



ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN BRACING TERHADAP KINERJA STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN BERTINGKAT

Weri Afrizal¹, Deded Eka Sahputra², Rita Nasmirayanti³

¹Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

²Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

³Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

weriafrizal0819@gmail.com

Abstract

The planning of earthquake-resistant buildings can be done in two ways: either the building is designed to behave elastically during an earthquake or it is designed to behave inelastically during an earthquake. One effort to ensure that a building remains sturdy in the face of an earthquake is by using concentric bracing, which functions as a lateral force restraint on the structure of a construction. This research aims to analyze the effect of using steel profile bracing on the performance of reinforced concrete structures in a three-story building, with Model A representing a building without bracing, Model B with inverted-V bracing, and Model C with cross bracing. Based on data processing and analysis, the results show that the greatest internal forces occurred in the building without bracing, and the moments acting on the beams of the building without bracing were 57.536% larger than those in the building with X-type (cross) bracing and 55.817% larger than those in the building with Inverted-V bracing. The structural performance based on performance-based design for both braced and unbraced buildings was categorized at the immediate occupancy level, as the maximum total drift values obtained for each building were less than 0.01 and the maximum total inelastic drift values were less than 0.005..

Keywords: Multi-story Building, SNI 1726-2019, Bracing, Elastic, Inelastic.

Abstrak

Perencanaan bangunan tahan gempa ada dua cara yaitu, bangunan direncanakan berperilaku elastis saat terjadi gempa atau bangunan direncanakan berperilaku inelastis saat terjadi gempa. Salah satu usaha agar bangunan dapat tetap berdiri kokoh karena dampak gempa bumi adalah dengan menggunakan bracing konsentrik yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral pada struktur dari suatu konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan bracing dengan profil baja terhadap kinerja struktur beton bertulang pada bangunan bertingkat tiga dengan pemodelan A untuk bangunan tanpa bracing, model B dengan bracing inverted-V, dan model C dengan bracing cross. Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis data, didapatkan hasil bahwa gaya dalam terbesar terjadi pada bangunan tanpa menggunakan bracing, dan momen yang bekerja pada balok bangunan tanpa menggunakan bracing 57,536% lebih besar daripada yang menggunakan bracing tipe X (cross) dan 55,817% lebih besar dari pada bangunan menggunakan bracing Inverted-V. Kinerja struktur berdasarkan performance based design untuk bangunan menggunakan bracing dan bangunan tanpa menggunakan bracing yang dimodelkan, dikategorikan ke dalam level immediate occupancy karena nilai maksimum total drift yang didapatkan pada masing-masing bangunan lebih kecil dari 0,01 dan nilai maksimum total inelastic drift kecil dari 0,005.

Kata Kunci: Bangunan Bertingkat, SNI 1726-2019, Bracing, elastis

CEC is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Kejadian gempa bumi di Indonesia menyebabkan banyaknya korban jiwa, kerugian bangunan fisik, dan material. Kondisi ini perlu untuk di minimalisir, mengingat bahwa bangunan merupakan tempat tinggal yang dihuni manusia. Untuk meminimalisir terjadinya korban jiwa, maka diperlukan perancangan struktur bangunan yang mampu menahan gaya akibat gempa sehingga dapat menahan bangunan agar tidak roboh sampai penghuni didalamnya dapat menyelamatkan diri [6].

Salah satu wilayah di Indonesia yang rawan terhadap terjadinya gempa bumi adalah Kota Padang. Kota Padang yang berbatasan langsung dengan laut Samudera Hindia menjadikan salah satu wilayah rawan gempa berpotensi tsunami di Indonesia. Pada 30 September 2009, terjadi gempa bumi berkekuatan 7,6 skala Richter yang menyebabkan banyak kerusakan pada gedung bertingkat seperti hotel, gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, dan lainnya. Sehingga untuk mencegah terjadinya kerusakan yang cukup parah dimasa depan akibat gempa, pembangunan gedung di Kota Padang perlu didesain dengan perencanaan yang baik.

Perencanaan bangunan tahan gempa ada dua cara yaitu, bangunan direncanakan berperilaku elastis saat terjadi gempa atau bangunan direncanakan berperilaku inelastis saat terjadi gempa. Keunggulan dari struktur elastis adalah tidak ada bagian yang berdeformasi permanen pada struktur, namun penampang dari elemen struktural yang dipakai akan jauh lebih besar. Keunggulan dari struktur berperilaku inelastis adalah pada elemen struktur tertentu akan mengalami kelelahan atau terplastifikasi akibat menyerap energi gempa, dan elemen struktur tersebut akan mengalami deformasi plastis, tetapi masih cukup kaku untuk tetap berdiri. Sehingga saat terjadi gempa dengan intensitas tinggi, bangunan tidak mengalami keruntuhan total (*totally collapse*). [4]

Salah satu penyebab keruntuhan bangunan adalah ketidakstabilan struktur. Saat mendesain suatu struktur, ketidakstabilan pada struktur merupakan hal dasar harus dihindari. Hal ini harus diperhatikan untuk berbagai jenis tinggi gedung. Struktur yang tidak stabil apabila menerima beban maka struktur tersebut mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang lebih besar dibandingkan struktur yang stabil. Salah satu cara yang dapat dilakukan agar struktur menjadi lebih stabil adalah mengkombinasikan struktur dengan bracing (elemen pengaku) [5]. Salah satu usaha agar bangunan dapat tetap aman dari dampak yang disebabkan oleh gempa bumi adalah dengan menggunakan bracing konsentrik yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur suatu konstruksi bangunan gedung. [1]

Elemen pengaku (braced frames element) adalah elemen struktur yang ditempatkan secara menyilang (diagonal) pada struktur portal, yang berfungsi menopang portal terhadap beban lateral. [3]. Sistem bracing dapat digunakan untuk menahan gaya vertikal seperti beban gravitasi dan gaya horizontal/gaya lateral seperti gempa, sehingga dapat mencegah goyangan berlebih pada struktur. Penggunaan bracing juga dimaksudkan agar saat terjadi gempa, gaya lateral yang mengenai struktur tidak hanya ditahan oleh elemen balok dan kolom pada struktur tetapi juga ditahan oleh sistem bracing. [5].

Penggunaan bracing pada struktur portal bertingkat banyak dinilai dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur bangunan tersebut, selain itu penggunaan bracing juga cenderung lebih efisien. Portal dengan Bracing diharapkan tahan gempa karena bracing memiliki kekuatan tarik maksimum. Dalam struktur baja, pilihan jenis detail rakitan sambungan merupakan faktor penting yang tidak dapat diabaikan. [2]

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penelitian ini akan dilakukan analisis pengaruh penggunaan bracing dengan profil baja terhadap kinerja struktur beton bertulang pada bangunan bertingkat dengan metode respon spektrum gempa. Penelitian ini akan memodelkan bangunan bertingkat dengan tiga pemodelan yang berbeda yaitu, model A untuk bangunan tanpa bracing, model B untuk bangunan dengan bracing Inverted-V, dan model C untuk bangunan dengan bracing Cross atau X Sehingga didapatkan hasil penelitian berupa perbandingan bentuk bracing yang ideal untuk digunakan pada bangunan dengan fungsi rumah sakit di Kota Padang

2. Metodologi Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam analisis pengaruh penggunaan bracing terhadap kinerja struktur beton bertulang pada bangunan bertingkat adalah penelitian kuantitatif. Adapun data primer yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

1. Fungsi bangunan : Gedung rumah sakit
2. Jenis Struktur : Struktur beton bertulang
3. Lokasi : Kota Padang
4. Jenis tanah : Tanah lunak

Sedangkan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2019)
2. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727: 2020)
3. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2019)

4. Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG 1987)
5. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja Struktural (SNI 1729:2020)

2.1. Teknik Pengolahan Data

Setelah data-data yang digunakan untuk analisis pengaruh penggunaan bracing terhadap kinerja struktur beton bertulang pada bangunan bertingkat didapatkan, selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk memecahkan permasalahan yang ada untuk mendapatkan tujuan akhir dari penelitian ini. Berikut ini adalah teknik pengolahan data pada penelitian ini, adalah sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Penelitian ini berupa studi perencanaan gedung bertingkat. Terdapat 3 model yang dibandingkan untuk menentukan dan memperoleh struktur gedung yang memiliki kinerja struktur lebih baik terhadap beban gempa. Model yang dibandingkan adalah gedung model tanpa bracing, bracing type Inverted-V dan bracing type cross.

2. Data Struktur

Setelah selesai dan memahami pada studi literatur, langkah selanjutnya adalah menentukan data struktur dimana pada tahapan ini akan dibandingkan struktur 3 model gedung bertingkat memakai bracing dan tidak memakai bracing. Ketiga gedung masing-masing memiliki luas 325 m² dan tinggi 20 m (5 lantai). Untuk dimensi stuktur dilakukan Preliminary design.

3. Pembebanan Statis (Beban Hidup dan Beban Mati)

Beban statis merupakan beban tetap yang bekerja secara terus menerus pada struktur yang terdiri atas beban hidup dan beban mati.

4. Pembebanan Gempa

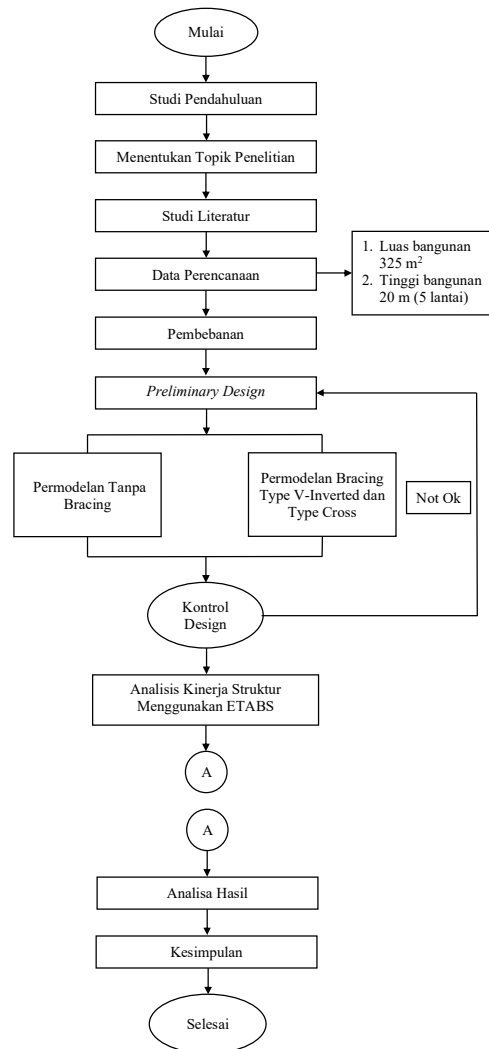
Pada pembebanan gempa akan ditentukan kategori risiko dan faktor keutamaan bangunan, menentukan kategori desain seismik, menentukan metode analisis beban gempa, dan menghitung gaya lateral.

5. Analisis

Setelah pembebanan gempa dihitung, maka dilakukan analisis kinerja struktur yang bekerja pada gedung bertingkat tanpa bracing dan menggunakan bracing tipe inverted-V dan Cross yang akan dibantu dengan software ETABS.

2.2. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini diagram alir dari kegiatan penelitian analisis pengaruh penggunaan bracing terhadap kinerja struktur beton bertulang pada bangunan bertingkat adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data dimensi perencanaan awal yang telah didapatkan dengan preliminary design, elemen struktur tersebut dimodelkan menjadi bangunan 3D dengan software ETABS dan dilakukan analisis untuk kontrol bangunan yang dimodelkan dengan bantuan microsoft excel.

3.1. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur di software ETABS dilakukan dengan beberapa langkah yaitu:

1. Pembuatan grid pada ETABS sesuai dengan perencanaan ukuran bangunan.
2. Input data material berdasarkan mutu yang telah direncanakan, yaitu $f_c' = 25$ Mpa atau beton K-300.
3. Input dimensi kolom, balok dan pelat lantai berdasarkan data hasil preliminary design yang telah dilakukan
4. Setelah melakukan input material dan dimensi elemen struktur maka dilakukan pemodelan untuk ketiga bangunan berdasarkan grid yang telah dibuat sesuai ukuran bangunan yang direncanakan.
5. Input beban mati, beban hidup, dan beban gempa sesuai dengan data yang telah dikumpulkan. Dan input kombinasi beban berdasarkan SNI 1727-2020 tentang beban desain minimum terkait struktur gedung.

6. Selanjutnya dilakukan analisis struktur bangunan untuk kontrol elemen struktur apakah sudah memadai atau belum. Jika kontrol belum memadai, dilakukan perubahan dimensi elemen struktur dan di analisis kembali.

3.2. Kontrol Struktur

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2019 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

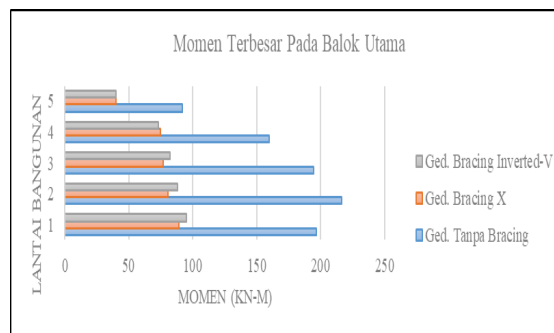
1. Kontrol partisipasi massa
2. Kontrol perioda struktur
3. Kontrol gaya geser dasar seismik
4. Kontrol batas simpangan antar lantai struktur

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

3.3. Analisis Struktur

1. Analisis Gaya Dalam Balok

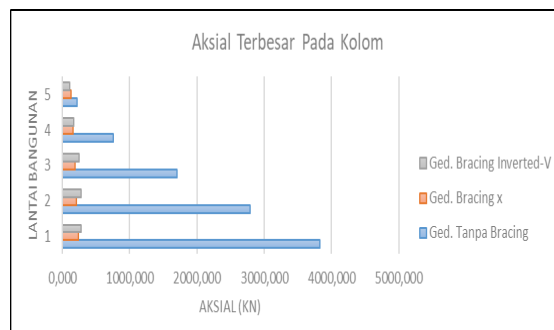
Analisis gaya-gaya dalam pada balok dilakukan secara umum pada masing-masing lantai bangunan. Pada masing-masing lantai bangunan diambil gaya-gaya dalam terbesar yang bekerja pada balok, kemudian dilakukan perbandingan dan perhitungan rasio selisih antar gaya-gaya dalam terbesar pada balok yang bekerja pada masing-masing struktur bangunan yang dimodelkan.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Momen Terbesar pada Balok

2. Analisis Gaya Dalam Kolom

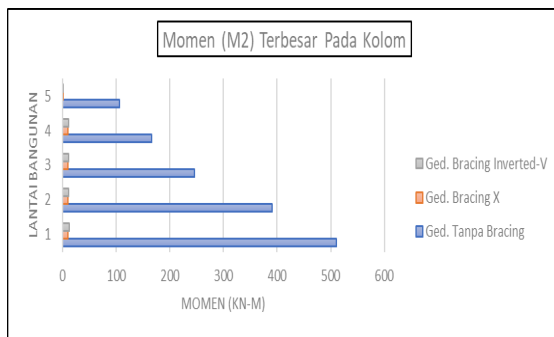
Pada masing-masing lantai bangunan diambil gaya-gaya dalam terbesar yang bekerja pada kolom, kemudian dilakukan perbandingan dan perhitungan rasio selisih antar gaya-gaya dalam terbesar pada kolom yang bekerja pada masing-masing lantai struktur bangunan yang dimodelkan.



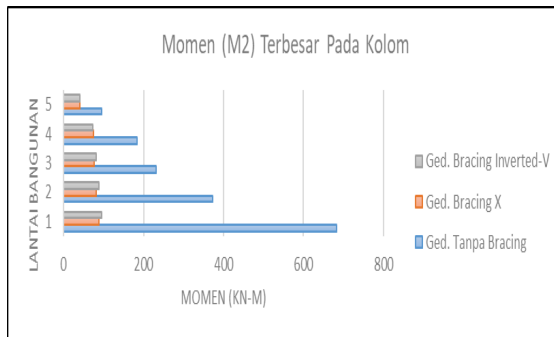
Gambar 3. Grafik Perbandingan Aksial Terbesar pada Kolom

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa gaya aksial terbesar terjadi pada bangunan tanpa bracing dengan selisih 79,045% dengan bangunan menggunakan bracing inverted-V dan 78,868% dengan bangunan menggunakan bracing X, hal ini dikarenakan bangunan tanpa bracing memiliki berat yang lebih besar dialami oleh kolom dari pada gedung menggunakan bracing x dan bracing inverted-v yang dimodelkan.

Pada perbandingan momen arah sumbu 2, bangunan dengan tanpa bracing memikul momen yang lebih besar dari pada kedua bangunan menggunakan Bracing dengan rasio selisih 96,864% dengan bangunan menggunakan bracing X yang memikul momen arah sumbu 2 lebih kecil ketimbang bangunan menggunakan bracing Inverted-V dengan selisih 5,754%.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Momen (M2) Terbesar Pada Kolom



Gambar 5. Grafik Perbandingan Momen (M3) Terbesar Pada Kolom

Namun pada momen arah sumbu 3, gedung menggunakan bracing X memikul momen yang hampir sama dengan bangunan menggunakan bracing Inverted-V dengan rasio selisih hanya 3,973%. Sedangkan gedung menggunakan tanpa menggunakan bracing memikul momen yang lebih besar daripada bangunan menggunakan bracing X dengan rasio selisih 69,881% dan 68,952% dengan bangunan menggunakan bracing Inverted-V.

3. Hasil dan Pembahasan

Rangkaian hasil penelitian berdasarkan urutan/susunan logis untuk membentuk sebuah cerita. Isinya menunjukkan fakta/data dan jangan diskusikan hasilnya. Dapat menggunakan Tabel dan Angka tetapi tidak menguraikan secara berulang terhadap data yang sama dalam gambar, tabel dan teks. Untuk lebih memperjelas uraian, dapat menggunakan sub judul.

Pembahasan adalah penjelasan dasar, hubungan dan generalisasi yang ditunjukkan oleh hasil. Uraianannya menjawab pertanyaan penelitian. Jika ada hasil yang meragukan maka tampilkan secara objektif.

3.1. Spesifikasi

Gunakan tipe huruf Times New Roman pada seluruh naskah (kecuali pseudocode), dengan ukuran huruf seperti yang telah dicontohkan pada panduan penulisan ini. Jarak spasi adalah *single* dan isi tulisan atau naskah menggunakan perataan kiri-kanan (*justified*).

3.4. Analisis Perbandingan Kinerja Struktur

1. Perbandingan *Base Shear*

Perbandingan base shear atau gaya geser dasar seismik didapatkan data bahwa bangunan tanpa Bracing memiliki gaya geser dasar terbesar dengan selisih 11,903% dengan bangunan menggunakan bracing X dan 10,586 % dengan bangunan menggunakan Bracing Inverted-V. Sedangkan bangunan menggunakan Bracing X merupakan bangunan dengan gaya geser dasar terkecil dengan selisih 0,057 % dengan gedung Menggunakan Bracing Inverted V.

Tabel 1. Perbandingan *base shear*

	Base Shear (kN)			Selisih TB & BV	Selisih BV & BX	Selisih TB & BX
	TB	BX	BV			
V _x	2903,493	2596,137	2594,655	11,903	0,057	10,586
V _y	2903,493	2596,137	2594,655	11,903	0,057	10,586

*TB : Ged. Tanpa Bracing; BX : Ged. Bracing X; BV : Ged. Bracing V - Inverted

2. Perbandingan *Displacement*

Pada perbandingan displacement, simpangan terbesar terjadi pada bangunan tanpa Bracing dengan selisih 1,059 mm arah x dan 1,202 mm arah y dengan gedung Menggunakan Bracing X. Sedangkan simpangan terkecil terjadi pada bangunan menggunakan Bracing X 0,623 mm arah x dan 0,725 mm arah y dengan bangunan menggunakan Bracing Tipe Inverted-V. Untuk bangunan tanpa Bracing dengan bangunan menggunakan Bracing Tipe Inverted-V selisih simpangan yang terjadi yaitu 0,436 mm arah x dan 0,477 mm arah y.

Tabel 2. Perbandingan *displacement* arah X

Lantai	Displacement (X) (mm)			Selisih TB & BV	Selisih BV & BX	Selisih TB & BX
	TB	BX	BV			
5	20,725	15,827	16,847	3,878	1,020	4,898
4	13,269	12,7	13,43	-0,161	0,730	0,569
3	9,961	9,864	10,534	-0,573	0,670	0,097
2	6,482	6,534	7,02	-0,538	0,486	-0,052
1	2,741	2,959	3,167	-0,426	0,208	-0,218
Rata-Rata				0,436	0,623	1,059

*TB : Ged. Tanpa Bracing; BX : Ged. Bracing X; BV : Ged. Bracing V - Inverted

Tabel 3. Perbandingan *displacement* arah Y

Lantai	Displacement (Y) (mm)			Selisih TB & BV	Selisih BV & BX	Selisih TB & BX
	TB	BX	BV			
5	23,315	17,34	18,786	4,529	1,446	5,975
4	15,053	14,084	15,168	-0,115	1,084	0,969
3	11,216	10,868	11,788	-0,572	0,920	0,348
2	7,212	7,13	7,762	-0,550	0,632	0,082
1	3,038	3,202	3,471	-0,433	0,269	-0,164
Rata-Rata				0,477	0,725	1,202

*TB : Ged. Tanpa Bracing; BX : Ged. Bracing X; BV : Ged. Bracing V - Inverted

3. Perbandingan *Drift Ratio*

Perbandingan drift ratio merupakan perbandingan rasio simpangan antar lantai yang terjadi pada bangunan menggunakan bracing dan bangunan tanpa Bracing, dimana rasio yang dimaksud adalah selisih simpangan antar lantai dalam kondisi inelastic drift dibagi dengan jarak ketinggian per lantainya.

Tabel 4. Perbandingan *drift ratio* arah X

Lantai	Tinggi Lantai	<i>Drift Ratio (X) (%)</i>		
		TB	BX	BV
5	4000	0,683	0,208	0,228
4	4000	0,303	0,189	0,193
3	4000	0,319	0,222	0,234
2	4000	0,343	0,238	0,257
1	4000	0,251	0,197	0,211

TB : Ged. Tanpa Bracing; BX : Ged. Bracing X; BV : Ged. Bracing V - Inverted-V

Berdasarkan analisis yang dilakukan, rasio simpangan antar lantai arah x pada ketiga bangunan yang dimodelkan hampir sama, namun bangunan tanpa bracing merupakan bangunan dengan rasio simpangan antar lantai terbesar diantara ketiga bangunan yang dimodelkan.

Tabel 4. Perbandingan *drift ratio* arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	<i>Drift Ratio (X) (%)</i>		
		TB	BX	BV
5	4000	0,683	0,208	0,228
4	4000	0,303	0,189	0,193
3	4000	0,319	0,222	0,234
2	4000	0,343	0,238	0,257
1	4000	0,251	0,197	0,211

TB : Ged. Tanpa Bracing; BX : Ged. Bracing X; BV : Ged. Bracing V - Inverted-V

Pada rasio simpangan antar lantai arah y, simpangan antar lantai terkecil terjadi pada bangunan menggunakan Bracing tipe X, sedangkan simpangan antar lantai pada bangunan tanpa Bracing dan bangunan menggunakan bracing Inverted-V, namun pada lantai lima rasio simpangan antar lantai bangunan tanpa bracing cukup besar ketimbang bangunan dengan menggunakan bracing tipe Inverted-V.

4. Perbandingan ATC 40

Tabel 5. Perbandingan Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC 40

Level Kinerja	Arah X	Arah Y
Ged. Tanpa Bracing	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>
Ged. Bracing X	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>
Ged. Bracing Inverted -V	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>

Dari data tabel diatas dapat dilihat bahwa gedung tanpa bracing dan gedung menggunakan bracing yang telah dimodelkan termasuk ke dalam kategori immediate

occupancy. Hal ini karena nilai maksimum total drift yang didapatkan pada masing-masing bangunan lebih kecil dari 0,01 dan nilai maksimum total inelastic drift kecil dari 0,005 sesuai dengan persyaratan level kinerja struktur berdasarkan ATC 40. Pada kategori ini, kondisi struktur bangunan dapat sepenuhnya melawan gaya geser dasar vertikal maupun horizontal yang terjadi. Kerusakan struktur sangat kecil, resiko korban jiwa saat terjadi kerusakan sangat kecil, dan gedung dapat segera difungsikan kembali.

4. Kesimpulan

Gaya-gaya dalam terbesar umumnya terjadi pada bangunan tanpa menggunakan bracing, artinya gaya yang bekerja pada bangunan tanpa menggunakan bracing lebih besar daripada bangunan dengan menggunakan bracing. Base shear pada bangunan tanpa menggunakan bracing 11,903% lebih besar daripada bangunan menggunakan bracing tipe Inverted-V dan 10,586% lebih besar daripada bangunan dengan menggunakan bracing tipe X. 6. Pada perbandingan displacement, simpangan terbesar terjadi pada bangunan dengan tanpa menggunakan bracing dengan selisih 1,059 mm arah x dan 1,202 mm arah y dengan gedung menggunakan bracing tipe X. Sedangkan simpangan terkecil terjadi pada bangunan menggunakan bracing tipe X dengan rasio selisih 0,623 mm arah x dan 0,725 mm arah y dengan bangunan menggunakan bracing tipe inverted-V. 7. Rasio simpangan antar lantai untuk masing-masing bangunan tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Drift ratio pada arah X hampir sama untuk setiap bangunan dengan rata-rata 0,379%. Namun pada arah Y, bangunan menggunakan bracing lebih kecil dibandingkan bangunan tanpa menggunakan bracing dengan rata-rata 0,231% dan 0,250%.

3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk analisis perbandingan kinerja struktur pada bangunan dengan menggunakan bracing dan bangunan tanpa menggunakan bracing dengan variasi bentuk bracing lainnya. Analisis dilakukan sesuai dengan SNI 1726-2019 dan SNI 1729-2019, dengan kegunaan dan pemodelan struktur yang lebih kompleks.

Daftar Rujukan

- [1] Farhana, D. R., Euneke Widyarningsih., dan Bernardius. (2023). Studi perilaku struktur bangunan gedung rangka baja asimetrik horizontal menggunakan bracing terhadap beban gempa. Jurnal Ilmiah Multidisiplin. Vol 1 No 10 Januari 2023.
- [2] Hayu, G. A., & Sulistyono, 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.
- [3] Kartika, D. A. (2018). Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Swiss-Belhotel Surabaya dengan Menggunakan Sistem Rangka Bering Eksentrik. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [4] Mohammad Rosul Zainuddin Malik, dan Bantot Sutrisno, (2023). Studi Perbandingan Perilaku Gedung Struktur Baja Sistem Bering Eksentrik Tipe Inverted-V dan Sistem Bering

- Konsentris Tipe- X Terhadap Beban Gempa. Journal of Scienteck Research and Development Volume 5, Issue 2
- [5] Rienanda. F. E., Ellen J., dan Kummat., Reky S Windah., (2019). Pengaruh Bracing Pada Bangunan Bertingkat Rangka Baja Yang Berdiri Di Atas Tanah Miring Terhadap Gempa. Jurnal Sipil Statik. 7 no 6.
- [6] Sandy Kurniawan Hariadi, Wahiddin., dan Sugiharti. (2022). Analisis Pengaruh Pengekang (Bracing) Sebagai Elemen Penahan Gempa Terhadap Kekakuan Lateral Struktur Gedung Sepuluh Lantai. Jurnal online.