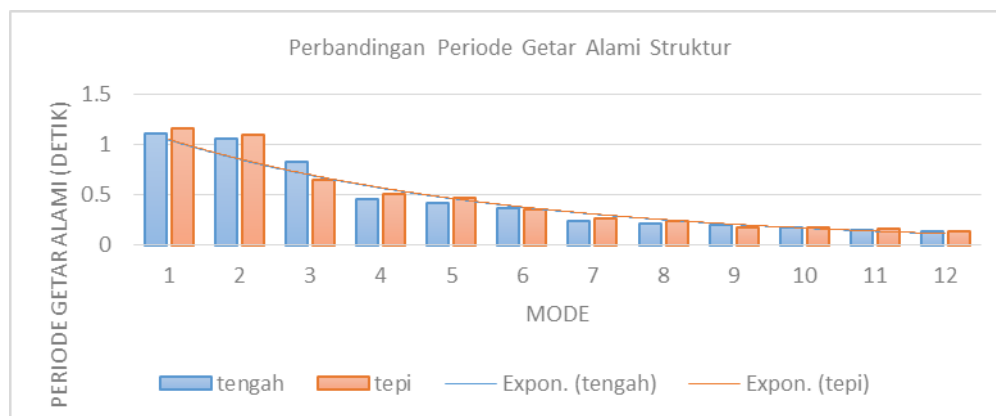
Case	Mode	Periode	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
		sec					
Modal	1	1,107	0	0,7543	0	0	0,7543
Modal	2	1,064	0,7365	0	0	0,7365	0,7543
Modal	3	0,828	0	0	0	0,7365	0,7543
Modal	4	0,458	0	0,163	0	0,7365	0,9173
Modal	5	0,412	0,166	0	0	0,9025	0,9173
Modal	6	0,365	0	0	0	0,9025	0,9173
Modal	7	0,239	0	0,0502	0	0,9025	0,9674
Modal	8	0,211	0,054	0	0	0,9565	0,9674
Modal	9	0,199	0	0	0	0,9565	0,9674
Modal	10	0,173	0	0,013	0	0,9565	0,9804
Modal	11	0,148	0,0158	0	0	0,9723	0,9804
Modal	12	0,135	0	0,0117	0	0,9723	0,9922

Tabel 4.5: Hasil selisih presentase nilai perioda model-2 pada arah X.

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	4	OK	NOT OK
T2-T3	22,18	NOT OK	OK
T3-T4	44,69	NOT OK	OK
T4-T5	10,04	OK	NOT OK

Tabel 4.6: Hasil selisih presentase nilai perioda model-2 pada arah Y.

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	4	OK	NO OK
T2-T3	22,18	NO OK	OK
T3-T4	44,69	NO OK	OK



Gambar 4.1: Perbandingan periode getar alami struktur bresing eksentris di tengah dan di tepi struktur.

4.2.2. Gaya Geser Dasar

Tabel 4.7: Gaya geser dasar (*base reaction*) output ETABS untuk model 1.

Base Reactions	Vtx	Vty	C _s W	Satuan
Gempa X	308826	0,00001821	639124,90	Kg
Gempa Y	2,4E-05	315416,98	639124,90	Kg

Tabel 4.8: Gaya geser dasar (*base reaction*) output ETABS untuk model 2.

Base Reactions	Vtx	Vty	C _s W	Satuan
Gempa X	305855	0,00002985	639304,82	Kg
Gempa Y	0,0001	311761,77	639304,82	Kg

4.2.4. Kekakuan Tingkat

Tabel 4.9: Distribusi kekakuan arah X pada model 1(bresing eksentris di tepi).

Tingkat	Tinggi Tingkat (m)	Kekakuan Total X Arah X	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan 3 Tingkat (Kr)	Ki/Kr
Story10	35,5	89832,013			
Story9	32	180124,993	200,5131433	167363,742	
Story8	28,5	232134,22	128,8739648	230195,991	138,70042
Story7	25	278328,76	119,8999269	277412,9927	120,90947
Story6	21,5	321775,998	115,6100426	336140,192	115,99168
Story5	18	408315,818	126,8944298	389652,5863	121,47188
Story4	14,5	438865,943	107,4819842	441069,0517	112,63006

Story3	11	476025,394	108,467153	481418,809	107,92537
Story2	7,5	529365,09	111,2052207	572457,3173	109,95937
Story1	4	711981,468	134,4972461		124,37285

Tabel 4.10: Distribusi kekakuan arah Y pada model 1(bresing eksentris di tepi).

Tingkat	Tinggi Tingkat	Kekakuan Total Y	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
	(m)	Arah Y		3 Tingkat (Kr)	%
Story10	35,5	78659,765			
Story9	32	162147,469	206,1377491	150412,0663	
Story8	28,5	210428,965	129,7762872	209789,806	139,90165
Story7	25	256792,984	122,0330975	254821,2843	122,40489
Story6	21,5	297241,904	115,7515674	310115,586	116,6472
Story5	18	376311,87	126,6012177	358665,3837	121,34568
Story4	14,5	402442,377	106,9438434	405650,19	112,20553
Story3	11	438196,323	108,8842398	439629,3093	108,0232
Story2	7,5	478249,228	109,1404019	486363,3857	108,78466
Story1	4	542644,606	113,4648159		111,57185

Tabel 4.11: Distribusi kekakuan arah X pada model 2 (bresing eksentris di tengah).

Tingkat	Tinggi Tingkat	Kekakuan Total X	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
	(m)	Arah X		3 Tingkat (Kr)	%
Story10	35,5	101328,621			
Story9	32	200483,304	197,8545667	185434,088	
Story8	28,5	254490,339	126,9384203	250960,8947	137,24032
Story7	25	297909,041	117,0610414	297649,196	118,70736
Story6	21,5	340548,208	114,312814	369280,1393	114,41261
Story5	18	469383,169	137,8316367	442636,2577	127,10761
Story4	14,5	517977,396	110,3527843	519228,461	117,021
Story3	11	570324,818	110,1061209	574634,0377	109,84082

Tabel 4.11 : Lanjutan

Story2	7,5	635599,899	111,4452465	681903,5333	110,60951
Story1	4	839785,883	132,1249239		123,15318

Tabel 4.12: Distribusi kekakuan arah Y pada model 2(bresing eksentris di tengah).

Tingkat	Tinggi Tingkat	Kekakuan Total X	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
	(m)	Arah X		3 Tingkat (Kr)	%
Story10	35,5	90595,103			
Story9	32	177215,286	195,6124339	162513,4197	
Story8	28,5	219729,87	123,9903594	218495,483	135,20722
Story7	25	258541,293	117,663244	256712,8923	118,32798
Story6	21,5	291867,514	112,8900961	325504,3257	113,69414
Story5	18	426104,17	145,9923251	393432,854	130,90584
Story4	14,5	462326,878	108,5009044	465106,7397	117,511
Story3	11	506889,171	109,6386983	506565,1923	108,98341
Story2	7,5	550479,528	108,5995834	555087,546	108,66904
Story1	4	607893,939	110,4298903		109,51316

4.2.5. Simpangan antar lantai

Tabel 4.13: Simpangan antar lantai arah X untuk model 1 (bresing eksentrik di tepi).

Story	elevasi (hsx)	Load Case/Combo	UX	δ_{xe}	δ_x	syarat (mm)	cek
	mm		mm	mm	mm	mm	0,02*hsx
10	3500	Gempa-X Max	46,063	2,89	20,36	70	OK
9	3500	Gempa-X Max	43,169	3,54	24,93	70	OK
8	3500	Gempa-X Max	39,626	4,16	29,27	70	OK
7	3500	Gempa-X Max	35,466	4,48	31,54	70	OK
6	3500	Gempa-X Max	30,983	4,67	32,83	70	OK
5	3500	Gempa-X Max	26,317	4,95	34,86	70	OK
4	3500	Gempa-X Max	21,363	5,57	39,16	70	OK
3	3500	Gempa-X Max	15,797	5,81	40,85	70	OK
2	3500	Gempa-X Max	9,991	5,64	39,70	70	OK
1	4000	Gempa-X Max	4,349	4	30,60	80	OK

Tabel 4.14: Simpangan antar lantai arah Y untuk model 1 (bresing eksentrik di tepi).

Story	elevasi (hsx)	Load Case/Combo	UY	δ_{ye}	δ_y	syarat (mm)	cek
	mm		mm	mm	mm	mm	0,02*hsx
10	3500	Gempa-Y Max	51,751	3,29	22,67	70	OK
9	3500	Gempa-Y Max	48,46	3,92	27,02	70	OK
8	3500	Gempa-Y Max	44,538	4,58	31,56	70	OK
7	3500	Gempa-Y Max	39,957	4,85	33,41	70	OK
6	3500	Gempa-Y Max	35,107	5,04	34,69	70	OK
5	3500	Gempa-Y Max	30,072	5,40	37,23	70	OK
4	3500	Gempa-Y Max	24,668	6,12	42,15	70	OK
3	3500	Gempa-Y Max	18,55	6,38	43,95	70	OK
2	3500	Gempa-Y Max	12,17	6,34	43,69	70	OK
1	4000	Gempa-Y Max	5,828	6	40,15	80	OK

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan dari tugas akhir ini maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Kinerja dan perilaku sistem rangka bresing eksentris sangat berpengaruh pada kinerja struktur dalam mendisipasi energi gempa. Struktur dengan dimensi yang sama, akan berbeda sifat hanya dengan perbedaan penempatan bresing eksentris pada struktur setback vertikal. Sehingga menghasilkan struktur yang lebih efisien dan ekonomis di bandingkan sistem rangka pemikul momen. Bresing dengan tata letak di tengah memiliki simpangan dan kekakuan yang lebih mendominasi, hal tersebut dikarenakan struktur bresing eksentris di tengah lebih mendekati pusat massa dan pusat kekakuan dari struktur setback vertikal tersebut.
- Dimensi balok link dari setiap penempatan tata letaknya adalah balok IWF 180.100.6.10 dengan panjang 500 mm dengan fungsi sebagai link dominan geser.
- Drift story* yang terjadi pada struktur:
 - struktur model 1 (bresing eksentris di tepi) maksimum pada arah X = 40,85 mm, pada arah Y = 43,95 mm.

- Struktur model 2 (bresing eksentris di tengah) maksimum pada arah X = 33,90 mm, pada arah Y = 37,91 mm.
- 4. Nilai *base shear* pada struktur model 1 pada arah X = 308826,26 kg arah Y = 315416,98 kg.
- 5. Nilai *base shear* pada struktur model 2 pada arah X = 305855,19 kg, arah Y = 311761,77 kg.
- 6. Presentase distribusi kekakuan dan kekuatan bresing dan link pada arah X model 1= 61,36%, model 2= 58,75%.
- 7. Presentase distribusi kekakuan dan kekuatan bresing dan link pada arah Y model 1= 56,38%, model 2= 72,62%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. S. Prinz and P. W. Richards, "Eccentrically braced frame links with reduced web sections," *J. Constr. Steel Res.*, 2009.
- [2] N. Mansour, C. Christopoulos, and R. Tremblay, "Experimental Validation of Replaceable Shear Links for Eccentrically Braced Steel Frames," *J. Struct. Eng.*, 2011.
- [3] S. Furukawa, S. Goel, and S. Chao, "Seismic evaluation of eccentrically braced steel frames designed by performance-based plastic design method," *14th World Conf.*, 2008.
- [4] G. Yiğitsoy, C. Topkaya, and T. Okazaki, "Stability of beams in steel eccentrically braced frames," *J. Constr. Steel Res.*, 2014.
- [5] M. Ohsaki and T. Nakajima, "Optimization of link member of eccentrically braced frames for maximum energy dissipation," *J. Constr. Steel Res.*, 2012.
- [6] Badan Standarisasi Nasional, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum., 2012.
- [7] Badan Standarisasi Indonesia, *Spesifikasi Untuk Bangunan Baja Struktural SNI 1729:2015*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum., 2015.
- [8] Departemen Pekerjaan Umum, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1987.
- [9] Standar Nasional Indonesia, *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain SNI 1727:2013*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum., 2013.
- [10] Standar Nasional Indonesia, *Baja Profil H beam*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum., 2011.
- [11] Standar Nasional Indonesia, *Baja Profil I Beam Proses Canai Panas SNI 0329-2005*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum., 2005.
- [12] Parman, "Kajian Perilaku Struktur Rangka Berpengaku Eksentrik Tipe-D Dengan Inovasi Pengaku Badan Pada Elemen Link," Medan, USU, 2013.