

## REKAYASA BRACING TIPE V DAN TIPE $\Lambda$ PADA GEDUNG KAMPUS

Dwi Kurniati<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta, DIY, Indonesia

\*Corresponding authors: [dwi.kurniati@staff.uty.ac.id](mailto:dwi.kurniati@staff.uty.ac.id)

Submitted: 15 January 2022, Revised: 24 March 2022, Accepted: 13 April 2022

**ABSTRACT:** Bracing is a reinforcement of reinforced concrete structures so that the main components can work optimally and become one unit when receiving earthquake loads. Bracing has been widely applied as an effort to strengthen the building structure. Bracing also consists of various elements ranging from reinforced concrete, steel, and others. The object of research is a 6-story campus building located in the Babarsari area of Yogyakarta. This campus building is considered vulnerable because the distance from the Opak fault is only approximately 6 km, not only that the campus building is also not far from the Mataram Ditch with a distance of about 1 km. This ditch stretches from north to south Yogyakarta. The purpose of this study was to determine the value of the deviation between the use of type V and  $\Lambda$  bracing in the campus building. The method used in this engineering refers to the regulations of SNI 1726:2019 "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung", SNI 1727:2020 "Beban Minimum Untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain", and SNI 2847:2019 "Persyaratan Beton Struktural Untuk bangunan Gedung", The analysis was carried out with the help of ETABS V.19 software. The results obtained are the value of the decrease in deviation between floors in the X and Y axes. The average value of the type V bracing deviation is 5.40 in the X direction and 5.63 in the Y direction, and the average value of the type  $\Lambda$  bracing deviation is 39.27 in the X direction and 24.23 in the direction Y, so if an earthquake occurs in the campus building, it will reduce structural damage, so that the building can be said to be safe.

**KEYWORDS:** bracing; building; campus; type V; type  $\Lambda$ .

**ABSTRAK:** Bracing merupakan pengaku struktur beton bertulang agar komponen utamanya dapat bekerja maksimal dan menjadi satu kesatuan pada saat menerima beban gempa. Bracing telah banyak diterapkan sebagai upaya dalam perkuatan struktur bangunan gedung. Bracing juga terdiri dari berbagai macam elemen mulai dari beton bertulang, baja, dan lainnya. Objek penelitian ialah bangunan gedung kampus 6 lantai yang terletak di daerah Babarsari Yogyakarta. Gedung kampus ini termasuk rawan karena jarak dengan Sesar Opak hanya sejauh kurang lebih 6 km, tidak hanya itu gedung kampus ini juga tidak jauh dari Selokan Mataram dengan jarak sekitar 1 km, Selokan ini membentang dari utara hingga selatan Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai simpangan antara penggunaan bracing Tipe V dan Tipe  $\Lambda$  pada gedung kampus. Metode yang digunakan pada rekayasa ini mengacu kepada peraturan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain, serta SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk bangunan Gedung, analisis yang dilakukan dengan bantuan Software ETABS V.19. Hasil yang diperoleh yaitu nilai penurunan simpangan antar lantai searah sumbu X dan sumbu Y. Nilai rata-rata simpangan bracing tipe V sebesar 5.40 arah X dan 5.63 arah Y, serta pada nilai rata-rata simpangan bracing tipe  $\Lambda$  sebesar 39.27 arah X dan 24.23 arah Y, maka bila terjadi gempa pada gedung kampus akan mengurangi kerusakan struktural, sehingga bangunan tersebut dapat dikatakan aman.

**KATA KUNCI:** bracing; gedung; kampus; tipe V; tipe  $\Lambda$ .

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

### 1 PENDAHULUAN

Peluang terjadinya gempa bumi Indonesia sangat tinggi, karena terletak di antara tiga lempeng aktif dunia, yaitu lempeng Indo-Australia di bagian (selatan), sebagian besar Indonesia di Euro Asia di bagian (utara) dan Lempeng Pasifik ke bagian (timur) lempeng (Wijaya, 2018). Lempeng itu terkandung dalam cincin api (Hastuti et al., 2020). Gempa bumi yang disebabkan oleh lempeng tersebut terjadi jika lempeng-lempeng itu bergeser (*transform*), saling menjauhi (*spreading*) dan saling mendekati (*collision*). Pergerakan lempeng yang berada di Indonesia seperti

lempeng India-Australia bergerak ke bawah yang bertabrakan dengan lempeng Euro-Asia relatif diam, sedangkan lempeng Pasifik bergerak ke barat. Oleh karena itu, bangunan di Indonesia harus direncanakan sesuai dengan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk mengurangi dampak kerusakan akibat beban gempa (BSN, 2019).

Gempa tidak dapat diprediksi, maka untuk mengatasi salah satu cara mencegah struktur bangunan dari keruntuhan terhadap risiko gempa, diterapkan inovasi modernisasi struktural (Hadibroto & Ronitua, 2018). Ini secara tidak langsung merupakan gempa

melalui penguatan struktur tersebut (Issa & Alam, 2019). Namun, ketika merencanakan bangunan bertingkat tinggi, penting untuk dicatat bahwa standar kekuatan, perawatan, keamanan, dan daya tahan bangunan harus dipenuhi dan disyaratkan, terutama di daerah yang kemungkinan besar akan terjadi gempa bumi (Octavianti & Watrin, 2016).

Salah satu penyebab runtuhnya bangunan adalah struktur yang tidak stabil, yang merupakan hal mendasar yang harus dihindari. Salah satu cara untuk membuat struktur lebih stabil adalah dengan menggabungkan struktur dengan *bracing* elemen pengaku (Aryandi & Herbudiman, 2017). Tujuan utama penambahan *braced frames element* adalah untuk memperkuat struktur sehingga penyimpangan dapat ditoleransi (Fajri, 2015). Element pengaku (*braced frames element*) adalah elemen struktur yang ditempatkan secara menyilang (diagonal) pada struktur portal, yang berfungsi untuk menopang portal terhadap beban lateral (Kartika, 2018). Pengaku dapat di buat menggunakan baja maupun beton bertulang, tergantung konsep yang dirancang (Badoux & Jirsa, 1990).

*Bracing* pada struktur portal bertingkat banyak dinilai dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur bangunan gedung tersebut, sehingga dapat menahan beban lateral akibat angin atau gempa, selain itu penggunaan *bracing* juga cenderung lebih efisien dan ekonomis (Anwar, 2016). Oleh karena itu, penggunaan *bracing* juga dimaksudkan untuk membantu mengurangi gaya pada saat gaya lateral dibangkitkan (Arsitekta, 2022). Hal ini tidak hanya memungkinkan struktur ditopang oleh balok dan elemen kolom struktur, tetapi juga dapat ditahan oleh *bracing* (Repadi, Sunaryati, & Thamrin, 2016). Namun, penempatan *bracing* pada struktur harus hati-hati karena *bracing* yang salah dapat menyebabkan gaya geser yang lebih besar pada kolom (Nugroho, 2018). Mulailah dengan bentuk *bracing* yang dipilih dan jelaskan kecenderungan untuk menambahkan *bracing* Tipe V dan Tipe  $\Lambda$  (Bhisama, 2016). Walaupun pemilihan tersebut, harus dianalisis setiap tipe *bracing*nya (Tiwari, 2022). Portal dengan *bracing* diharapkan tahan gempa karena *bracing* memiliki kekuatan tarik maksimum. Dalam struktur baja, pilihan jenis dan detail rakitan sambungan merupakan faktor penting yang tidak dapat diabaikan (Hayu & Sulistyono, 2021). Penguatan struktur dengan bresing baja memiliki beberapa keunggulan: memiliki waktu pengerjaan yang lebih singkat dan tidak mempengaruhi berat struktur secara signifikan (Sukrawa et al., 2016). Hal tersebut dapat memperkuat keseluruhan struktur pada gedung (Bedi & Nagpur, 2013).

Dalam penelitian ini, kami menganalisis sistem perkuatan gedung yang dilengkapi dengan sistem *bracing* untuk memahami pengaruh *bracing* terhadap nilai simpangan yang dihasilkan pada struktur gedung kampus di Yogyakarta sebelum dan sesudah

penggunaan *bracing*. *Bracing* yang digunakan dalam analisis ini adalah *bracing* tipe V dan *bracing* tipe  $\Lambda$  (Darmawan, Aryastana, & Ardantha, 2017). Aplikasi perancangan menggunakan software ETABS V.19. Perencanaan tersebut dilaksanakan dengan mengacu pada SNI 1726:2019 tentang Keamanan Gempa Struktur dan Non Struktur, SNI 2847 2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Bangunan Gedung.

Tujuannya adalah untuk membandingkan nilai simpangan antar lantai antara struktur tanpa *bracing* dengan menggunakan *bracing* tipe V dan tipe  $\Lambda$ . Dan juga dapat mengetahui nilai performance point dan level kinerja struktur menggunakan *bracing* tipe V dan tipe  $\Lambda$ . Keterbaruan pada penelitian ini adalah menggunakan peraturan terbaru, serta menggunakan aplikasi ETABS V19.

## 2 METODOLOGI

Diagram alir yang menggambarkan fase-fase yang digunakan dalam pekerjaan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Metode analisis yang digunakan untuk menguji dan membuktikan hipotesis adalah analisis kumulatif, yaitu analisis dengan pengumpulan data berupa gambar struktur dan arsitektur.

### 2.1 Studi Pustaka

Perencanaan ulang gedung kampus di Yogyakarta menggunakan perkuatan *bracing*, pedoman acuan perencanaan digunakan sebagai berikut:

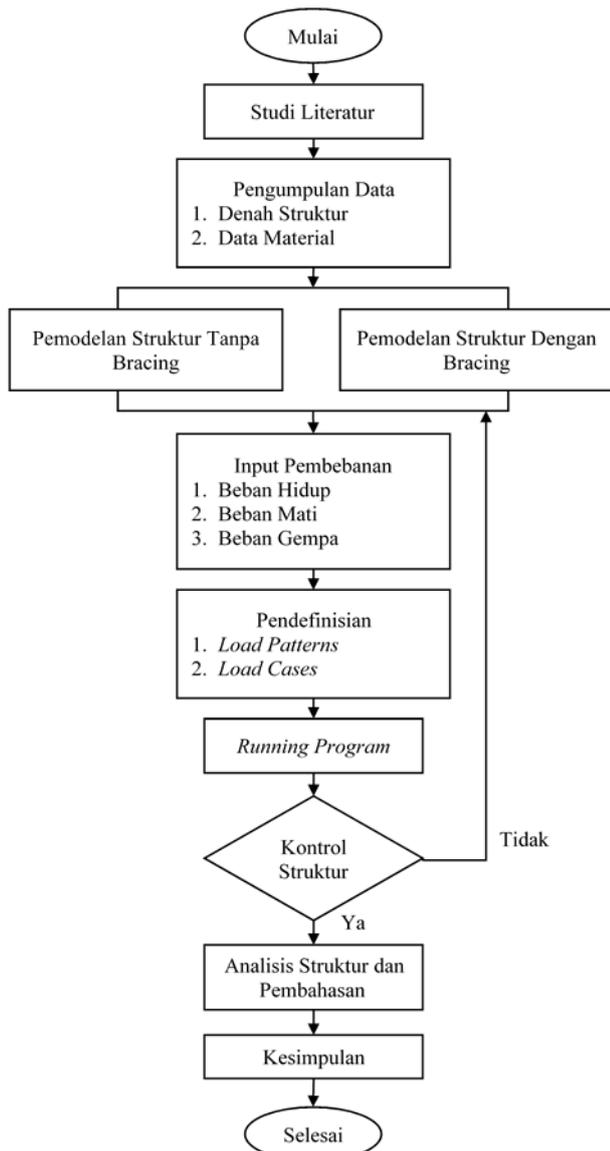
1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019)
2. Persyaratan Beton Struktural Untuk bangunan Gedung (SNI 2847:2019)
3. Peta Sumber Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017
4. Beban Minimum Untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)

### 2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan melalui observasi dan diskusi dengan konsultan pengawas gedung kampus di Yogyakarta. Data untuk gedung ini adalah sebagai berikut:

#### 2.2.1 Data umum bangunan

- 1) Nama gedung: gedung kampus di Yogyakarta
- 2) Lokasi: Jalan Babarsari No.44, Caturtunggal, Depok, Sleman.
- 3) Jumlah Lantai: 6 lantai (4 lantai + 2 basement).
- 4) Tinggi bangunan: 27.843 m.
- 5) Luas bangunan: 4200 m<sup>2</sup>.
- 6) Struktur utama: struktur beton bertulang.
- 7) Fungsi bangunan: perkuliahan.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.2.2 Data bahan

- 1) Mutu beton struktur atas Kolom dan balok K-360  
Pelat lantai K-300  
Mutu Beton ( $f'c$ ) 30 MPa
- 2) Mutu baja tulangan  
Mutu baja tulangan (D): BJTS 420  
Mutu baja tulangan (d): BJTS 280

2.2.3 Data kolom dan balok

Tabel 1 dan 2 menunjukkan data struktur dimensi kolom dan balok yang digunakan pada bangunan kampus Yogyakarta.

2.2.4 Pelat lantai

Data ketebalan plat yang digunakan pada gedung ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Jenis Balok

No.	Jenis Balok	Dimensi (mm)
1	B1	450/700
2	B2	450/700
3	B3	400/600
4	B4	300/600
5	B5	300/550
6	B6	300/500
7	B7	200/400
8	B-K1	300/550

Tabel 2. Jenis Kolom

No.	Jenis Kolom	Dimensi (mm)
1	K1	900/900
2	K2	750/750
3	K3	Ø 650
4	K4	200/400

Tabel 3. Jenis Pelat

No.	Jenis Pelat	Ketebalan (mm)
1	Pelat lantai	140
2	Pelat atap	120

2.2.5 Pembebanan gedung

Beban pada sistem bangunan sangat penting. Beban sangat berpengaruh sehingga desain atau penerapan beban dan perhitungan yang salah dapat mengakibatkan kesalahan fatal pada hasil desain konstruksi bangunan. Oleh karena itu, insinyur dapat mempertimbangkan dan merencanakan tegangan sistem bangunan secara rinci dan menyeluruh untuk mengurangi dan meminimalkan kesalahan ini dan untuk menjaga keselamatan saat membangun dan menggunakan bangunan yang dirancang. Pembebanan pada pelat lantai dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Beban Mati pada Pelat Lantai 140 mm

Jenis Beban	Perhitungan	Jumlah (kN/m <sup>2</sup> )
Pelat lantai 14 cm	0.14 m x 24 kN/m <sup>3</sup>	3.36
Spesi	0.02 m x 21 kN/m <sup>3</sup>	0.42
Pasir	0.03 m x 16 kN/m <sup>3</sup>	0.48
Keramik	0.01 m x 24 kN/m <sup>3</sup>	0.24
Plafon dan penggantung		0.18
Mekanikal elektrik		0.20
Total beban Mati plat (QDL)		4.88

**Tabel 5.** Beban Mati pada Pelat Atap 120 mm

Jenis Beban	Perhitungan	Jumlah (kN/m <sup>2</sup> )
Pelat lantai 12 cm	0.12 m x 24 kN/m <sup>3</sup>	2.88
Lapis kedap air	0.025 m x 19 kN/m <sup>3</sup>	0.48
Plafon dan penggantung		0.18
Mekanikal elektrik		0.20
Total beban mati pada pelat atap (QDL)		3.74

**Tabel 7.** Pembebanan Gempa Per lantai

Lantai (i)	Wi (kN)	Hi (m)	Hi <sup>k</sup> (m)	Wi* Hi <sup>k</sup> (kNm)	Fi (kN)
6	10587.06	7.4	11.3	120116.05	1780.56
5	11383.26	3.2	4.1	46784.68	693.52
4	19869.42	3.8	5.0	100626.86	1491.66
3	18555.47	3.8	5.0	93972.48	1393.01
2	17989.84	4.2	5.7	102890.13	1525.21
1	14319.44	3	3.8	54413.13	806.60
			Σ	518803.37	7690.55

**2.2.6 Beban hidup pada struktur**

Beban hidup yang direncanakan pada struktur gedung kampus Yogyakarta bisa di lihat di Tabel 6.

**Tabel 6.** Fungsi Bangunan

No.	Fungsi Hunian	Berat (kN/m <sup>2</sup> )
1	Parkiran	1.92
2	Pertemuan	4.79
3	GOR	2.87

**2.2.7 Beban Gempa Per lantai**

Perhitungan beban gempa per lantai dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i^k}{\sum W_i \cdot H_i^k} V \dots\dots\dots (1)$$

Beban seismik tanah ditentukan dengan menggunakan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 7.

**3 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Analisis perubahan nilai simpangan pada gedung kampus di Yogyakarta sebelum diperkuat menggunakan *bracing* dan sesudah diperkuat menggunakan *bracing* konsentrik tipe V dan tipe Δ dari hasil analisis yang telah dilakukan.

**3.1 Nilai Simpangan Menggunakan Bracing Tipe V**

Nilai deviasi yang diperoleh dari keluaran model dianalisis menggunakan software ETABS versi 2019, dan data pendukung lainnya untuk menentukan nilai jarak lantai ke lantai adalah faktor defleksi (Cd). Faktor prioritas seismik (Ie) dan faktor reduksi untuk gedung (Fauzan et al., 2016). Kemudian memproses nilai tersebut untuk menentukan nilai deviasi antar bidang sesuai dengan nilai keluaran deviasi dari pemodelan sumbu X dan sumbu Y. Kedua struktur tidak memiliki *bracing* atau menggunakan *bracing* (Tabel 8 dan 9).

**Tabel 8.** Simpangan Struktur Arah X Menggunakan *Bracing* Tipe V

Lantai	Keterangan	Elevasi (m)	Simpangan (mm)	Simpangan Antar Tingkat (mm)	Story Drift Arah X (mm)	Drift Ratio izin (Δa) (mm)	Story Drift ≤ Drift Ratio Izin
6	Atap	25.38	37.85	15.99	58.66	73.8	AMAN
5	Tribun	18.00	21.85	3.14	11.51	32	AMAN
4	Lantai 3	14.80	18.71	5.68	20.84	38	AMAN
3	Lantai 2	11.00	13.02	5.08	18.64	38	AMAN
2	Lantai 1	7.20	7.94	5.57	20.43	42	AMAN
1	Basement 1	3.00	2.37	2.37	8.68	30	AMAN
0	Basement 2	0	0	0	0	0	AMAN

**Tabel 9.** Simpangan Struktur Arah Y Menggunakan *Bracing* Tipe V

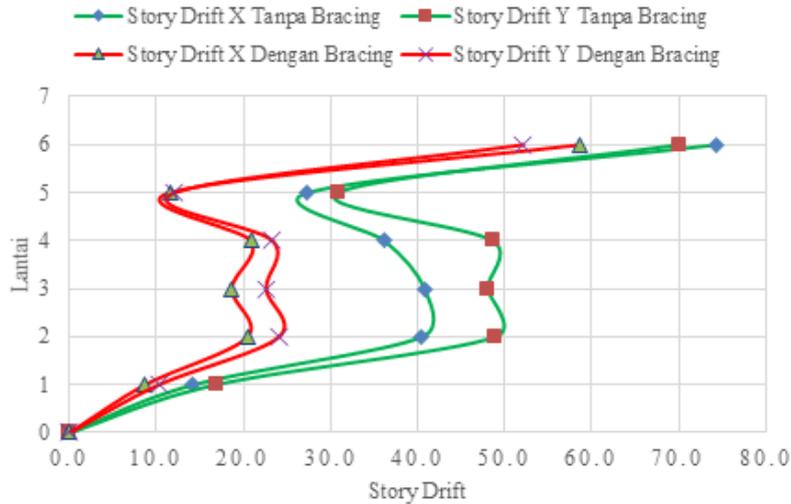
Lantai	Keterangan	Elevasi (m)	Simpangan (mm)	Simpangan Antar Tingkat (mm)	Story Drift Arah Y (mm)	Drift Ratio izin (Δa) (mm)	Story Drift ≤ Drift Ratio Izin
6	Atap	25.38	39.39	14.21	52.11	73.8	AMAN
5	Tribun	18.00	25.18	3.29	12.08	32	AMAN
4	Lantai 3	14.80	21.89	6.36	23.33	38	AMAN
3	Lantai 2	11.00	15.52	6.16	22.59	38	AMAN
2	Lantai 1	7.20	9.36	6.56	24.06	42	AMAN
1	Basement 1	3.00	2.80	2.80	10.27	30	AMAN
0	Basement 2	0	0	0	0	0	AMAN

Dari kedua analisis yang diperoleh baik struktur sebelum menggunakan kekuatan *bracing* maupun setelah menggunakan kekuatan *bracing*, dapat diketahui bahwa struktur yang menggunakan kekuatan *bracing* dapat mengurangi simpangan secara signifikan sehingga struktur tersebut memenuhi persyaratan keamanan gedung. Untuk lebih detailnya dapat dilihat perbandingan nilai *story drift* pada Gambar 2.

Hasil analisis menunjukkan perubahan nilai simpangan pada struktur sebelum menggunakan

*bracing* dan setelah menggunakan *bracing* tipe V. Tabel 10 menunjukkan laju perubahan nilai simpangan sebelum dan sesudah menggunakan regangan tipe V.

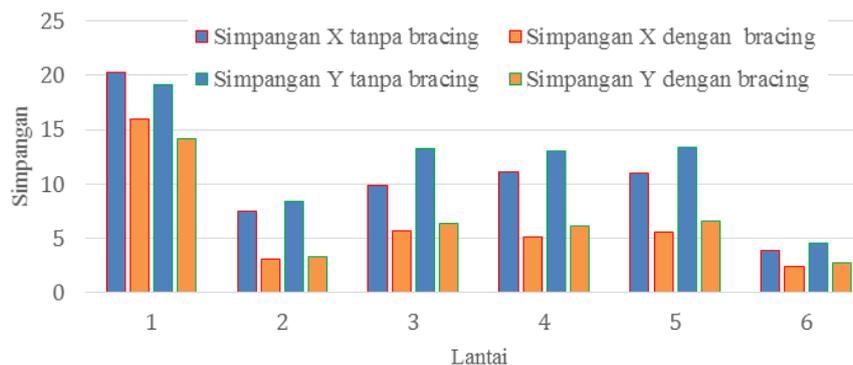
Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan nilai persentase penurunan simpangan antar lantai pada arah X dan Y menunjukkan bahwa dengan penambahan struktur dengan *bracing* tipe V nilai penurunannya memiliki selisih rata-rata sebesar 3.69 mm arah X dan 4.63 mm arah Y. Berikut dapat dilihat penurunan nilai simpangan pada Gambar 3.



Gambar 2. Perbandingan Nilai Story Drift

Tabel 10. Persentase Penurunan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y

Keterangan	Simpangan X Tanpa Bracing (mm)	Simpangan X Bracing Tipe V (mm)	Simpangan Y Tanpa Bracing (mm)	Simpangan Y Bracing Tipe V (mm)
Atap	20.27	15.99	19.09	14.21
Tribun	7.46	3.14	8.42	3.29
Lantai 3	9.87	5.68	13.25	6.36
Lantai 2	11.12	5.08	13.09	6.16
Lantai 1	11.05	5.57	13.35	6.56
Basement 1	3.89	2.37	4.59	2.80
Basement 2	0	0	0	0
Rata-rata	9.09	5.40	10.26	5.63
Penurunan		3.69		4.63



Gambar 3. Perbandingan Nilai Simpangan Antar Lantai

### 3.2 Nilai Simpangan Menggunakan *Bracing* Tipe $\Lambda$

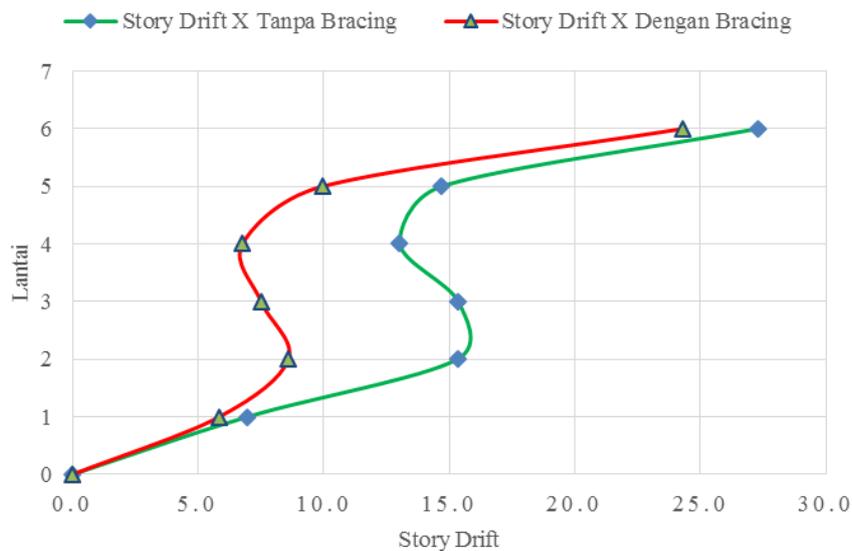
Nilai deviasi diperoleh dari analisis beban gempa serupa untuk struktur tanpa rangka untuk membandingkan struktur tanpa *bracing* dengan jenis *bracing* dengan faktor prioritas seismik ( $I_e$ ) sebesar 1.5. Faktor reduksi untuk KSDS gedung adalah 1.3. Toleransi antar lantai bangunan dalam Kriteria Risiko IV. Hasil pengendalian fluktuasi ditunjukkan pada Tabel 11 dan 12. Gambar 4 dan 5 menunjukkan gambar

pengurangan simpangan pada arah X dan Y setelah menggunakan *bracing* tipe V ( $\Lambda$ ) terbalik.

Tabel 11 dan 12 menunjukkan bahwa pengendalian gedung dengan *bracing* telah melewati persyaratan yang dapat diterima (*compliance/safety*). Dengan menambahkan *bracing* pada struktur bangunan, penyimpangan dapat dikurangi secara signifikan, sehingga dapat dikatakan bahwa struktur dapat terlindungi dengan aman dari keruntuhan struktur di dalam bangunan.

**Tabel 11.** Simpangan Struktur Arah X Menggunakan *Bracing* Tipe  $\Lambda$

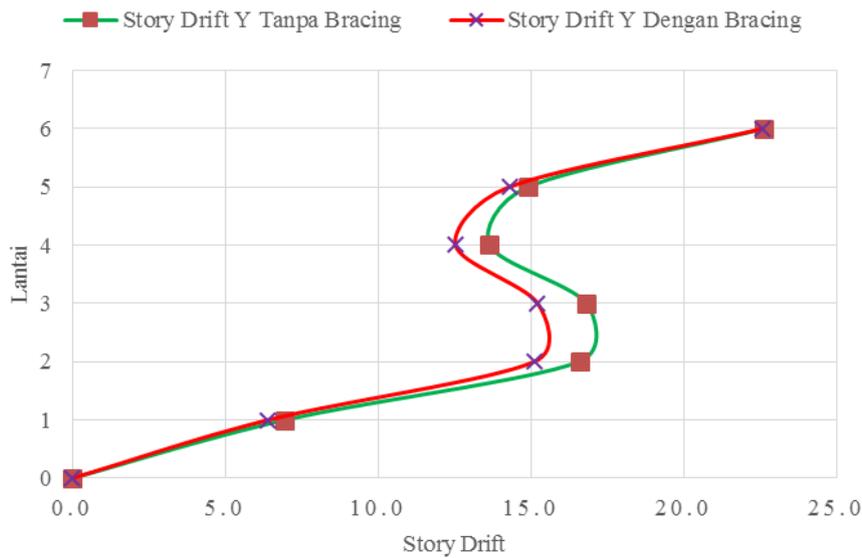
Lantai	Keterangan	Elevasi (m)	Simpangan (mm)	Simpangan Antar Tingkat (mm)	Story Drift Arah X (mm)	Drift Ratio izin ( $\Delta a$ ) (mm)	Story Drift $\leq$ Drift Ratio Izin
6	Atap	19.38	54.68	63.30	24.31	110.7	AMAN
5	Tribun	12.00	117.98	87.01	9.96	48	AMAN
4	Lantai 3	8.80	30.97	9.46	6.76	57	AMAN
3	Lantai 2	5.00	21.52	0.51	7.50	75	AMAN
2	Lantai 1	1.20	22.03	5.69	8.59	27	AMAN
1	Basement 1	3.00	27.72	27.72	5.84	45	AMAN
0	Basement 2	0	0	0	0	0	AMAN



**Gambar 4.** Simpangan Arah X Setelah Menggunakan *Bracing*

**Tabel 12.** Simpangan Struktur Arah Y Menggunakan *Bracing* Tipe  $\Lambda$

Lantai	Keterangan	Elevasi (m)	Simpangan (mm)	Simpangan Antar Tingkat (mm)	Story Drift Arah Y (mm)	Drift Ratio izin ( $\Delta a$ ) (mm)	Story Drift $\leq$ Drift Ratio Izin
6	Atap	19.38	125.54	112.13	22.59	110.7	AMAN
5	Tribun	12.00	13.41	1.22	14.29	48	AMAN
4	Lantai 3	8.80	12.19	5.60	12.53	57	AMAN
3	Lantai 2	5.00	6.60	3.72	15.22	57	AMAN
2	Lantai 1	1.20	10.32	8.78	15.11	27	AMAN
1	Basement 1	3.00	1.54	1.54	6.41	45	AMAN
0	Basement 2	0	0	0	0	0	AMAN



**Gambar 5.** Simpangan Arah Y Setelah Menggunakan *Bracing*

Hasil analisis menggunakan *software* ETABS V.19 menunjukkan bahwa simpangan statis berubah sebelum dan sesudah menggunakan tipe *assembly*. Tabel 13 dan 14 menunjukkan perubahan besaran simpangan sebelum dan sesudah menggunakan jenis *bracing*.

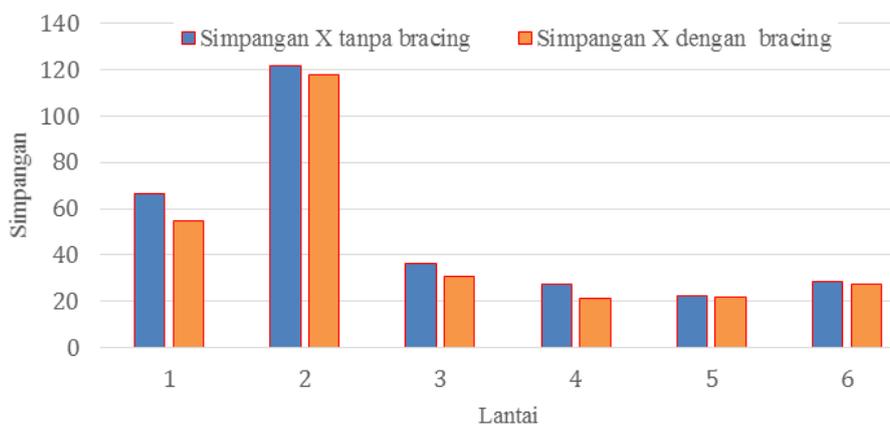
**Tabel 13.** Perubahan Nilai Simpangan Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Bracing* Tipe  $\Lambda$  Arah X

Keterangan	Tanpa Bracing (mm)	Bracing Tipe $\Lambda$ (mm)
Atap	66.43	54.68
Tribun	121.70	117.98
Lantai 3	36.38	30.97
Lantai 2	27.63	21.52
Lantai 1	22.51	22.03
Basement 1	28.34	27.72
Basement 2	0	0
Rata-rata	43.28	39.27
Penurunan		4.01

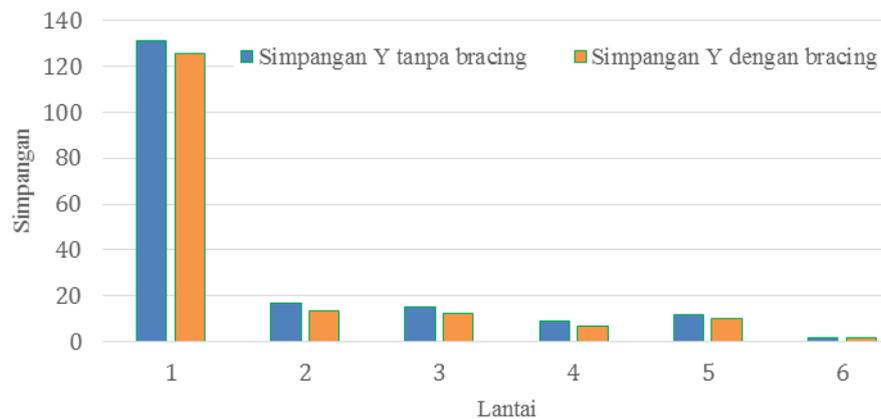
**Tabel 14.** Perubahan Nilai Simpangan Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Bracing* Tipe  $\Lambda$  Arah Y

Keterangan	Tanpa Bracing (mm)	Bracing Tipe $\Lambda$ (mm)
Atap	131.08	125.54
Tribun	16.77	13.41
Lantai 3	15.46	12.19
Lantai 2	8.84	6.60
Lantai 1	11.84	10.32
Basement 1	1.75	1.54
Basement 2	0	0
Rata-rata	26.53	24.23
Penurunan		2.31

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini, kami menunjukkan bahwa penambahan jenis *bracing* dapat mengurangi penyimpangan dibandingkan dengan kasus tanpa *bracing*. Plot penyimpangan dalam arah X dan Y ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



**Gambar 6.** Perubahan Simpangan Arah X



Gambar 7. Perubahan Simpangan Arah Y

### 3.3 Perbandingan Hasil penambahan Bracing

Hasil yang didapatkan sebelum dan sesudah penambahan *bracing* dapat disimpulkan bahwa, jika penambahan tersebut mengurangi simpangan yang ada pada gedung. Tipe penambahan *bracing* ada 2 yaitu *bracing* tipe V dan tipe  $\Lambda$ . Kedua tipe tersebut, untuk penambahan *bracing* dengan tipe V lebih efisien karena penurunan simpangan pada gedung lebih terlihat efeknya. Bisa dilihat pada data yang dihasilkan.

## 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan analisis nilai simpangan dari gedung kampus di Yogyakarta menggunakan software Etabs versi 2019, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Rata-rata penurunan sebelum perkuatan *bracing* V adalah 9.09 mm pada arah X dan 10.26 mm pada arah Y, sedangkan setelah perkuatan *bracing* V adalah 5.40 mm pada arah X dan 5.36 mm pada arah Y. Pada perbandingan sebelum dan sesudah perkuatan *bracing* tipe V terdapat perbedaan nilai sebesar 3.69 mm pada arah X dan sebesar 4.63 mm pada arah Y. *Bracing* tipe V dapat meningkat. Kekakuan, kekuatan, dan stabilitas struktural.
2. Penurunan rata-rata tanpa *bracing* adalah 43.28 mm pada arah X dan 26.53 mm pada arah Y. Setelah diberi *bracing* tipe  $\Lambda$  menjadi 39.27 pada arah X dan 24.23 pada arah Y. Pada perbandingan sebelum dan sesudah perkuatan *bracing* tipe  $\Lambda$  terdapat perbedaan nilai sebesar 4.01 mm pada arah X dan sebesar 2.31 mm pada arah Y. Penambahan *bracing* tipe  $\Lambda$  pada struktur gedung dapat mengurangi simpangan (*drift*) apabila dibandingkan dengan tanpa menggunakan *bracing*.

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya meliputi:

1. Dalam analisis, penempatan *bracing* mempengaruhi nilai simpangan yang terjadi, sehingga dapat dijadikan sebagai pembanding tata letak *bracing* terhadap nilai simpangan.

2. Perlu dilakukan analisis dengan profil *bracing* yang bervariasi dan menganalisis perkuatan struktur dengan *bracing* pada model gedung dan jumlah lantai yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M. (2016). *Modifikasi Perencanaan Struktur Hotel Pessona Gresik Dengan Menggunakan Rangka Berpengaku Eksentris*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Arsitekta. (2022). *Hakikat Bracing Pada Struktur Baja. Kegunaan & Jenis Bahan*. <https://arsitekta.com/hakikat-bracing-pada-struktur-baja-kegunaan-jenis-bahan/>
- Aryandi, D. & Herbudiman, B. (2017). Pengaruh Bentuk Bracing terhadap Kinerja Seismik Struktur Beton Bertulang. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 3(1). 1–11.
- Badoux, M., & Jirsa, J. O. (1990). Steel Bracing of RC Frames for Seismic Retrofitting. *Journal of Structural Engineering*, 116(1). 55–74. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9445\(1990\)116:1\(55\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(1990)116:1(55))
- Bedi, K., & Nagpur, G. (2013). Study on Methods and Techniques of Retrofitting. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2(9), 621–627.
- Bhisama, I. B. P. (2016). *Pemodelan Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Perkuatan Breising Konsentrik V-Terbalik*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana.
- BSN. (2019). *SNI 1726-2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Darmawan, I. M. W., Aryastana, P., & Ardhantha, I. M. (2017). Perencanaan Gedung Rumah Sakit Nyitdah-Tabanan Menggunakan Struktur Baja dengan Sistem Rangka Breising dan Tanpa Breising. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 6(1), 96-107.
- Fajri. (2015). Analisis Konfigurasi Bentuk Pengaku pada Perencanaan Struktur Gedung Rangka Baja dengan Pengaku Konsentrik. *Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 1(2).
- Fauzan, Ismail, F. A., Jauhari, Z. A., & Setiawan, I. (2016). Analisis Perkuatan (Retrofit) Gedung Kantor Gubernur Sumatera Barat Menggunakan Steel Bracing. In *Prosiding 3rd Andalas Civil Engineering*. Padang.
- Hastuti, E. W. D., Afandi, A. K., Anwar, M. K., Bagiarno, M., Arbi, R., & Marbun, A. G. (2020). Potensi Bencana Longsor di Daerah Muara Dua dan Sekitarnya, Sumatera Selatan. In *Prosiding Seminar Nasional AVOER XII*.

- Hayu, G. A., & Sulisty, M. B. (2021). Pemodelan Sambungan Las pada Struktur Balok Kolom Baja Berbasis Program Elemen Hingga. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 10(2), 375–384. <https://doi.org/10.22225/pd.10.2.3615.375-384>
- Hadibroto, B., & Ronitua, S. (2018). Perbaikan Dan Perkuatan Bangunan Sederhana Akibat Gempa. *Educational Building*, 4(1), 46–55. <https://doi.org/10.24114/eb.v4i1.10044>
- Issa, A. S., & Alam, M. S. (2019). Seismic Performance of a Novel Single and Double Spring-Based Piston Bracing. *Journal of Structural Engineering*, 145(2), 04018261. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)st.1943-541x.0002245](https://doi.org/10.1061/(asce)st.1943-541x.0002245)
- Kartika, D. A. (2018). *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Swiss-Belhotel Surabaya dengan Menggunakan Sistem Rangka B्रेसing Eksentrik*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nugroho, F. (2018). Pengaruh Penggunaan B्रेसing Cross dan Inverted V terhadap Penulangan Kolom Bangunan Gedung Beton Bertulang. *Jurnal Momentum*, 20(2), 94–101. <https://doi.org/10.21063/JM.2018.V20.2.94-101>
- Octavianti, M., & Watrin, M. S. (2016). Pembentukan Generasi Tangguh Bencana sebagai Antisipasi Risiko Gempa. In *Angewandte Chemie International Edition*. 6(11), 951–952. [http://repository.unib.ac.id/21090/1/Buku Adaptasi dan Mitigasi Bencana.pdf#page=94](http://repository.unib.ac.id/21090/1/Buku_Adaptasi_dan_Mitigasi_Bencana.pdf#page=94)
- Repadi, J. A., Sunaryati, J., & Thamrin, R. (2016). Analisis Kinerja Struktur Beton Bertulang Dengan Variasi Penempatan Bracing Inverted V. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 12(2), 103. <https://doi.org/10.25077/jrs.12.2.103-110.2016>
- Sukrawa, M., Giri, I. B. D., Deskarta, I. P., & Prayoga, M. H. (2016). Perkuatan Seismik Struktur Rangka Beton Bertulang Menggunakan B्रेसing Baja Tipe X Dan V Terbalik. *Jurnal Spektran*, 4(2). <https://doi.org/10.24843/spektran.2016.v04.i02.p10>
- Tiwari, N. (2022). *Retrofitting of reinforced concrete frames using steel bracings*. <https://www.skyfilabs.com/project-ideas/retrofitting-of-reinforced-concrete-using-steel-bracing>
- Wijaya, Y. (2018). *Analisis Perkuatan Struktur Gedung Beton Bertulang Iregular dengan B्रेसing Buckling-Restrained Brace*. Skripsi, Universitas Katolik Parahiyangan.