

## PERILAKU STRUKTUR RANGKA BAJA DENGAN SISTEM BREISING KONSENTRIK TIPE-X AKIBAT VARIASI PERBANDINGAN L/H

I Nyoman Indra Kumara<sup>1\*</sup>, Gede Aryasena<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>1\*</sup>indrakumara@undiknas.ac.id

**Abstrak:** Breising yang memiliki kekuatan paling tinggi adalah breising tipe-X. Semakin besar rasio lebar bentang dengan tinggi tingkat ( $L/H$ ) maka kemiringan sudut pada breising akan semakin landai. Analisis perilaku struktur dengan rasio  $L/H$  dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur yang menggunakan analisis linear respon spektrum dan kinerja struktur dengan menggunakan analisis nonlinear statik pushover (ETABS 2016) untuk mengetahui target perpindahan yang terjadi pada struktur. Penelitian ini menunjukkan bahwa simpangan maksimum dan simpangan antar lantai tingkat terbesar berada pada tipe  $L/H=2$ , dengan gaya geser dasar terbesar pada analisis nonlinear pushover di setiap tingkat terjadi pada  $L/H=1$ . Hasil dari penelitian ini bahwa semakin besar tipe  $L/H$  pada struktur breising maka target perpindahan yang dihasilkan semakin besar. Apabila sudut breising semakin landai, maka simpangan dan target perpindahan yang terjadi semakin meningkat.

Kata kunci: breising, respon spektrum, pushover.

**Abstract:** Braising that has the highest strength is X-type bracing. The greater the ratio of the span width to the story height ( $L/H$ ), the slope of the angle on the braces will be gentler. Structural behavior analysis with the  $L/H$  ratio was carried out to determine the behavior of the structure using linear response spectrum analysis and structural performance using nonlinear static pushover analysis (ETABS 2016) to determine the target displacement in the structure. This study shows that the maximum drift and the largest story drift are at type  $L/H=2$ , with the most significant base shear force in the nonlinear pushover analysis at each story occurring at  $L/H=1$ . The results of this study show that the greater the type of  $L/H$  in the bracing structure, the greater the displacement target produced. If the angle of bracing becomes more sloping, then the displacement and target displacement increase.

Keywords: braising, spectrum response, pushover.

### I. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang sangat rentan dengan adanya gempa [1]. Oleh sebab itu, bangunan di Indonesia harus memperhitungkan dampak yang akan ditimbulkan gempa terhadap struktur bangunan. Dampak dari suatu struktur yang mengalami gaya gempa adalah struktur akan mengalami simpangan lateral. Sehingga, apabila simpangan lateral terlalu besar maka struktur tersebut akan mengalami keruntuhan [2]. Berdasarkan peraturan SNI 1726:2012 mengenai perencanaan bangunan tahan gempa, dalam merencanakan suatu bangunan harus memperhatikan sistem struktur pada bangunan tersebut agar struktur yang akan dibangun memiliki penahan gaya gempa (gaya lateral) [3]. Dari sisi material, yang sering digunakan dalam pembangunan gedung dengan tingkat tinggi adalah baja. Hal ini disebabkan karena baja memiliki daya elastisitas dan kekuatan yang sangat tinggi dibandingkan dengan beton [4].

Sistem yang dapat menahan gaya gempa salah satunya adalah sistem rangka breising. Terdapat beberapa bagian dalam sistem breising, diantaranya adalah sistem breising eksentrik dan sistem breising konsentrik. Selanjutnya terdapat dua tipe sistem breising konsentrik, yaitu sistem breising konsentrik biasa (SRBKB) dan sistem breising konsentrik khusus (SRBKK)[5].

Pada penelitian ini sistem breising yang akan diteliti adalah SRBKK karena tujuannya agar struktur tersebut mempunyai kekakuan struktur tertinggi apabila struktur tersebut mendapat gaya gempa yang telah direncanakan sebelumnya dalam perencanaan dibandingkan dengan SRBKB [6]. Selanjutnya, bangunan yang menggunakan sistem breising akan meminimalisir nilai deformasi yang terjadi pada struktur bangunan karena breising akan meningkatkan nilai dari kekakuan struktur tersebut. Breising memiliki beberapa macam tipe dan breising dengan tipe-X ialah tipe breising yang mempunyai nilai kekuatan struktur tertinggi dibandingkan dengan tipe-tipe breising lainnya [7]. Namun belum ada penelitian yang menggunakan variasi perbandingan lebar bentang dengan tinggi tingkat (L/H) pada sistem breising konsentrik yang menggunakan breising tipe-X.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari struktur rangka baja yang menggunakan breising konsentrik dengan tipe-X akibat dari variasi perbandingan antara lebar bentang dengan tinggi tingkat (L/H). Sehingga, akibat adanya perbandingan L/H akan membentuk variasi perbandingan sudut breising yang berbeda-beda. Hal tersebut akan menimbulkan perbedaan sudut, jadi akan diketahui kemampuan dari setiap breising konsentrik tipe-X dari masing-masing tipe L/H.

## II. METODOLOGI

Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai perilaku dan kinerja pada masing-masing struktur. Penelitian bertujuan untuk mengetahui perilaku struktur menggunakan analisis *linear respon spektrum*. Sedangkan untuk mengetahui kinerja struktur akan menggunakan analisis *pushover statik non-linear* menggunakan bantuan aplikasi ETABS 2016.

Struktur yang dibuat dalam penelitian ini adalah struktur baja dengan 3, 5, 8, dan 10 lantai tipikal yang terdiri dari model Model SRBK yang dibuat dengan lima jenis L/H yang berbeda yaitu L/H=1, L/H= 1,25, L/H=1,5, L/H=1,75 dan L/H=2. Sehingga total model yang akan dibuat adalah 20 model, yang mana 1 jenis L/H terdiri dari 4 model. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi ETABS 2016. Struktur yang akan dimodel diasumsikan berada di daerah Surabaya dengan kondisi tanah yaitu tanah sedang. Fungsi bangunan yang akan digunakan pada setiap bangunan adalah kantor. Berikut adalah material yang digunakan pada setiap struktur:

- Material profil baja
  - Material baja yang digunakan pada seluruh profil baja adalah ASTM A992, dengan data sebagai berikut:
    - Tegangan Leleh (Fy) : 344,74 MPa
    - Tegangan ultimate (Fu) : 448,16 MPa
    - Modulus elastisitas baja (E) : 200.000 MPa
- Material dek baja gelombang
  - Tegangan leleh (Fy) : 550 MPa
  - Tebal dek baja (td) : 0,70 mm
  - Berat dek baja : 7,35 kg/m<sup>2</sup>
  - Penghubung geser (@90 mm) : 19 mm
- Material beton
  - Mutu beton (f'c) : 25 MPa

- Modulus Elastisitas beton ( $E_c$ ) : 23.500 MPa
- Tebal pelat beton : 120 mm
- **Beban Mati**  
Beban mati terdiri dari beban mati sendiri yang telah dihitung oleh aplikasi ETABS 2016 dan beban mati tambahan pada pelat lantai sebesar 166 kg/m<sup>2</sup> dan beban mati tambahan pada pelat atap sebesar 142 kg/m<sup>2</sup>.
- **Beban Hidup**  
Karena struktur diasumsikan akan digunakan sebagai gedung perkantoran maka beban hidup pada lantai yang digunakan berdasarkan SNI 1727:2013 [8] adalah 2,4 kN/m<sup>2</sup> dan beban hidup yang digunakan pada atap 0,96 kN/m<sup>2</sup>.
- **Beban Gempa**  
Beban gempa yang dipakai pada struktur mengacu pada website [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) dengan kelas situs D di daerah Surabaya.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Dimensi dan Stress Ratio

Pertama perlu dilakukan pengecekan kriteria pada setiap struktur dengan stress ratio yang kurang dari 0,95 untuk menentukan dimensi penampang yang digunakan pada setiap struktur. Dimensi yang digunakan pada struktur adalah dimensi yang didapat pada tipe L/H terbesar (L/H=2). Dimensi dan stress ratio pada model 3 lantai, 5 lantai, 8 lantai dan 10 lantai dapat dilihat pada Tabel I sampai dengan Tabel IV.

Tabel I. Dimensi dan Stress Ratio pada Model 3 Lantai

Model Struktur Untuk 3 Lantai							
Elemen Struktur	Dimensi Elemen Struktur	Stress Ratio					
		L/H= 1	L/H= 1,25	L/H=1.5	L/H= 1.75	L/H= 2	Ket
BA Lt. 1-3	W310x 310x179	0,043	0,083	0,108	0,203	0,889	OK
BI Lt. 1-3	W360x 370x196	0,059	0,109	0,182	0,273	0,895	OK
K Lt. 1-3	W360x 410x216	0,100	0,220	0,273	0,345	0,846	OK
BR Lt. 1-3	HSS177.8x177.8x9.5	0,094	0,226	0,371	0,487	0,943	OK

Sumber: Perhitungan

Tabel II. Dimensi dan Stress Ratio pada Model 5 Lantai

Model Struktur Untuk 5 Lantai							
Elemen Struktur	Dimensi Elemen Struktur	Stress Ratio					
		L/H= 1	L/H= 1,25	L/H=1.5	L/H= 1.75	L/H= 2	Ket
BA Lt. 1-5	W310x 310x179	0,043	0,083	0,116	0,223	0,899	OK
BI Lt. 1-5	W360x 370x196	0,071	0,121	0,198	0,286	0,939	OK
K Lt. 1-3	W360x 410x314	0,223	0,270	0,327	0,377	0,901	OK
K Lt. 4-5	W360x 370x196	0,092	0,125	0,198	0,290	0,870	OK
BR Lt. 1-5	HSS177.8x177.8x9.5	0,097	0,230	0,311	0,656	0,923	OK

Sumber: Perhitungan

Tabel III. Dimensi dan Stress Ratio pada Model 8 Lantai

Model Struktur Untuk 8 Lantai							
Elemen Struktur	Dimensi Elemen Struktur	Stress Ratio					Ket
		L/H= 1	L/H= 1,25	L/H=1.5	L/H= 1.75	L/H= 2	
BA Lt. 1-8	W310x 310x179	0,043	0,083	0,107	0,204	0,899	OK
BI Lt. 1-5	W360x 370x196	0,086	0,121	0,200	0,270	0,905	OK
BI Lt. 6-8	W310x 310x202	0,089	0,129	0,198	0,296	0,936	OK
K Lt. 1-3	W360x 410x463	0,217	0,273	0,331	0,400	0,945	OK
K Lt. 4-5	W360x 410x287	0,115	0,219	0,290	0,318	0,939	OK
K Lt. 6-8	W310x 310x342	0,087	0,109	0,151	0,231	0,701	OK
BR Lt. 1-8	HSS177.8x177.8x9.5	0,097	0,239	0,330	0,459	0,940	OK

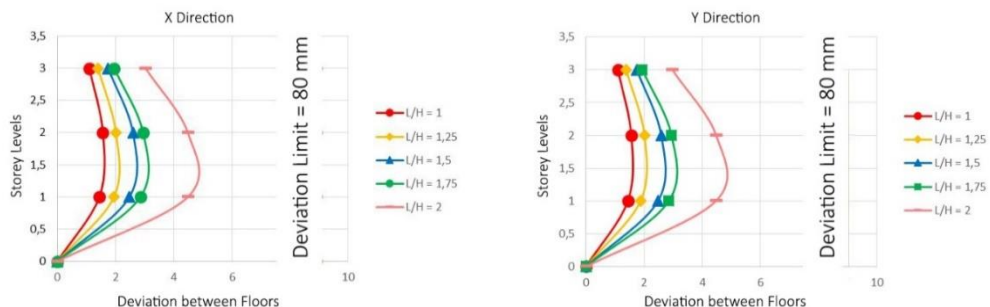
Sumber: Perhitungan

Tabel IV. Dimensi dan Stress Ratio pada Model 10 Lantai

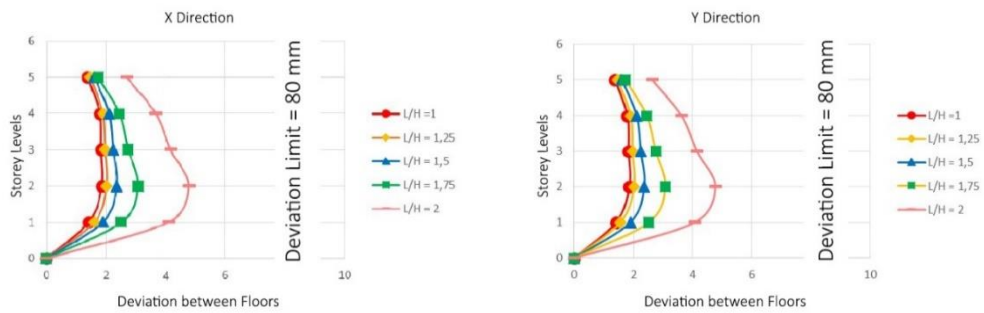
Model Struktur Untuk 10 Lantai							
Elemen Struktur	Dimensi Elemen Struktur	Stress Ratio					Ket
		L/H= 1	L/H= 1,25	L/H=1.5	L/H= 1.75	L/H= 2	
BA Lt. 1-8	W310x 310x179	0,043	0,083	0,107	0,204	0,899	OK
BI Lt. 1-5	W360x 370x196	0,086	0,121	0,200	0,270	0,905	OK
BI Lt. 6-8	W310x 310x202	0,089	0,129	0,198	0,296	0,936	OK
K Lt. 1-3	W360x 410x463	0,217	0,273	0,331	0,400	0,945	OK
K Lt. 4-5	W360x 410x287	0,115	0,219	0,290	0,318	0,939	OK
K Lt. 6-8	W310x 310x342	0,087	0,109	0,151	0,231	0,701	OK
BR Lt. 1-8	HSS177.8x177.8x9.5	0,097	0,239	0,330	0,459	0,940	OK

Sumber: Perhitungan

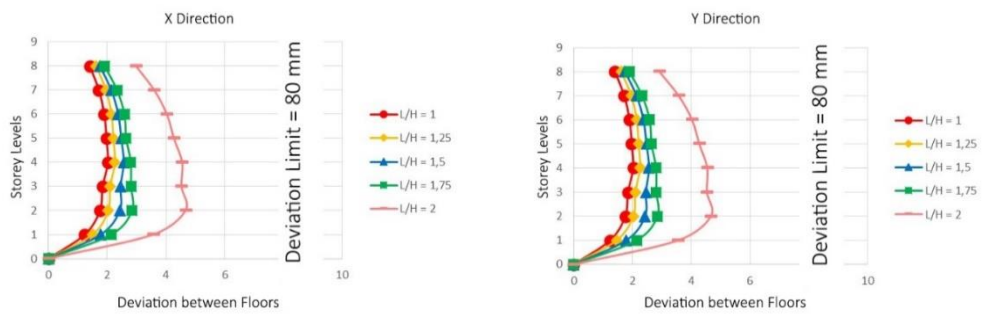
Selanjutnya, menentukan simpangan antar lantai tingkat. Penentuan ini berdasarkan klasifikasi dari SNI 1726:2012 [9] struktur yang diteliti berada pada kategori resiko II (kantor). Sehingga syarat dari simpangan antar lantai tingkat rencana tidak boleh lebih dari 0,020 hsx. Jadi, karena tinggi tingkat pada setiap struktur yaitu 4000 mm, maka simpangan ijin dari setiap model struktur adalah 80 mm. Hasil simpangan antar lantai tingkat pada tingkat lantai 3, 5, 8 dan 10 beserta arah arah X dan Y dapat dilihat pada Gambar 1-4.



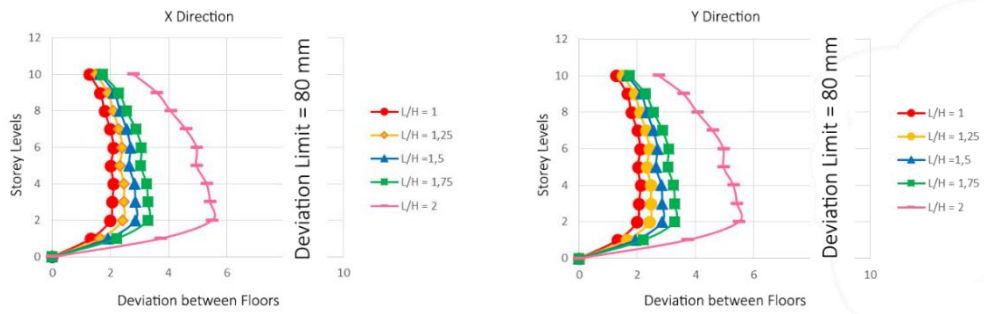
Gambar 1. Simpangan Antar Lantai Tingkat pada Tingkat 3 Lantai Arah X dan Y.



Gambar 2. Simpangan Antar Lantai Tingkat Pada Tingkat 5 Lantai Arah X dan Y.



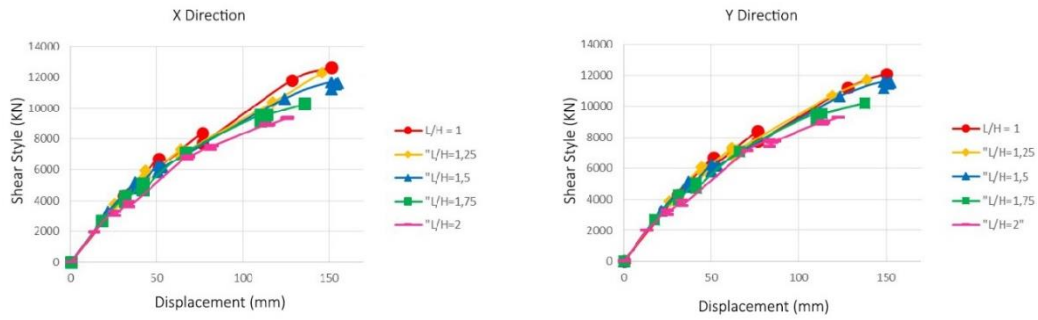
Gambar 3. Simpangan Antar Lantai Tingkat Pada Tingkat 8 Lantai Arah X dan Y.



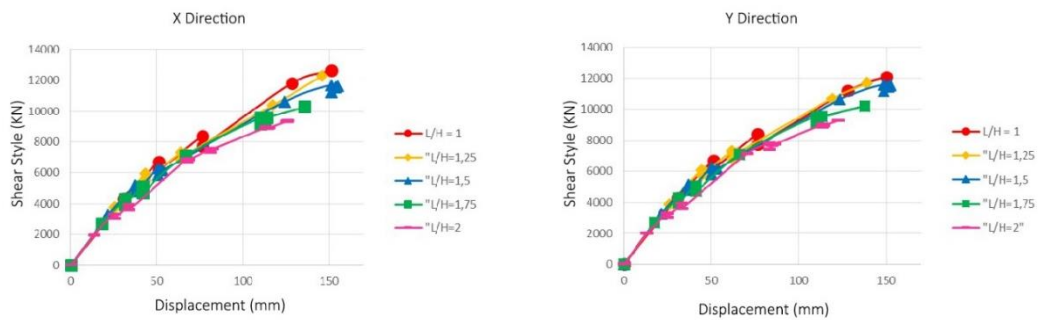
Gambar 4. Simpangan Antar Lantai Tingkat Pada Tingkat 10 Lantai Arah X dan Y.

Berdasarkan hasil dari Gambar 1 sampai dengan Gambar 4, simpangan antar lantai tingkat pada setiap tingkatnya arah X dan arah Y terjadi pada tipe  $L/H=2$ . Hal ini diakibatkan karena adanya semakin kecil sudut breising yang dihasilkan, sehingga ketahanan breising semakin berkurang dalam menahan deformasi yang diterima struktur.

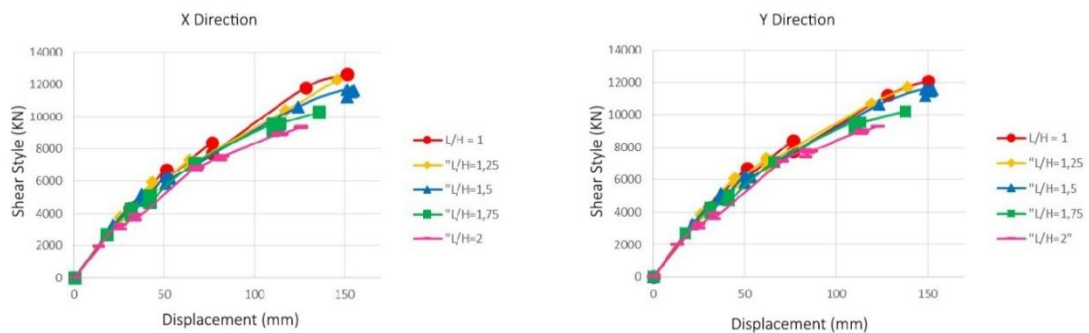
Pada analisis pushover yang dilakukan menghasilkan suatu kurva akibat dari adanya gaya geser dasar dan perpindahan yang disebut dengan kurva kapasitas. Jadi, karena adanya kurva kapasitas, maka akan diketahui kapasitas struktur seperti kekakuan struktur dan daktilitas struktur. Hasil dari analisis pushover dapat dilihat pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 8.



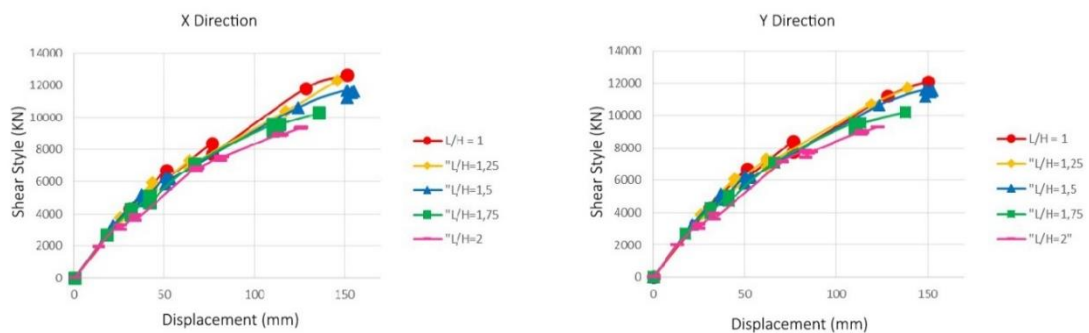
Gambar 5. Perbandingan Kurva Kapasitas pada Struktur Tingkat 3 Lantai Arah X dan Y



Gambar 6. Perbandingan Kurva Kapasitas pada Struktur Tingkat 5 Lantai Arah X dan Y



Gambar 5. Perbandingan Kurva Kapasitas pada Struktur Tingkat 8 Lantai Arah X dan Y



Gambar 5. Perbandingan Kurva Kapasitas pada Struktur Tingkat 10 Lantai Arah X dan Y

Berdasarkan hasil yang didapatkan, untuk bangunan 3 lantai gaya geser dasar terbesar terjadi pada tipe  $L/H=1$  arah X sebesar 12.263 KN dengan perpindahan sebesar 151 mm, sedangkan arah Y sebesar 12.124 KN dengan perpindahan sebesar 150 mm. Selanjutnya, pada bangunan 5 lantai gaya geser dasar terbesar terjadi pada tipe  $L/H=1$  arah X sebesar 15.316 KN dengan perpindahan sebesar 275 mm, sedangkan arah Y sebesar 15.937 KN dengan perpindahan sebesar 262 mm. Kemudian, pada bangunan

8 lantai gaya geser dasar terbesar terjadi pada tipe L/H=1 arah X sebesar 16.173 KN dengan perpindahan sebesar 334 mm, sedangkan arah Y sebesar 16.168 KN dengan perpindahan sebesar 343 mm. Pada bangunan 10 lantai gaya geser dasar terbesar terjadi pada tipe L/H=1 arah X sebesar 18.221 KN dengan perpindahan sebesar 561 mm, sedangkan arah Y sebesar 18.236 KN dengan perpindahan sebesar 563 mm.

Setelah mendapatkan kurva kapasitas dari setiap tipe L/H, maka dapat diketahui nilai dari kekakuan struktur. Besar dari nilai kekakuan struktur merupakan hasil dari perbandingan antara gaya geser dasar (V) terhadap perpindahan ( $\delta$ ), baik dalam kondisi leleh (y) maupun ultimate (u). Hasil kekakuan struktur dapat dilihat dari kemiringan kurva kapasitas pada kondisi leleh dan kondisi ultimate. Berdasarkan data pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 12, dapat diketahui bahwa pada kondisi leleh, tipe L/H=1 merupakan tipe L/H yang memiliki persentase kekakuan paling kecil di setiap tingkatnya. Sedangkan, pada kondisi ultimate kekakuan struktur terbesar di setiap tingkatnya terjadi pada tipe L/H=1. Sehingga dapat dikatakan pada kondisi ultimate, semakin besar tipe L/H maka nilai kekakuan struktur semakin kecil.

Tabel 5. Kekakuan Struktur dengan Tingkat 3 Lantai Pada Kondisi Leleh

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
V <sub>y</sub> (kN)	4.293	4.294	3.770	3.879	3.286	3.289	2.706	2.709	1.957	1.976
$\delta_y$ (m)	0.030	0.030	0.025	0.026	0.022	0.022	0.018	0.028	0.013	0.013
K (kN/m)	143.1	138.5	150.8	149.2	149.4	149.5	150.3	150.5	150.5	152.0
%	100	100	105	108	104	108	106	109	105	110

Tabel 6. Kekakuan Struktur dengan Tingkat 3 Lantai Pada Kondisi *Ultimate*

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
V <sub>u</sub> (kN)	12.68	12.12	12.28	11.70	11.65	11.60	10.3	10.23	9.34	9.32
$\delta_u$ (m)	0.151	0.150	0.147	0.145	0.154	0.153	0.135	0.138	0.125	0.123
K (kN/m)	83.6	80.8	83.5	80.7	75.6	75.8	76.2	74.1	74.7	75.7
%	100	100	99	99	91	94	91	92	89	93

Tabel 7. Kekakuan Struktur dengan Tingkat 5 Lantai Pada Kondisi Leleh

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
V <sub>y</sub> (kN)	5.968	5.970	5.145	5.280	4.427	4.432	2.211	2.215	2.943	2.962
$\delta_y$ (m)	0.061	0.061	0.05	0.051	0.041	0.041	0.022	0.022	0.028	0.026
K (kN/m)	97.8	97.9	102.9	103.5	107.9	108.1	100.5	100.7	105.1	113.9
%	100	100	105	106	110	111	103	103	107	116

Tabel 8. Kekakuan Struktur dengan Tingkat 5 Lantai Pada Kondisi *Ultimate*

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
V <sub>u</sub> (kN)	15.9	15.9	15.8	15.5	14.9	15.8	13.43	13.78	13.40	13.27
$\delta_u$ (m)	0.26	0.262	0.26	0.258	0.253	0.294	0.268	0.262	0.273	0.264
K (kN/m)	61.2	60.8	60.8	59.9	59.1	53.9	50.1	52.6	49.1	50.2
%	100	100	99,3	98,5	96,5	88,5	81,9	86,5	80,2	82,6

Tabel 9. Kekakuan Struktur dengan Tingkat 8 Lantai Pada Kondisi Leleh

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
V <sub>y</sub> (kN)	6.484	6.489	5.521	5.533	4.460	4.470	3.614	3.616	2.590	2.539
δ <sub>y</sub> (m)	0.111	0.111	0.089	0.089	0.069	0.069	0.053	0.053	0.039	0.038
K (kN/m)	58.4	58.5	62.0	62.2	64.6	64.8	68.2	68.2	66.4	66.8
%	100	100	106	106	111	111	117	117	114	114

Tabel 10. Kekakuan Struktur dengan Tingkat 8 Lantai Pada Kondisi *Ultimate*

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
V <sub>u</sub> (kN)	16.17	16.18	14.91	15.41	14.49	15.05	13.89	13.53	12.79	11.96
δ <sub>u</sub> (m)	0.333	0.343	0.322	0.327	0.334	0.355	0.322	0.314	0.342	0.316
K (kN/m)	48.57	47.17	46.30	47.14	43.37	42.27	43.12	43.09	37.39	37.89
%	100	100	95	99	89	90	88	91	77	80

Tabel 11. Kekakuan Struktur dengan Tingkat 10 Lantai Pada Kondisi Leleh

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
V <sub>y</sub> (kN)	5.522	5.525	4.834	4.837	4.175	4.280	3.532	3.533	2.708	2.710
δ <sub>y</sub> (m)	0.128	0.129	0.110	0.110	0.094	0.094	0.079	0.079	0.062	0.062
K (kN/m)	43.14	42.83	43.95	43.97	44.42	45.53	44.71	44.72	43.68	43.71
%	100	100	102	103	103	106	104	104	101	102

Tabel 12. Kekakuan Struktur dengan Tingkat 10 Lantai Pada Kondisi *Ultimate*

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
V <sub>u</sub> (kN)	18.47	18.22	18.16	17.99	15.13	17.82	15.96	17.55	14.49	14.32
δ <sub>u</sub> (m)	0.586	0.567	0.594	0.572	0.572	0.575	0.608	0.670	0.687	0.637
K (kN/m)	31.51	32.14	30.57	31.47	26.44	30.99	26.25	26.19	21.09	22.49
%	100	100	97	98	84	96	83	82	67	70

Selanjutnya, setelah mengetahui nilai perpindahan pada saat kondisi leleh dan kondisi ultimate, maka dapat diketahui nilai dari daktailitas dari masing-masing struktur. Nilai daktailitas struktur merupakan hasil perbandingan antara perpindahan pada kondisi leleh (δ<sub>y</sub>) dengan kondisi ultimate (δ<sub>u</sub>). Berdasarkan data dari Tabel 13 sampai Tabel 16, tipe L/H=1 dijadikan sebagai pembanding untuk daktailitas struktur pada masing-masing tipe L/H. Daktailitas struktur terbesar pada tingkat 3 lantai arah X dan arah Y terjadi pada tipe L/H=2 dengan nilai sebesar 9,3. Daktailitas struktur terbesar pada tingkat 5 lantai arah X dan Y terjadi pada tipe L/H=2 dengan masing-masing nilai yaitu 9,7 dan 9,4. Daktailitas struktur terbesar pada tingkat 8 lantai arah X dan arah Y terjadi pada tipe L/H=2 dengan masing-masing nilai sebesar 8,9 dan 8,2. Daktailitas struktur terbesar pada tingkat 10 lantai arah X dan Y terjadi pada tipe L/H=2 dengan masing-masing nilai yaitu 11 dan 10,6. Jadi pada setiap tingkat, daktailitas terbesar terjadi pada tipe L/H=2.



Tabel 13. Daktililitas Struktur dengan Tingkat 3 Lantai

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
$\delta u$ (m)	0.151	0.150	0.146	0.145	0.155	0.152	0.136	0.138	0.125	0.123
$\delta y$ (m)	0.031	0.031	0.025	0.026	0.022	0.021	0.018	0.018	0.013	0.013
Daktililitas	4.9	4.9	5.7	5.6	7.1	7.1	7.6	7.8	9.3	9.3
%	100	100	116	114	145	145	153	159	188	191

Tabel 14. Daktililitas Struktur dengan Tingkat 5 Lantai

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
$\delta u$ (m)	0.275	0.262	0.260	0.259	0.252	0.253	0.268	0.263	0.273	0.265
$\delta y$ (m)	0.061	0.061	0.050	0.051	0.041	0.040	0.037	0.037	0.028	0.028
Daktililitas	4.5	4.3	5.2	5.1	6.2	6.3	7.3	7.2	9.7	9.4
%	100	100	116	118	138	146	162	167	215	219

Tabel 15. Daktililitas Struktur dengan Tingkat 8 Lantai

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
$\delta u$ (m)	0.334	0.344	0.323	0.328	0.335	0.355	0.322	0.315	0.342	0.316
$\delta y$ (m)	0.111	0.111	0.089	0.089	0.069	0.069	0.053	0.053	0.039	0.038
Daktililitas	3.0	3.1	3.6	3.7	4.9	5.2	6.1	6.0	8.9	8.2
%	100	100	120	119	162	168	202	194	295	266

Tabel 16. Daktililitas Struktur dengan Tingkat 10 Lantai

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
$\delta u$ (m)	0.588	0.587	0.594	0.573	0.573	0.573	0.608	0.661	0.688	0.657
$\delta y$ (m)	0.128	0.129	0.111	0.111	0.095	0.085	0.079	0.071	0.063	0.062
Daktililitas	4.6	4.5	5.4	5.2	6.0	6.7	7.7	9.3	11.0	10.6
%	100	100	117	114	131	149	167	205	239	234

Kemudian menentukan target perpindahan, yaitu asumsi adanya perpindahan maksimum yang mungkin terjadi akibat dari beban gempa. Target perpindahan pada penelitian ini menggunakan metode ASCE 41-13 NSP (*Nonlinear Static Procedure*) yang telah tersedia di aplikasi software ETABS 2016. Penentuan target perpindahan berdasarkan prosedur statik nonlinear ini dilakukan dengan membuat kurva idealisasi dari kurva kapasitas yang dihasilkan dari analisis statik *nonlinear pushover*. Sehingga, dengan adanya kurva idealisasi akan diketahui target perpindahan yang terjadi dari model struktur [10]. Berdasarkan data dari Tabel 17 sampai Tabel 20, diketahui bahwa target perpindahan terbesar pada setiap tipe terjadi pada tipe L/H=2. Sehingga semakin besar tipe L/H pada struktur breising, maka target perpindahan yang dihasilkan semakin besar.

Tabel 17. Target Perpindahan dan Gaya Geser Dasar Model Struktur 3 Lantai

Tipe	Target Perpindahan (mm)		Gaya Geser Dasar (KN)	
	X	Y	X	Y
L/H = 1.00	0,052	0,052	6.270	6.271
L/H = 1,25	0,070	0,070	7.434	7.505

L/H = 1,50	0,098	0,098	8.982	8.993
L/H = 1,75	0,129	0,129	10.297	10.326
L/H = 2.00	0,195	0,194	9.343	9.315

Tabel 18. Target Perpindahan dan Gaya Geser Dasar Model Struktur 5 Lantai

Tipe	Target Perpindahan (mm)		Gaya Geser Dasar (KN)	
	X	Y	X	Y
L/H = 1.00	0,114	0,114	9.425	9.431
L/H = 1,25	0,137	0,137	10.602	10.737
L/H = 1,50	0,152	0,152	11.069	11.082
L/H = 1,75	0,192	0,190	10.809	10.842
L/H = 2.00	0,264	0,262	13.533	13.494

Tabel 19. Target Perpindahan dan Gaya Geser Dasar Model Struktur 8 Lantai

Tipe	Target Perpindahan (mm)		Gaya Geser Dasar (KN)	
	X	Y	X	Y
L/H = 1.00	0,192	0,193	10.244	10.258
L/H = 1,25	0,211	0,211	10.912	10.987
L/H = 1,50	0,233	0,233	11.169	11.164
L/H = 1,75	0,259	0,258	12.050	12.006
L/H = 2.00	0,408	0,401	12.788	12.788

Tabel 20. Target Perpindahan dan Gaya Geser Dasar Model Struktur 10 Lantai

Tipe	Target Perpindahan (mm)		Gaya Geser Dasar (KN)	
	X	Y	X	Y
L/H = 1.00	0,246	0,246	9.696	9.699
L/H = 1,25	0,278	0,278	10.262	10.251
L/H = 1,50	0,315	0,314	10.630	10.626
L/H = 1,75	0,356	0,357	11.185	10.891
L/H = 2.00	0,565	0,571	13.128	13.388

Setelah mengetahui target perpindahan struktur, maka dapat diketahui level kinerja dari masing-masing struktur. Berdasarkan FEMA 273, penentuan level kinerja struktur berdasarkan dari perhitungan antara target perpindahan dengan tinggi total bangunan. Pengelompokan level kinerja struktur dibagi menjadi 3 yaitu: Immediate Occupancy (IO), Life Safety (LS), dan Collapse Prevention (CP) [11].

Jadi, berdasarkan data dari Tabel 21 sampai dengan Tabel 24 menunjukkan bahwa level kinerja tertinggi berada pada model struktur 3 lantai arah X maupun arah Y dengan tipe L/H=2 yaitu berada pada level Collapse Prevention (CP).

Tabel 21. Level Kinerja Stuktur Pada Model 3 Lantai

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Target Perpindahan (m)	0,052	0,052	0,07	0,07	0,098	0,098	0,129	0,129	0,195	0,194
Tinggi (m)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Drift Ratio (%)	0,43	0,43	0,58	0,58	0,82	0,82	1,08	1,08	1,63	1,62

Level Kinerja	IO	IO	LS	LS	LS	LS	LS	LS	CP	CP
---------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Tabel 22. Level Kinerja Struktur Pada Model 5 Lantai

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Target Perpindahan (m)	0,114	0,114	0,137	0,137	0,152	0,152	0,19	0,19	0,264	0,262
Tinggi (m)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Drift Ratio (%)	0,57	0,57	0,69	0,69	0,76	0,76	0,95	0,95	1,32	1,31
Level Kinerja	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS

Tabel 23. Level Kinerja Struktur Pada Model 8 Lantai

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Target Perpindahan (m)	0,192	0,192	0,211	0,211	0,233	0,233	0,259	0,258	0,408	0,401
Tinggi (m)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Drift Ratio (%)	0,6	0,6	0,66	0,66	0,73	0,73	0,81	0,81	1,28	1,25
Level Kinerja	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS

Tabel 24. Level Kinerja Struktur Pada Model 10 Lantai

Parameter	L/H=1		L/H=1.25		L/H=1.5		L/H=1.75		L/H=2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Target Perpindahan (m)	0,246	0,246	0,278	0,278	0,315	0,314	0,356	0,357	0,565	0,571
Tinggi (m)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Drift Ratio (%)	0,62	0,62	0,7	0,7	0,79	0,79	0,89	0,89	1,41	1,43
Level Kinerja	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LS

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dapat ditentukan bahwa semakin besar peningkatan tipe L/H maka semakin besar pula simpangan yang dihasilkan oleh model struktur. Kemudian setelah dilakukan analisis *nonlinear pushover*, gaya geser dan perpindahan terbesar pada setiap tingkat terjadi pada tipe L/H=1. Pada kondisi leleh, tipe L/H=1 merupakan tipe L/H yang memiliki persentase kekakuan paling kecil di setiap tingkatnya, tetapi pada kondisi ultimate kekakuan struktur terbesar di setiap tingkatnya terjadi pada tipe L/H=1. Sehingga dapat dikatakan pada kondisi ultimate, semakin besar tipe L/H nya maka nilai kekakuan struktur semakin kecil. Selanjutnya nilai daktilitas struktur terbesar pada setiap tingkat terjadi pada tipe L/H=2 pada arah X maupun arah Y. Berdasarkan target perpindahan ASCE 41-13 NSP model L/H=2 pada semua model tingkat mengalami target perpindahan terbesar pada arah X dan arah Y apabila dibandingkan dengan 4 tipe L/H lainnya. Pada level kinerja struktur, yang terbesar terjadi pada model struktur tingkat 3 lantai dengan tipe L/H=2 yaitu pada level Collapse Prevention (CP) sedangkan untuk model struktur lainnya semua berada pada level Life Safety (LS).

#### REFERENSI

- [1] A. Latifa, L. Ahmad, and D. Meiliyadi, "Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum untuk Memetakan Kerawanan Bencana Gempa Bumi dengan Metode Fukushima-Tanaka, Estevea dan Euclidean Distance di Pulau Lombok," *J. Ilmu dan Inovasi Fisika*, vol. 06, no. 02, pp. 123–130, 2022.
- [2] M. F. Santur and J. J. S. Pah, "Hubungan Antara Tinggi Pusat Massa Vertikal Bangunan Tingkat Tinggi Terhadap Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa," *J. Teknologi*, vol. 16, no. 1, Mei 2022.
- [3] K. Di and K. Bantul, "Perbandingan Nilai Parameter Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012

- dan SNI 1726:2019 pada Kecamatan-Kecamatan di Kabupaten Bantul Yogyakarta,” *J. Keilmuan Teknik Sipil* vol. 5, no. 1, pp. 33–41, Juni 2022.
- [4] I. N. Merdana F. Mahmud, N.N. Kencanawati and M. Eniarti, “Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Kuat Lekat dan Initial Corrosion Tulangan Baja dalam Beton,” *J. Konstruksia* vol. 13, pp. 33–41, Juli 2022.
- [5] L. F. Moruk, H. S. Indra, and E. Priskasari, “Studi Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Breising Konsentris Tipe X pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang,” *J. Sondir*, vol. 2, pp. 20–24, 2019.
- [6] M. H. Sukrawa, M., Giri, I. B. D., I. P. Deskarta, and Prayoga, “Perkuatan Seismik Struktur Rangka Beton Bertulang Menggunakan Breising Baja Tipe X Dan V Terbalik. Jurnal Spektran,” *J. Spektran*, vol. 4, no. 2, 2016.
- [7] I. G. A. Susila, I. A. M. Budiwati, N. B. RM, and D. A. Semadi, “Structural Integrity Under Seismic Loading of Low-Medium Rise Structures: Numerical Analysis of Steel Frames,” *ICEEDM-III*, 2016.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain: SNI 1727-2013,” Jakarta, 2013.
- [9] Badan Standarisasi Nasional, “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung: SNI 1726-2012,” Jakarta, 2012.
- [10] M. S. Speicher and J. L. Harris, “Collapse prevention seismic performance assessment of new buckling-restrained braced frames using ASCE 41,” *Eng. Struct.*, vol. 164, pp. 274–289, 2018.
- [11] A. Chopra and R. Goel, “A Modal Pushover Analysis Procedure to Estimate Seismic Demands for Buildings: Theory and Preliminary Evaluation,” *Civ. Environ. Eng.*, p. 55, 2001.