

PENGARUH PENEMPATAN BRESING *INVERTED V* DAN *X-ONE STORY* TERHADAP SIMPANGAN HORIZONTAL PADA GEDUNG BERTINGKAT STRUKTUR BAJA

Dyah Ayu Utari Mahadewi¹, Utari Khatulistiani¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Email: dyahayuutarimahadewi9@gmail.com; utari.kh@uwks.ac.id (email: utari.kh@uwks.ac.id)

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisa simpangan horisontal gedung bertingkat 10 lantai, menggunakan struktur baja. Gedung difungsikan untuk hotel, lokasi berada di Mataram yang termasuk wilayah gempa tinggi. Untuk menjamin bahwa struktur mampu menahan gaya lateral yang disebabkan oleh beban gempa, pada gedung diberi bresing (*bracing*) sebagai pengaku. Digunakan 2 tipe gedung, satu gedung menggunakan bresing tipe *X-one story* dan lainnya *inverted V*. Masing-masing gedung dibuat 4 model yang dibedakan dari penempatan bresingnya, baik arah X dan Y. Hasil analisa diperoleh nilai simpangan horisontal yang paling kecil terjadi pada gedung Model 1, baik simpangan horisontal arah X maupun arah Y, menggunakan bresing *inverted V* yang dipasang di bagian tepi kiri dan kanan, dan di tengah gedung. Bresing *inverted V* juga menghasilkan nilai simpangan horisontal lebih kecil dibanding menggunakan bresing *X-one story*. Hal ini menunjukkan bahwa bresing *inverted V* mampu memberikan stabilitas lebih baik dibanding tipe *X-one story* saat terkena gaya gempa.

Kata Kunci: struktur baja, bresing tipe *inverted V*, bresing tipe *X-one story*, gempa.

ABSTRACT

This study analyzes the horizontal deviation of a 10-story building structure, using steel structure. The function of building is for a hotel, and the location is in Mataram, which is a high earthquake zone. For ensure that the structure is able to withstand lateral forces caused by earthquake loads, a bracing system is use as a stiffener. Two types of buildings are used, one building using bracing of X-one type, and the other inverted V. Each building consists of four models that are distinguished from the placement of the bracing, both in the X and Y axis directions. The result of analyses show that the smallest horizontal deviation value occurs in the building of Model 1, both in the X and Y axis directions, using bracing of inverted V which are installed on the left and right edges, and the middle of the building. The horizontal deviation value of inverted V bracing is smaller than using X-one story type. This show that inverted V are able to provide better performance than the X-one story type, when exposed to earthquake force.

Key words: steel structure, bracing of inverted V type, bracing of X-one story type, earthquake.

1. PENDAHULUAN

Perencanaan suatu gedung di daerah rawan gempa, harus dirancang agar struktur yang menerima gaya lateral tidak boleh runtuh, tetapi boleh mengalami kerusakan non struktural. Hal ini guna dapat melindungi penghuni yang berada di dalam gedung saat terjadi gempa. Struktur gedung bertingkat tinggi harus mampu menahan gaya vertikal akibat beban gravitasi dan gaya lateral akibat beban gempa atau angin. Gaya gempa yang dikonversikan menjadi gaya lateral akan menimbulkan pergoyangan pada gedung ke arah samping. Besarnya

pergoyangan ini dapat diketahui dari nilai simpangan horisontal yang terjadi. Semakin besar nilai simpangan horisontal, menunjukkan bahwa pergoyangan yang terjadi semakin besar. Untuk mengurangi besarnya pergoyangan yang terjadi pada struktur gedung stuktur baja di daerah gempa tinggi, maka dibutuhkan bresing (*bracing*).

Bresing merupakan elemen dari struktur baja yang ditambahkan secara diagonal pada setiap lantai. Bresing (*bracing*) berfungsi sebagai pengaku pada struktur gedung untuk memecah

gaya gempa menjadi gaya aksial yang bekerja pada elemen bresing. Menurut SNI 03-1729-2002 bresing pada gedung struktur baja ada 2 tipe yaitu Sistem Rangka Bresing Konsentrik (SRBK) dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE). SRBK terdiri dari beberapa tipe antara lain tipe X, tipe *two story* X, tipe V, tipe *inverted V* (V terbalik), tipe K, tipe Z, dan tipe diagonal. Dari berbagai tipe SRBK tersebut, belum diketahui tipe bresing yang memiliki kemampuan sangat baik dalam menahan gaya gempa pada struktur gedung bertingkat. Pada penelitian ini menggunakan bresing tipe *inverted V* dan *X-one story* dan ditinjau simpangan horisontal yang terjadi. Bresing tipe *inverted V* memiliki daktilitas dan kekuatan yang tinggi dibandingkan dengan tipe yang lain (Autoshare, 2012).

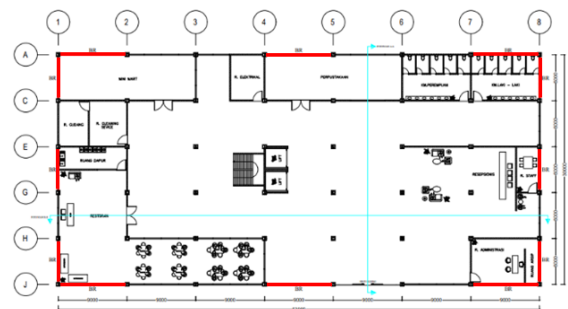
Maksud dan tujuan dari penelitian struktur gedung 10 lantai menggunakan 2 tipe bresing yang berbeda, antara lain : 1) untuk mengetahui nilai simpangan horisontal bila menggunakan tipe bresing *inverted V* dan *X-one story* dengan penempatan yang berbeda-beda pada gedung, 2) untuk mengetahui nilai simpangan horisontal pada gedung 10 lantai di Kota Mataram menggunakan bresing tipe *inverted V* dan *X-one story* sehingga akan diketahui tipe bresing yang dapat memberi stabilitas lebih baik pada gedung, dan 3) untuk mengetahui pengaruh dari bresing yang diletakkan di bagian tengah portal terhadap nilai simpangan horisontal.

2. METODE PENELITIAN

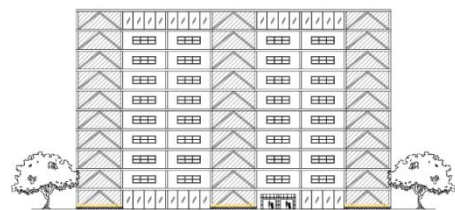
Obyek penelitian gedung akan difungsikan sebagai hotel, terdiri dari 10 lantai, dengan ukuran panjang 63 meter, lebar 30 meter dan tinggi 40 meter. Lokasi di Kota Mataram yang merupakan wilayah gempa zona 4 di Indonesia. Dibuat dua tipe gedung, satu gedung menggunakan bresing tipe *inverted V* dan lainnya menggunakan tipe *X-one story*. Penempatan bresing seperti ditampilkan pada Denah Gedung (Gambar 1) berupa garis berwarna merah.

Gedung menggunakan bresing *inverted V* dan *X-one story* masing-masing terdiri dari 4 model yang dibedakan dari penempatan bresing, baik arah sumbu X (portal memanjang) dan Y (portal melintang), dengan penamaan Model 1, Model 2, Model 3 dan Model 4. Model 1 portal menggunakan bresing *inverted V* diletakkan di

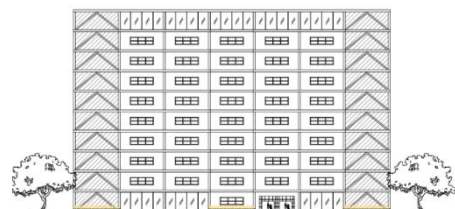
ujung-ujung dan di tengah portal, baik arah X maupun arah Y (Gambar 2 dan Gambar 4). Model 2, bresing pada portal arah X hanya ditempatkan di ujung tepi (Gambar 3), dan pada portal arah sumbu Y bresing ditempatkan di ujung tepi dan di tengah (Gambar 4). Model 3, bresing pada portal arah X diletakkan di ujung-ujung dan di bagian tengah (Gambar 2), dan arah Y bresing hanya diletakkan di ujung-ujung portal (Gambar 5). Model 4, bresing hanya diletakkan di ujung-ujung portal tanpa ada bresing di bagian tengah, seperti ditampilkan pada Gambar 3 (arah X) dan Gambar 5 (arah Y).



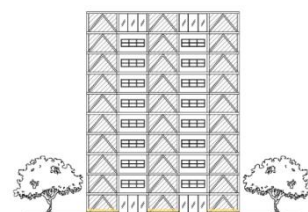
Gambar 1. Denah Letak Bresing



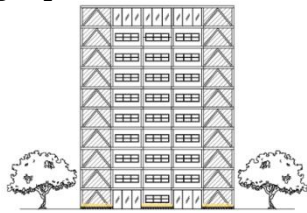
Gambar 2. Tampak Model 1 dan Model 3 Bresing Tipe *Inverted V* Arah Sumbu X



Gambar 3. Tampak Model 2 dan Model 4 Bresing Tipe *Inverted V* Arah Sumbu X

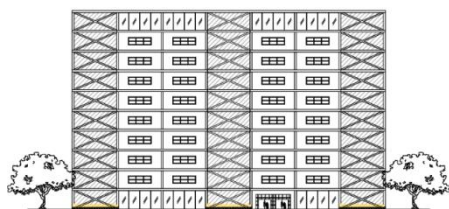


**Gambar 4. Tampak Model 1 dan Model 2
 Bresing Tipe *Inverted V* Arah Sumbu Y**

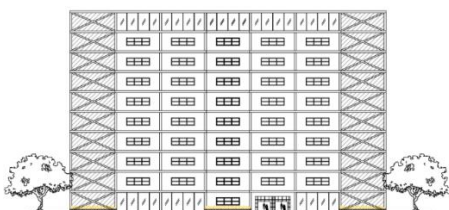


**Gambar 5. Tampak Model 3 dan Model 4
 Bresing Tipe *Inverted V* Arah Sumbu Y**

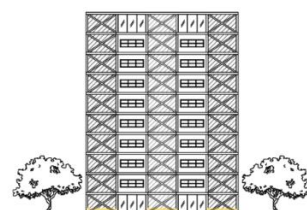
Model menggunakan bresing tipe *X-one story* portal arah X dan Y penempatan bresing sama seperti tipe *inverted V*. Model 1, 2, 3 dan 4 masing-masing ditampilkan pada Gambar 6, 7, 8 dan 9. Variasi penempatan bresing pada model portal hanya pada penempatan bresing di bagian tengah. Bresing di bagian ujung-ujung portal tidak dijadikan sebagai variasi pemodelan. Dari perencanaan yang pernah dilakukan oleh Wijanarko dan Utari (2017) dan Andriansyah dan Utari (2020) diketahui bila pada ujung-ujung portal tidak diberi bresing, maka simpangan horisontal yang terjadi sangat besar.



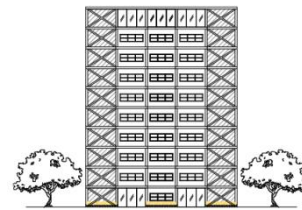
**Gambar 6. Tampak Model 1 dan Model 3
 Bresing Tipe *X-One Story***



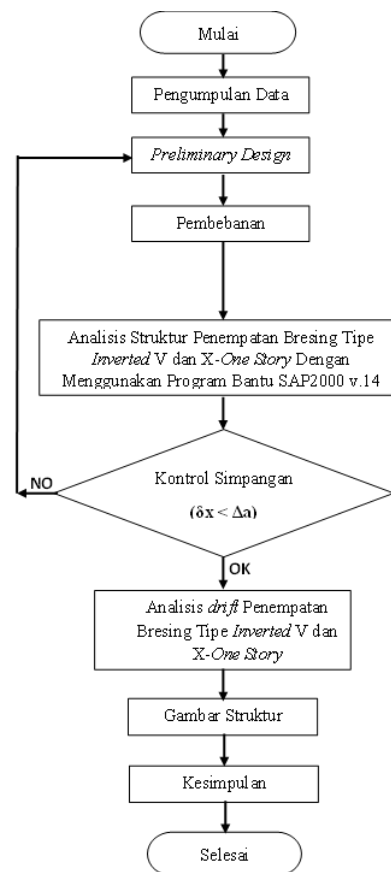
**Gambar 7. Tampak Model 2 dan Model 4
 Bresing Tipe *X-One Story***



**Gambar 8. Tampak Model 1 dan Model 2
 Bresing Tipe *X-One Story* Arah Sumbu Y**



**Gambar 9. Tampak Model 3 dan Model 4
 Bresing Tipe *X-One Story* Arah Sumbu Y**

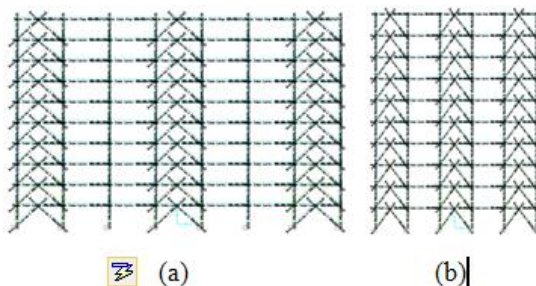


Gambar 10. Diagram Alir

Diagram alir analisa struktur gedung hotel seperti pada Gambar 10. Analisa mengacu pada SNI 03-1729-2002 (Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung) dan SNI 1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung). Dimensi yang digunakan untuk balok induk lantai adalah WF 400.400.20.35, balok induk atap WF 400.400.21.21, balok anak lantai WF 400.400.13.21, balok anak atap WF 350.350.12.19 dan kolom HC45

(498.432.45.70). Pada penelitian ini tidak meninjau aspek biaya dan metode pelaksanaan konstruksi. Juga tidak meninjau sistem utilitas bangunan, seperti pekerjaan *finishing*, manajemen konstruksi, sanitasi, mekanikal elektrik serta arsitektur.

Analisis struktur gedung sistem rangka bresing konsentrik *inverted V* dan *X-one story* menggunakan program SAP2000 v.14. Salah satu hasil luaran dari portal gedung arah X dan Y seperti ditampilkan pada Gambar 11, yaitu untuk Model 1. Kombinasi beban yang digunakan pada analisis SAP2000 v.14 ada 18 macam kombinasi. Mengacu pada peraturan SNI 1726:2012 pasal 7.5 bahwa kategori desain seismik Kota Mataram termasuk kategori D maka struktur yang dirancang harus minimum sesuai dengan persyaratan pasal 7.5.3, dimana beban gempa dianggap bekerja 100% pada sumbu utama bersamaan dengan 30% arah tegak lurus sumbu utama. Kombinasi pembebanan mengacu pada peraturan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1, tentang kombinasi pembebanan terfaktor dan untuk kombinasi beban gempa direncanakan berdasarkan pada SNI 1726:2012 pasal 7.4, tentang faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal dan beban gempa nominal. Kombinasi pembebanan diinput melalui program bantu struktur SAP 2000 v.14, kemudian *run analyze* sehingga diketahui nilai gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur. Selanjutnya dilakukan *check of structure*, maka pada gambar struktur akan diketahui notasi warna yang menunjukkan kekuatan struktur apakah dimensi profil sudah mencukupi atau tidak. Hasil analisis diperoleh notasi warna pada struktur tersebut berwarna biru, dan hijau, maka struktur tersebut mampu menahan beban yang bekerja.



Gambar 11. Luaran SAP2000 Tipe Bresing *Inverted V* Model 1, a) Portal arah X, b) Portal arah Y

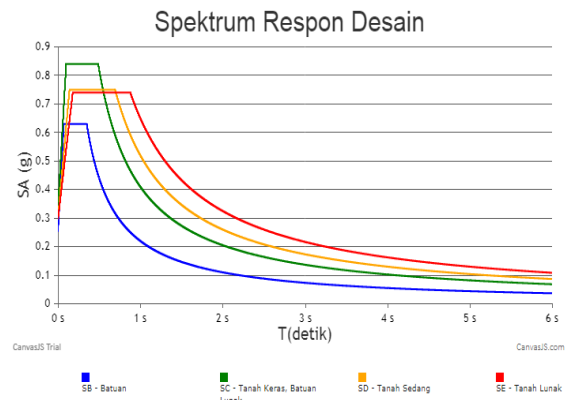
2.1 Beban Gempa

Klasifikasi situs tanah di Kota Mataram ditentukan dengan mengacu pada SNI 1726:2012 dan peta wilayah gempa tahun 2021 pada situs rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021 yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Dari hasil penyelidikan tanah di Kota Mataram, diperoleh nilai N rata-rata < 15 (Tabel 1), maka klasifikasi situs untuk desain seismik dapat dikategorikan sebagai tanah lunak.

Tabel 1. Klasifikasi Situs Kota Mataram

No	Kedalaman (m)	Tebal (m)	Nilai SPT	N' = T/N
1	0,00 – 1,50	1,50	2	0,750
2	1,50 – 3,00	1,50	3	0,500
3	3,00 – 4,50	1,50	5	0,300
4	4,50 – 6,00	1,50	3	0,500
5	6,00 – 7,50	1,50	2	0,750
6	7,50 – 9,00	1,50	3	0,500
7	9,00 – 10,50	1,50	5	0,300
8	10,50 – 12,00	1,50	12	0,125
9	12,00 – 13,50	1,50	21	0,071
10	13,50 – 15,00	1,50	22	0,068
11	15,00 – 16,50	1,50	18	0,083
12	16,50 – 18,00	1,50	19	0,079
13	18,00 – 19,50	1,50	31	0,048
14	19,50 – 21,00	1,50	32	0,047
15	21,00 – 22,50	1,50	34	0,044
16	22,50 – 24,00	1,50	40	0,038
Total (Σ)		24,00		4,204

Mengacu pada peraturan SNI 1726:2012
Tabel 3 Klasifikasi Situs
 $\Sigma N = \Sigma T / \Sigma N' = 24 / 4,204 = 5,71 < 15$
(Tanah Lunak)



Gambar 12. Respon Spektrum Kota Mataram
 (sumber : rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021)

Parameter respon spektra Kota Mataram ditentukan melalui situs rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021, dan diperoleh seperti pada Gambar 12.

Periode fundamental struktur T dalam arah yang ditinjau diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Nilai T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan pada periode yang dihitung (Cu) mengacu pada peraturan SNI 1726:2012 tabel 14. Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode alami fundamental struktur (T) yang diizinkan secara langsung menggunakan periode fundametal pendekatan, Ta yang dihitung dengan mengacu pada peraturan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1.

$$C_t = 0,0488^a = 0,75 \text{ (SNI 1726:2012, Tabel 15).}$$

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$T_a = 0,0488 \times 40^{0,75} = 0,7762$$

Kota Mataram memiliki nilai $S_{D1} = 0,65$. Nilai batas koefisien $C_u = 1,4$ (SNI 1726:2012 tabel 14). Periksa nilai Ta, maka :

$$T_a = 0,7762 < C_u = 1,4$$

Berdasarkan peraturan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1 distribusi gaya gempa berdasarkan beban geser dasar seismik, V dibagi pada sepanjang tinggi struktur gedung. Untuk menentukan nilai V, lebih dahulu ditentukan nilai koefisien beban geser dasar seismik Cs menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,74}{\left(\frac{6}{1,0}\right)} = 0,123$$

Perhitungan distribusi beban gempa statik ekuivalen (Fi) per-lantai diuraikan pada Tabel 3.

Berat per-lantai untuk lantai 1 hingga 9 dan lantai 10 (atap), diuraikan seperti pada Tabel 2, dan diperoleh nilai $W_{total} = 13187460,79$ kg, nilai $C_s = 0,123$ sehingga beban geser dasar gempa yang terjadi pada struktur adalah :

$$V = C_s \times W = 0,123 \times 13187460,79 = 1622057,677 \text{ kg.}$$

Nilai $T_a = 0,7762 < C_u = 1,4$, maka nilai $k = 1,1381$ yang diperoleh dengan cara interpolasi (SNI 1726:2012 pasal 7.8.3).

Beban gempa statik ekuivalen (Fi) diperoleh dengan menggunakan perumusan seperti pada Persamaan 1.

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i^k}{\sum W_i \cdot Z_i^k} \quad (1)$$

Tabel 2 Berat Struktur Per-lantai

Lantai	Tinggi (h) (m)	Berat perlantai (W) (kg)
10	40	814124,4
9	36	1374815,154
8	32	1374815,154
7	28	1374815,154
6	24	1374815,154
5	20	1374815,154
4	16	1374815,154
3	12	1374815,154
2	8	1374815,154
1	4	1374815,154
W Total =		13187460,79

Tabel 3 Distribusi Beban Gempa Statik Ekuivalen (Fi)

Lantai	Tinggi (Zi) (m)	Momen (Wi.Zi ^k)	Gaya Lateral (Fi _x = Fi _y)
10	40	54199495,9	201195,1619
9	36	81184325,47	301366,1518
8	32	70999534,42	263558,9609
7	28	60989470,94	226400,3802
6	24	51175574,26	189969,9947
5	20	41585942,49	154372,1079
4	16	32259175,47	119750,0073
3	12	23252009,23	86314,30392
2	8	14657200,37	54409,32155
1	4	6659609,845	24721,28677
Total (Σ)		436962338,4	1622057,677

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan simpangan antar lantai (Δ) dihitung berdasarkan perbedaan defleksi sebagai pusat massa ditingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Simpangan antar lantai (δx) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin (Δa) yang telah ditentukan pada SNI 1726:2012. Gedung hotel termasuk kategori resiko II. Struktur adalah sistem rangka baja bresing konsentrik khusus dan berada di wilayah yang punya tingkat gempa tinggi, sehingga Δa ditentukan sebesar 0,025.hsx (SNI 1726:2012 tabel 16). Berikut merupakan hasil analisis gedung menggunakan bresing tipe *inverted V* dan *X-one story* yang masing-masing dibuat 4 pemodelan berdasar penempatan bresingnya.

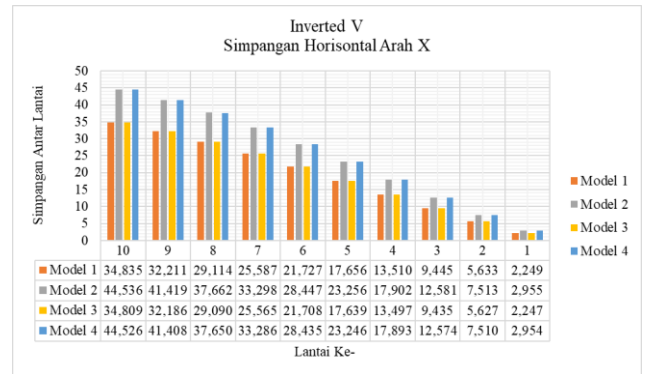
Hasil simpangan horisontal yang terjadi pada portal menggunakan bresing *inverted V* seperti diuraikan pada Tabel 4 dan Tabel 5 masing-masing untuk arah X dan arah Y. Gambar 13 dan 14 menampilkan grafik nilai simpangan horisontal portal arah X arah Y.

Tabel 4. Nilai Simpangan Antar Lantai Masing-masing Model Penempatan Bresing Inverted V Arah X

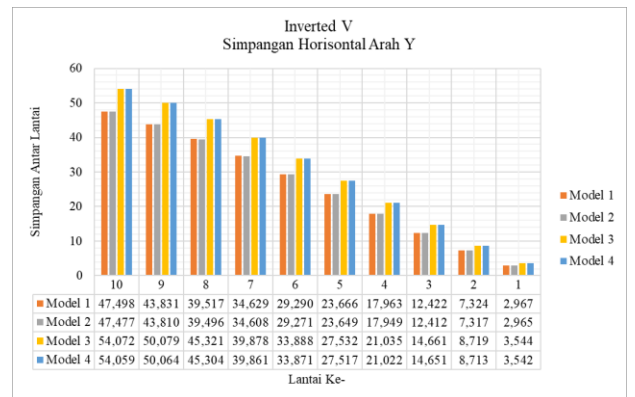
Lantai Ke-	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Δa (ijin)	Keterangan
	δx	δx	δx	δx		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
10	34,835	44,536	34,809	44,526	100	Aman
9	32,211	41,419	32,186	41,408	100	Aman
8	29,114	37,662	29,090	37,650	10	Aman
7	25,587	33,298	25,565	33,286	100	Aman
6	21,727	28,447	21,708	28,435	100	Aman
5	17,656	23,256	17,639	23,246	100	Aman
4	13,510	17,902	13,497	17,893	100	Aman
3	9,445	12,581	9,435	12,574	100	Aman
2	5,633	7,513	5,627	7,510	100	Aman
1	2,249	2,955	2,247	2,954	100	Aman

Tabel 5. Nilai Simpangan Antar Lantai Masing-masing Model Penempatan Bresing Inverted V Arah Y

Nilai simpangan horisontal yang diperoleh dari portal menggunakan bresing *X-one story* diuraikan pada Tabel 6 dan Tabel 7 masing-masing untuk portal arah X dan arah Y. Dalam bentuk grafik ditampilkan pada Gambar 15 dan Gambar 16 masing-masing untuk arah X dan arah Y.



Gambar 13. Nilai Simpangan Horisontal Arah X Bresing Inverted V



Gambar 14. Nilai Simpangan Horisontal Arah Y Bresing Inverted V

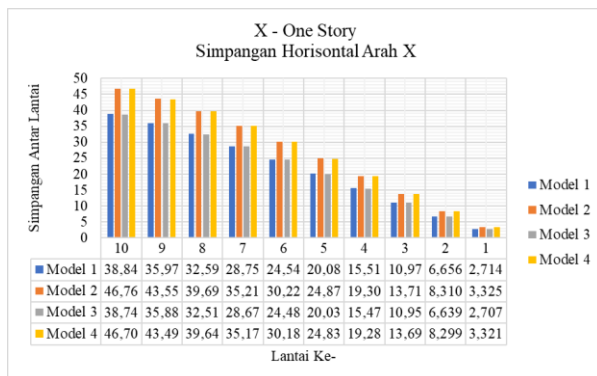
Tabel 6. Nilai Simpangan Antar Lantai Masing-masing Model Penempatan Bresing X-One Story Arah X

Lantai Ke-	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Δa (ijin)	Keterangan
	δx	δx	δx	δx		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
10	38,842	46,764	38,746	46,705	100	Aman
9	35,970	43,553	35,880	43,498	100	Aman
8	32,593	39,695	32,511	39,644	100	Aman
7	28,752	35,216	28,679	35,170	100	Aman
6	24,543	30,228	24,480	30,188	100	Aman
5	20,084	24,871	20,033	24,838	100	Aman
4	15,512	19,307	15,472	19,280	100	Aman
3	10,979	13,718	10,951	13,699	100	Aman
2	6,656	8,310	6,639	8,299	100	Aman
1	2,714	3,325	2,707	3,321	100	Aman

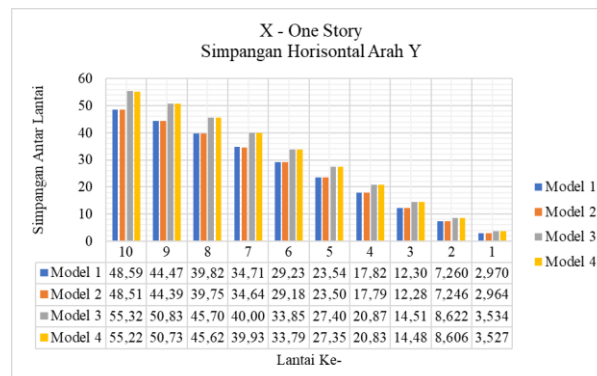
Tabel 7. Nilai Simpangan Antar Lantai Masing-masing Model Penempatan Bresing X-One Story Arah Y

Lantai Ke-	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Δa (ijin)	Keterangan
	δy	δy	δy	δy		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
10	38,842	46,764	38,746	46,705	100	Aman
9	35,970	43,553	35,880	43,498	100	Aman
8	32,593	39,695	32,511	39,644	100	Aman
7	28,752	35,216	28,679	35,170	100	Aman
6	24,543	30,228	24,480	30,188	100	Aman
5	20,084	24,871	20,033	24,838	100	Aman
4	15,512	19,307	15,472	19,280	100	Aman
3	10,979	13,718	10,951	13,699	100	Aman
2	6,656	8,310	6,639	8,299	100	Aman
1	2,714	3,325	2,707	3,321	100	Aman

10	48,599	48,514	55,323	55,224	100	Aman
9	44,470	44,392	50,830	50,739	100	Aman
8	39,822	39,752	45,702	45,620	100	Aman
7	34,711	34,649	40,005	39,933	100	Aman
6	29,237	29,184	33,852	33,790	100	Aman
5	23,546	23,503	27,404	27,354	100	Aman
4	17,827	17,795	20,873	20,834	100	Aman
3	12,309	12,286	14,512	14,484	100	Aman
2	7,260	7,246	8,622	8,606	100	Aman
1	2,970	2,964	3,534	3,527	100	Aman



Gambar 15. Nilai Simpangan Horizontal Arah X Bresing X-One Story



Gambar 16. Nilai Simpangan Horizontal Arah Y Bresing X-One Story

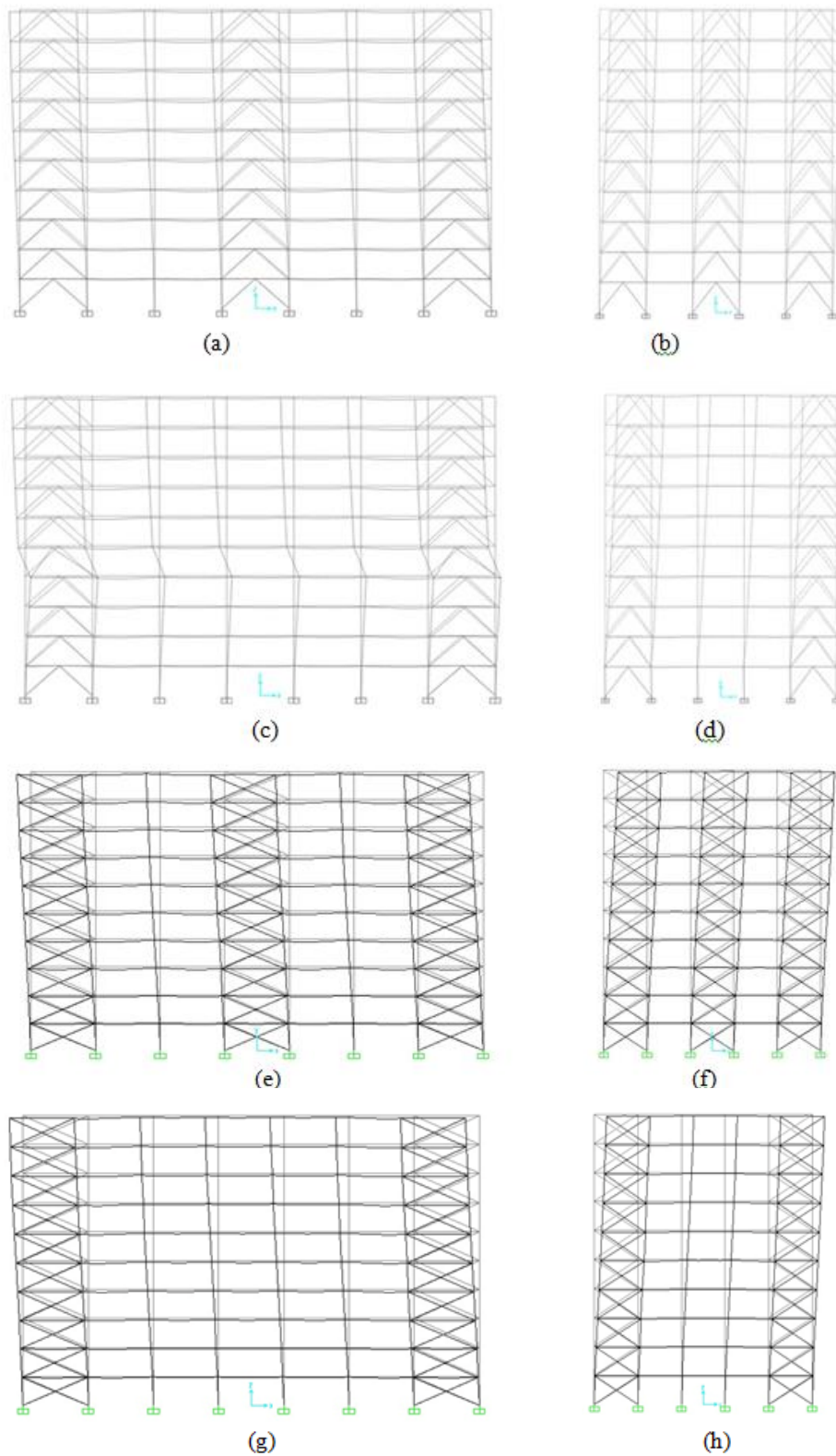
Hasil simpangan horizontal dari semua model struktur arah X dan Y diperoleh nilainya lebih kecil dari nilai simpangan horizontal izin (Δ). Hal ini menunjukkan bahwa elemen struktur tidak mengalami kegagalan (*failure*) akibat beban gempa. Dari semua model struktur dengan menggunakan bresing *inverted V* maupun *X-one story* diperoleh nilai simpangan horizontal terkecil terjadi pada Model 1, yaitu portal yang diberi bresing di ujung-ujung dan di bagian tengah. Hal ini menyebabkan struktur

lebih kaku dalam menahan gaya gempa, dan memiliki stabilitas yang sangat baik. Pada Model 1 diperoleh nilai simpangan horizontal portal dengan bresing *inverted V* lebih kecil dibanding menggunakan *X-one story*, dengan selisih nilainya pada arah X sekitar 4 mm (10%) dan arah Y sekitar 1,1 mm (2,26%).

Pada struktur Model 2 diperoleh nilai simpangan horizontal portal arah X (arah memanjang) lebih besar dibanding portal arah Y (arah melintang), baik struktur menggunakan bresing *inverted V* maupun *X-one story*. Bresing pada portal arah X hanya diletakkan di bagian ujung-ujung portal, tanpa bresing di bagian tengah, dan arah Y bresing ada di ujung-ujung serta di bagian tengah portal. Oleh karena itu portal arah Y lebih kaku dibanding arah X. Diketahui nilai simpangan horizontal portal menggunakan bresing *inverted V* lebih kecil dibanding *X-one story* dengan selisih nilainya pada arah X sekitar 2,23 mm (4,76%) dan arah Y sekitar 4,96 mm (10,22%).

Nilai simpangan horizontal struktur Model 3 diperoleh pada portal arah X (arah memanjang) lebih kecil dibanding portal arah Y (arah melintang), baik struktur menggunakan bresing *inverted V* maupun *X-one story*. Hal ini disebabkan pada portal arah X bresing ada di ujung-ujung dan tengah portal, sedangkan portal arah Y bresing hanya di bagian ujung-ujung saja tanpa ada di bagian tengah. Pada Model 3 diketahui nilai simpangan horizontal portal menggunakan bresing *inverted V* lebih kecil dibanding *X-one story* dengan selisih nilainya pada arah X sekitar 3,95 mm (10,18%) dan arah Y sekitar 19,443 mm (35,14%).

Nilai simpangan horizontal pada struktur Model 4 diperoleh nilainya paling besar dibanding model-model yang lain, baik portal arah X maupun Y. Hal ini disebabkan bresing hanya dipasang di ujung-ujung portal, tanpa ada bresing di bagian tengahnya. Pada Model 4 diperoleh nilai simpangan horizontal bresing *inverted V* lebih kecil dibanding *X-one story* dengan selisih nilai keduanya pada portal arah X sekitar 2,18 mm (4,67%) dan arah Y sekitar 1,16 mm (2,11%).



Gambar 17. Simpangan Horisontal yang Terjadi Pada Portal

Gambar 17(a) dan 17(b) menampilkan simpangan horisontal yang terjadi pada portal Model 1 menggunakan bresing *inverted V*, dan

Gambar 17(c) dan (d) pada portal Model 4. Portal dengan bresing *X-one story*, simpangan horisontal yang terjadi pada portal Model 1

ditampilkan pada Gambar 17(e) dan 17(f), dan portal Model 4 pada Gambar 17(g) dan (h).

Dari semua model, diketahui bahwa penempatan bresing di bagian tengah portal menghasilkan nilai simpangan horisontal yang terjadi lebih kecil dibanding struktur tanpa diberi bresing di bagian tengah, baik pada struktur yang menggunakan bresing *inverted V* maupun *X-one story*. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pemberian bresing di bagian tengah portal sangat mempengaruhi kekakuan dan stabilitas struktur dalam menahan gaya horisontal akibat beban gempa, baik portal arah bentang panjang maupun pendek.

Ditinjau dari tipe bresing yang digunakan, struktur dengan bresing *inverted V* menghasilkan nilai simpangan horisontal lebih kecil dibanding menggunakan bresing *X-one story* baik arah X maupun arah Y. Hal ini bisa disebabkan batang diagonal bresing tipe *inverted V* yang dipasang adalah utuh, sehingga gaya yang diterima oleh batang diagonal dapat dipindahkan secara maksimal. Pada bresing tipe *X-one story* sesuai namanya berbentuk silang dengan pertemuan batang diagonal pada bagian tengah yang menyebabkan perpindahan gaya tidak maksimal seperti pada tipe *inverted V*.

Bila salah satu arah dari portal model diberi bresing di bagian tengah tidak berpengaruh terhadap simpangan horisontal yang terjadi pada arah yang lainnya. Contoh pada Model 3, portal arah X (memanjang) diberi bresing di bagian tengah dan arah Y (melintang) tanpa bresing di bagian tengah. Nilai simpangan horisontal portal arah X lebih kecil dibanding arah Y. Tidak ada pengaruh kekakuan yang diberikan dari arah X ke portal arah Y. Hal ini disebabkan karena pada masing-masing arah portal diberi bresing di ujung-ujungnya. Bila salah satu arah dari portal diberi bresing di bagian tengah, maka tidak mempengaruhi peningkatan kekakuan pada arah yang lainnya, baik yang diberi bresing maupun tanpa bresing di bagian tengah.

4. KESIMPULAN

- 1) Dari hasil nilai simpangan horisontal yang terjadi diperoleh gedung menggunakan bresing *inverted V* lebih kecil dibanding menggunakan *X-one story* dengan selisih

nilai arah X (arah memanjang) sekitar 10% dan arah Y (arah melintang) sekitar 2,26%.

- 2) Bresing tipe *inverted V* menghasilkan kekakuan yang lebih baik dibanding bresing *X-one story*.
- 3) Bresing yang diletakkan di bagian tengah portal sangat mempengaruhi kekakuan struktur sesuai penempatannya, arah memanjang atau melintang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, J.M. (2011). Perbandingan Nilai Simpangan Horisontal (*drift*) Pada Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Menggunakan Bresing V dan *Inverted V*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta. <https://eprints.uns.ac.id/id/eprint/9015>
- Ali Asroni. (2010). Balok dan Pelat Beton Bertulang, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Andriansyah, Muhamad Dimas, dan Utari Khatulistiani. (2020). Perencanaan Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Menggunakan Struktur Baja Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus Tipe *Two Story- X* di Kota Yogyakarta, *Jurnal Axial*, Vol.8 No.2, 91-102.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 1726:2012, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2002). Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002, Pusat Litbang, Bandung.
- Fauzi, A. (2009). Modifikasi Perencanaan Menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus Pada Gedung Apartemen Metropolis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-17394-Paper-940461.pdf>
- Lukmansa, Indra. (2015). Studi Perbandingan Perencanaan Struktur Baja Menggunakan Profil Biasa dan Profil Kastela Pada Proyek Gedung PGN di Surabaya, *Jurnal Extrapolasi*, Vol. 8 No. 2, Surabaya, 207-216.
- Marjiyono. (2016). Potensi Penguatan Gelombang Gempabumi oleh Sedimen Permukaan Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat, *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 7 No. 3, 135-144.
- Moestopo, Muslinang. (200). Beberapa Ketentuan Baru Mengenai Desain Struktur

- Baja Tahan Gempa, Seminar dan Pameran HAKI, Konstruksi Tahan Gempa di Indonesia, Jakarta.
- Moestopo, Muslinang. (2012). Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa, Seminar dan Pameran HAKI, Seminar dan Pameran HAKI, Konstruksi Tahan Gempa di Indonesia Jakarta.
- Nugroho, Fajar. (2018). Pengaruh Penggunaan Bresing Cross dan Inverted V Terhadap Penulangan Kolom Bangunan Gedung Beton Bertulang, *Jurnal Momentum*, Vol. 20 No. 2, 94-101.
- Padosbajayo. (1994). Pengetahuan Dasar Struktur Baja, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.
- Panjaitan, Agustina dan Utari Khatulistiani. (2017). Perbandingan Bresing X-1 dan X-2 Pada Gedung Struktur Baja Ditinjau Dari Nilai Drift, *Jurnal Axial*, Vol. 6 No.1,1-8.
- Poluan, Danny Steven, Ronny Pandaleke, dan Servie O. Dapas. (2019). Respon Dinamik Struktur Rangka Baja Menara Air Dengan Variasi Elemen Pengaku Lateral, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7, No. 3, 367-378.
- Poulos, H.G. (ED.), and Davis, E.H. (1980). *Pile Foundation Analysis And Design*, Rainbow-Bridge Book C., Canada.
- Putra, Anak Agung Putu Ambara, Ida Bagus Gede Indramanik dan I Made Sudarma. (2015). Analisis Perbandingan Perencanaan Struktur Antara Pondasi Bore Pile Dengan Pondasi Tiang Pancang, *Jurnal Gradien*, Vol. 8 No. 2, 15-30.
- Rahmawati, Dayu Felli, dan Utari Khatulistiani. (2019). Analisis Drift Gedung Struktur Baja Tahan Gempa Menggunakan Kombinasi *Two Story-X Bracing* dan *X Bracing* di Surabaya, *Jurnal Axial*, Vol.7 No.1, 1-16.
- Rienanda, Farren Evangelistha, Ellen J. Kumaat, dan Reky S. Windah. (2019). Pengaruh *Bracing* Pada Bangunan Bertingkat Rangka Baja yang Berdiri di Atas Tanah Miring Terhadap Gempa, *Jurnal Sipil Statik*, Vol.7 No.6, 605-614.
- Schodek, Daniel L. (1992). *Struktur Baja*, Edisi 2, Terjemahan oleh Bambang Suryatmono, Erlangga, Jakarta.
- Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*, Erlangga, Jakarta.
- Wijanarko, Oky, dan Utari Khatulistiani. (2017). Studi Literatur Penempatan Letak Bresing Berbeda Pada Gedung Tahan Gempa Menggunakan Struktur Baja, *Prosiding Seminar Nasional Dies Natalis XXXVI*, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya.