

EVALUASI PERILAKU STRUKTUR BAJA PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN *BRACING* TIPE X DAN DIAGONAL AKIBAT BEBAN GEMPA DINAMIK

*N. Putri Lestari Alfanhuri¹, Rosi Nursani¹, Nina Herlina¹

1, 2, 3 Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Kota Tasikmalaya, Indonesia

*)Penulis korespondensi: N. Putri Lestari Alfanhuri (nputrilestari10@gmail.com)

Received: 29 April 2025 Revised: 2 Mei 2025 Accepted: 30 Juni 2025

Abstract— Indonesia is one of the regions that frequently experiences earthquakes, and the occurrence of earthquakes can impact infrastructure damage. The main focus for buildings that can withstand earthquakes is materials with high ductility. One way to increase the strength of a building structure is by adding braces. With the use of bracing, the performance of the building can be improved. The bracing frame is a steel structural frame added diagonally to the building frame system. It functions as a brace to withstand lateral earthquake forces. This research was conducted to analyze the comparison between modeling a building structure without bracing, X bracing type, and single diagonal bracing type, in terms of displacement values, shear forces, and the connections used. The method used in this research is the planning analysis method focused on the comparison of steel structures to determine the structural response that occurs in each modeling. Based on the analysis results conducted on each structural modeling, it was found that the SRBK with X bracing produced smaller displacement values compared to the other three models, with displacement values of 64.84 mm (X direction) and 45.92 mm (Y direction). This indicates that the SRBK with X bracing has better stability compared to the other models when subjected to seismic forces.

Keywords — Base Shear, Earthquake, Displacement, Concentric Braced Frame System, Steel Structure.

Abstrak— Indonesia merupakan salah satu wilayah yang kerap mengalami kejadian gempa bumi, terjadinya gempa bumi dapat berdampak pada kerusakan infrastruktur. Fokus utama untuk bangunan yang mampu menahan gempa yaitu material yang memiliki daktilitas tinggi. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan suatu struktur bangunan yaitu dengan menambahkan pengaku/bracing. Dengan penggunaan bracing, dapat meningkatkan kinerja bangunan. Rangka bracing merupakan rangka struktur baja yang ditambahkan secara diagonal pada sistem rangka bangunan. Memiliki fungsi sebagai pengaku untuk menahan gaya lateral gempa. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan antara pemodelan struktur gedung tanpa bracing, tipe X bracing dan tipe single diagonal bracing yang ditinjau dari nilai simpangan, gaya geser, dan sambungan yang dipakai. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisis perencanaan yang dipusatkan pada perbandingan struktur baja untuk mengetahui respons struktur yang terjadi dalam setiap pemodelan. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada setiap pemodelan struktur, diperoleh bahwa SRBK dengan X bracing menghasilkan nilai simpangan yang lebih kecil dibanding ketiga pemodelan lainnya dengan nilai simpangan 64,84 mm (arah X) dan 45,92 (arah Y). Hal ini menunjukkan bahwa SRBK dengan X bracing memiliki kemampuan stabilitas yang lebih baik dari pemodelan lainnya ketika diberikan gaya gempa.

Kata kunci — Gaya Geser Dasar, Gempa, Simpangan, Sistem Rangka Bracing Konsentrik, Struktur Baja.

1. PENDAHULUAN

Indonesia berdasarkan letak geografisnya masuk ke dalam kawasan *ring of fire* (Lingkaran Api Pasifik) dimana wilayah tersebut kerap mengalami kejadian gempa bumi baik ringan, sedang, maupun besar. Terjadinya gempa bumi tidak hanya berisiko dari segi korban jiwa saja tetapi berdampak juga pada kerusakan infrastruktur. Untuk meminimalisir kerusakan tersebut, salah satunya ketika merencanakan gedung harus dirancang struktur yang tidak boleh runtuh saat menerima gaya lateral, hal ini dapat melindungi penghuni yang sedang berada di dalam gedung ketika terjadi gempa (Mahadewi dan Khatulistiwa, 2021). Fokus utama untuk bangunan yang mampu menahan gempa yaitu material yang memiliki daktilitas tinggi karena ketika terkena kekuatan yang melebihi batas, suatu struktur akan mengalami peregangan terlebih dahulu sebelum terjadinya runtuh (Rochmah, 2020). Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan suatu struktur bangunan yaitu dengan menambahkan pengaku/bracing. Dengan penggunaan bracing, dapat meningkatkan kinerja bangunan mulai dari simpangan

antar lantai, kestabilan struktur, hingga kekakuan pada bangunan tingkat tinggi (Fitriyani & Trimurtiningrum, 2022).

Rangka *bracing* merupakan rangka struktur baja yang ditambahkan secara diagonal pada sistem rangka bangunan. Memiliki fungsi sebagai pengaku untuk menahan gaya lateral gempa. Sistem *bracing* pada gedung dibagi menjadi dua yaitu, Sistem Rangka *Bracing* Konsentrik (SRBK) dan Sistem Rangka *Bracing* Eksentrik (SRBE) (Richard et al., 2021). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan antara pemodelan struktur gedung tanpa *bracing*, SRBK dengan X *bracing* dan SRBK dengan *single diagonal bracing* yang ditinjau dari nilai simpangan, gaya geser, dan sambungan yang dipakai (Setiawan, 2008). Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai perancangan gedung dengan *bracing* tipe X dan gedung dengan *bracing* tipe diagonal sehingga dapat dijadikan pertimbangan atau alternatif lain dalam perencanaan pembangunan gedung-gedung tinggi dengan menggunakan pengaku *bracing*.

2. METODOLOGI

2.1 Lokasi Penelitian

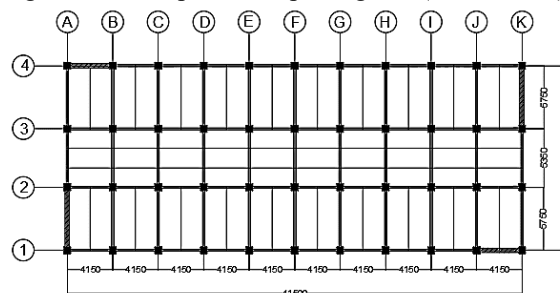
Lokasi yang akan menjadi objek penelitian direncanakan berada di Kota Bandung, Jawa Barat. Pemilihan lokasi penelitian akan berpengaruh pada nilai beban gempa yang terjadi pada perancangan suatu gedung.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

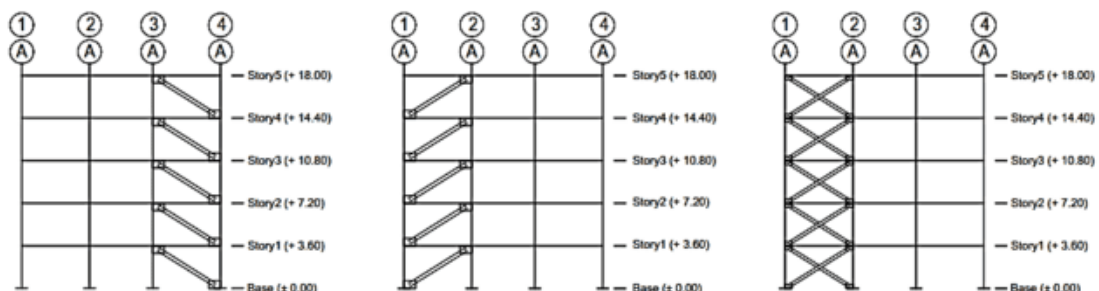
Pada penelitian ini hanya menggunakan data sekunder yang terdiri dari lokasi gedung, data teknis bangunan gedung, dan gambar perencanaan bangunan. Untuk data teknis gedung memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Nama Gedung : Gedung Asrama Putri
2. Lokasi : Jl. Buah Batu, Kota Bandung, Jawa Barat
3. Material Bangunan : Beton Bertulang
4. Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
5. Fungsi Bangunan : Rumah Tinggal
6. Jumlah Lantai : 5 (lima) Lantai
7. Tinggi Antar Lantai : 3,6 m
8. Jenis Atap : Dak Beton
9. Sitem Penghubung Lantai : Tangga
10. Jenis Tanah : Tanah Sedang

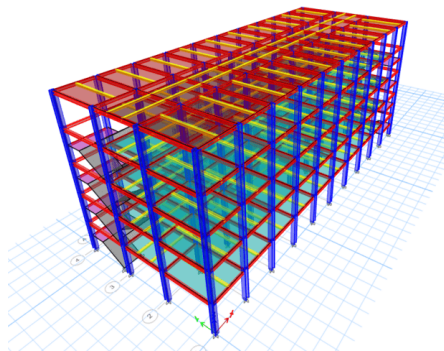
Pada penelitian ini akan memodifikasi bangunan dengan merencanakannya menggunakan struktur baja dengan sistem rangka pengaku *bracing* konsentrik tipe x dan tipe diagonal (AISC, 2010).



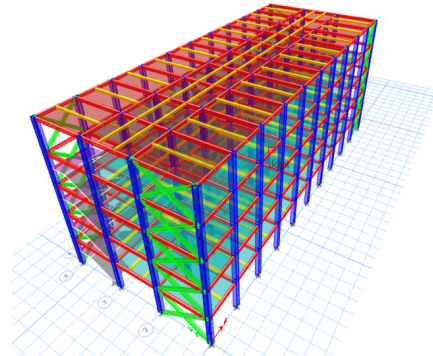
Gambar 1. Denah Gedung



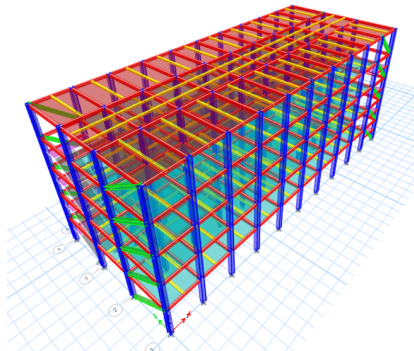
Gambar 2. X Bracing dan Single Diagonal Bracing



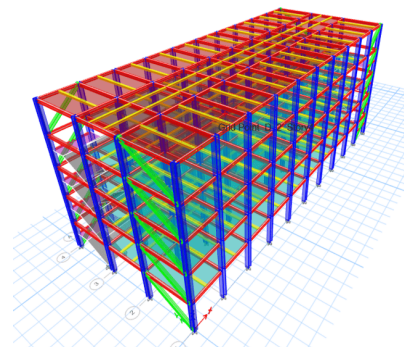
Gambar 3. Pemodelan Awal Struktur Gedung



Gambar 4. Pemodelan Struktur Gedung Dengan Bracing Tipe X



Gambar 5. Pemodelan Struktur Gedung Dengan Bracing Tipe Diagonal (1)



Gambar 6. Pemodelan Struktur Gedung Dengan Bracing Tipe Diagonal (2)

2.3 Analisis Data

2.3.1 Pembebanan

1. Beban Mati

Beban mati terdiri atas beban seluruh bagian struktur yang bersifat tetap, seperti berat struktur sendiri, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga dan komponen permanen lain di dalam gedung berdasarkan pada SNI 1727 : 2020. Pada perencanaan ini beban mati sendiri dihitung otomatis oleh ETABS.

2. Beban Hidup

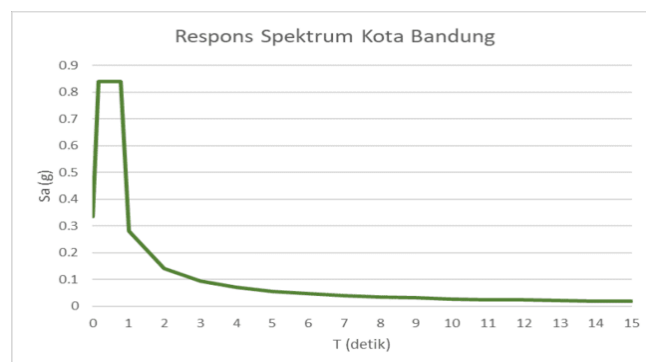
Beban hidup terdiri atas beban yang bekerja pada suatu struktur karena adanya penggunaan suatu gedung dan bersifat sementara. Beban yang akan diinput pada penelitian ini sesuai pada SNI 1727 : 2020.

3. Beban Angin

Beban angin didapatkan dengan menganggap adanya tekanan dan isapan yang bekerja tegak lurus terhadap bidang-bidang yang akan ditinjau. Beban angin dapat ditentukan dengan menganalisa beban berdasarkan pada SNI 1727 : 2020 (Tabel 27.2-1).

4. Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang bekerja pada struktur karena adanya pergerakan tanah oleh kejadian gempa bumi. Gempa rencana ditentukan dengan respons spectrum design berdasarkan SNI 1726 : 2019. (BSN 2019).



Gambar 7. Grafik Respons Spektrum Desain

5. Beban Kombinasi

Untuk perencanaan struktur bangunan seluruh beban yang akan diterima struktur perlu diperhitungkan agar bangunan tersebut tidak runtuh pada saat menerima beban kombinasi yang terjadi. Kombinasi beban yang digunakan menurut SNI 1727-2020 yaitu :

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $0,9 D + 1,0 W$
6. $1,2 D + 1,0 E + L$
7. $0,9 D + 1,0 E$

Dimana D merupakan beban mati, L merupakan beban hidup, L_r merupakan beban hidup atap, R merupakan beban hujan, W merupakan beban angin, dan E merupakan beban gempa. (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2020).

2.3.2 Preliminary Design

Dilakukan perhitungan *preliminary design* terlebih dahulu dimana pada tahap ini merupakan perencanaan awal struktur gedung bertingkat untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur yang akan digunakan. *Preliminary design* juga bertujuan agar dimensi yang akan digunakan tidak terlalu besar ataupun terlalu kecil, sehingga diperoleh dimensi profil yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

Balok induk	: WF 250.175.7.11 (arah X) & WF 300.200.9.14 (arah Y)
Balok anak	: WF 175.125.5.5.8 (arah X) & WF 200.150.6.9 (arah Y)
Kolom	: WF 400.400.20.35 & WF 350.350.19.19
X bracing	: WF 300.300.9.14
Diagonal bracing	: WF 300.300.12.12

Dilakukan pengecekan/ kontrol dengan beberapa persyaratan pada masing – masing dimensi elemen struktur tersebut sehingga dapat digunakan dalam perencanaan.

3. HASIL PEMBAHASAN

3.1 Kontrol Partisipasi Massa

Analisis dilakukan untuk mendapatkan partisipasi massa ragam yang terkombinasi paling sedikit 90% dari massa sebenarnya dengan menyertakan jumlah ragam yang cukup pada masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau pada model (SNI 1726 : 2019). Pada perencanaan ini perhitungan partisipasi massa diperoleh dari ETABS dengan rekapitulasi untuk tiap pemodelan sebagai berikut:

Tabel 1. Partisipasi Massa Struktur Tanpa Bracing

Mode	Periode	SumUX	SumUY	SumRZ
1	1,431	0,1119	0,6391	0
2	1407	0,7514	0,7512	0
3	1,267	0,7514	0,7512	0,7433
4	0,406	0,8942	0,7526	0,7433
5	0,377	0,8955	0,8975	0,7433
6	0,337	0,8955	0,8975	0,8957
7	0,185	0,9583	0,8975	0,8957
8	0,171	0,9583	0,9592	0,8957
9	0,15	0,9583	0,9592	0,9594
10	0,108	0,9892	0,9592	0,9594
11	0,101	0,9892	0,9892	0,9594
12	0,088	0,9892	0,9892	0,9896
13	0,078	0,9999	0,9892	0,9896
14	0,075	0,9999	0,9893	0,9896

Mode	Periode	SumUX	SumUY	SumRZ
15	0,074	0,9999	0,9993	0,9896
16	0,071	0,9999	0,9994	0,9896
17	0,065	0,9999	0,9995	0,9898
18	0,065	0,9999	0,9995	0,9997
19	0,056	0,9999	0,9998	0,9997
20	0,048	0,9999	1	0,9997

Tabel 2. Partipasi Massa SRBK X Bracing

Mode	Periode	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0,812	0,733	0,0011	0
2	0,694	0,7339	0,7584	0
3	0,442	0,7339	0,7584	0,7511
4	0,246	0,8876	0,7914	0,7511
5	0,217	0,9284	0,933	0,7511
6	0,161	0,9525	0,946	0,7511
7	0,132	0,9683	0,968	0,7511
8	0,131	0,9683	0,968	0,9435
9	0,125	0,9819	0,9749	0,9435
10	0,107	0,9877	0,9858	0,9435
11	0,103	0,994	0,9871	0,9435
12	0,092	0,9961	0,9916	0,9435
13	0,08	0,9961	0,9916	0,9788
14	0,072	0,9963	0,9923	0,9788
15	0,066	0,9963	0,9923	0,9907
16	0,061	0,9974	0,9957	0,9907
17	0,06	0,9974	0,9957	0,9943
18	0,048	0,998	0,9981	0,9943
19	0,042	0,9982	0,9991	0,9943
20	0,042	0,9982	0,9991	0,9944

Tabel 3. Partipasi Massa SRBK Single Diagonal Bracing (1)

Mode	Periode	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0,917	0,7602	0,0012	0,0001
2	0,811	0,7613	0,7849	0,0003
3	0,525	0,7613	0,785	0,7819
4	0,292	0,9123	0,7948	0,7819
5	0,26	0,9245	0,9307	0,7819
6	0,175	0,9551	0,9395	0,7857
7	0,165	0,956	0,9401	0,9387
8	0,153	0,9668	0,9691	0,9387
9	0,13	0,9833	0,9743	0,9387
10	0,115	0,9888	0,9887	0,9388

Mode	Periode	SumUX	SumUY	SumRZ
11	0,105	0,9955	0,9901	0,9388
12	0,096	0,9959	0,9905	0,9725
13	0,095	0,9979	0,9954	0,9764
14	0,075	0,9979	0,9954	0,9919
15	0,073	0,998	0,9958	0,9921
16	0,065	0,9982	0,9966	0,993
17	0,065	0,9984	0,997	0,9971
18	0,054	0,9987	0,9984	0,9971
19	0,047	0,9989	0,9993	0,9972
20	0,043	0,999	0,9996	0,9972

Tabel 4. Partipasi Massa SRBK Single Diagonal Bracing (2)

Mode	Periode	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0,912	0,7611	0,0013	0,0001
2	0,811	0,7624	0,7849	0,0003
3	0,525	0,7624	0,7849	0,7821
4	0,292	0,9124	0,7949	0,7821
5	0,26	0,9247	0,9307	0,7821
6	0,174	0,9544	0,9402	0,7857
7	0,165	0,9554	0,9408	0,9387
8	0,153	0,967	0,9691	0,9387
9	0,13	0,9834	0,9744	0,9387
10	0,115	0,9889	0,9887	0,9388
11	0,105	0,9955	0,9902	0,9388
12	0,096	0,9958	0,9904	0,9742
13	0,095	0,9979	0,9954	0,9765
14	0,075	0,9979	0,9954	0,992
15	0,073	0,998	0,9958	0,9921
16	0,065	0,9982	0,9966	0,993
17	0,065	0,9984	0,997	0,9971
18	0,054	0,9987	0,9984	0,9971
19	0,047	0,9989	0,9993	0,9972
20	0,043	0,999	0,9996	0,9972

3.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Analisis dilakukan untuk mendapatkan perbandingan dari periode hasil analisis (T_c), periode fundamental pendekatan (T_a), dan periode maksimum (T_{max}). Periode hasil analisis diperoleh dari hasil analisis oleh ETABS. (Nugroho, 2018) sebagai berikut:

Tabel 5. Periode Hasil Analisis Arah X dan Arah Y

Jenis Struktur	T_{cx} (detik)	T_{cy} (detik)
Struktur tanpa bracing	1,407	1,431
SRBK X bracing	0,812	0,694
SRBK single diagonal bracing (1)	0,917	0,811

Jenis Struktur	T _{cx} (detik)	T _{cy} (detik)
SRBK <i>single diagonal bracing</i> (2)	0,912	0,811

Periode fundamental struktur ditentukan berdasarkan:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (1)$$

Dimana T_a merupakan periode fundamental struktur, C_t dan x merupakan nilai koefisien yang diperoleh dari SNI 1726 : 2019, h_n merupakan ketinggian struktur bangunan.

Tabel 6. Periode Fundamental Struktur

Jenis Struktur	T _a (detik)
Struktur tanpa <i>bracing</i>	0,7311
SRBK X <i>bracing</i>	0,6388
SRBK <i>single diagonal bracing</i> (1)	0,6388
SRBK <i>single diagonal bracing</i> (2)	0,6388

Sehingga periode maksimum diperoleh berdasarkan:

$$T_{max} = C_u \times T_a \quad (2)$$

Dimana T_{max} merupakan periode maksimum, C_u merupakan nilai koefisien yang diperoleh dari SNI 1726 : 2019, T_a merupakan periode fundamental struktur.

Tabel 7. Periode Maksimum

Jenis Struktur	T _{max} (detik)
Struktur tanpa <i>bracing</i>	1,023
SRBK X <i>bracing</i>	0,894
SRBK <i>single diagonal bracing</i> (1)	0,894
SRBK <i>single diagonal bracing</i> (2)	0,894

Berdasarkan perhitungan hasil di atas, struktur yang menggunakan *bracing* meningkatkan kekakuan bangunan dengan periode getar yang lebih kecil dibandingkan bangunan tanpa *bracing*. Pada perencanaan ini struktur dengan X *bracing* lebih kaku dibanding struktur tanpa *bracing* dan struktur dengan *single diagonal bracing*.

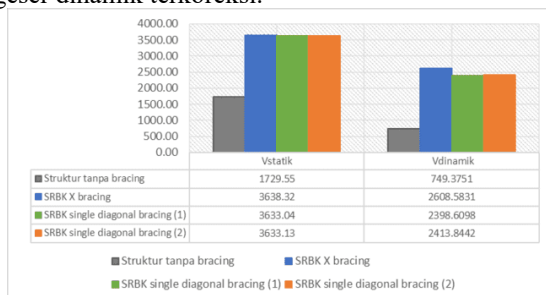
3.3 Kontrol Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar diperoleh berdasarkan persamaan pada pasal 7.8.1 SNI 1726:2019 dengan menggunakan persamaan berikut:

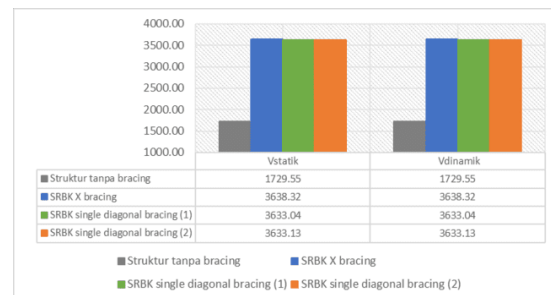
$$V = C_s \cdot W \quad (3)$$

Dimana V merupakan gaya geser dasar, C_s merupakan koefisien respons seismik, dan W merupakan berat seismik efektif.

Pada hasil perhitungan gaya geser dasar statik dan gaya geser dasar dinamik untuk setiap pemodelan struktur, diperoleh nilai $V_{dinamik} < V_{statik}$, dimana harus dilakukan penskalaan ulang supaya nilai menjadi $V_{dinamik} \geq V_{statik}$. Dengan nilai faktor skala yang telah diperoleh, selanjutnya diinput pada respons spektrum dan diperoleh nilai geser dinamik terkoreksi.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Gaya Geser Dasar



Gambar 9. Grafik Perbandingan Gaya Geser Dasar Terkoreksi

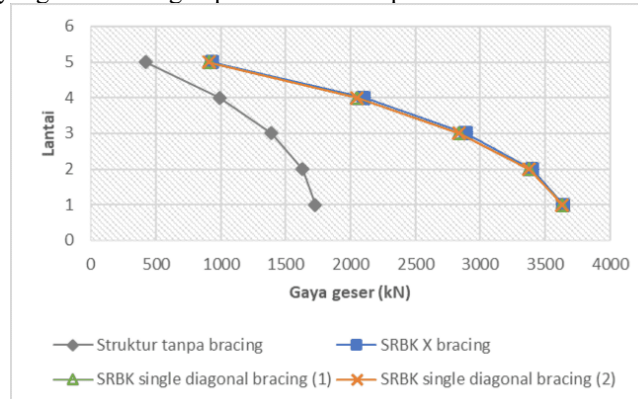
Geser tingkat desain seismik (V_x) harus didistribusikan pada elemen vertikal sistem pemikul gaya seismik di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen pemikul vertikal dan diafragma. Gaya seismik lateral (F_x) dapat ditentukan dengan persamaan pada pasal 7.8.3 SNI 1726:2019. Halim et al. (2020) sebagai berikut:

$$F_x = C_{vx} V \quad (4)$$

Dimana F_x merupakan gaya seismik lateral, C_{vx} merupakan faktor distribusi vertikal.

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (5)$$

Dimana C_{vx} merupakan faktor distribusi vertikal, w_x dan w_i merupakan bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan pada tingkat i atau x , h_x dan h_i merupakan tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , k merupakan eksponen yang terkait dengan periode struktur pada SNI 1726 : 2019.



Gambar 10. Grafik Distribusi Gaya Seismik

Berdasarkan perhitungan di atas, distribusi gaya seismik yang terjadi menunjukkan bahwa semakin rendah tingkat lantai semakin besar gaya gesernya. Pada grafik menunjukkan jika SRBK X bracing dan SRBK single diagonal bracing (1 dan 2) memiliki gaya geser yang lebih besar karena adanya penambahan elemen bracing pada pemodelannya.

3.4 Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat (Δ) pada gedung tidak boleh melebihi simpangan izin (Δ_a) yang telah diatur dalam pasal 7.8.6 SNI 1726:2019. Apabila pusat massa tidak segaris arah vertikal, diizinkan untuk menghitung simpangan di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.

Simpangan pusat massa di tingkat x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut: (Mahendrayu & Kartini, 2012)

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (6)$$

Dengan δ_x merupakan simpangan ditingkat x , C_d merupakan faktor pembesaran simpangan lateral, I_e merupakan faktor keutamaan gempa yang ditentukan.

Untuk perhitungan simpangan diperoleh hasil untuk setiap jenis struktur sebagai berikut:

Tabel 8. Simpangan Antar Tingkat Struktur Tanpa Bracing

Story	δ_e (mm)	δ_e (mm)	δ_{ex} (mm)	δ_{ey} (mm)	h (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_{max} (mm)	Cek
5	84,1	85,1	15,9	15,1	3600	87,4	83,1	69,23	NOT OK
4	68,2	70,0	18,7	19,2	3600	102,9	105,4	69,23	NOT OK
3	49,5	50,9	20,7	21,7	3600	114,0	119,2	69,23	NOT OK
2	28,7	29,2	19,2	19,7	3600	105,8	108,4	69,23	NOT OK
1	9,5	9,5	9,5	9,5	3600	52,3	52,2	69,23	OK

Tabel 9. Simpangan Antar Tingkat SRBK X Bracing

Story	δ_e (mm)	δ_e (mm)	δ_{ex} (mm)	δ_{ey} (mm)	h (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_{max} (mm)	Cek
5	64,84	45,92	13,96	8,56	3600	52,35	32,10	69,23	OK
4	50,88	37,36	15,78	10,63	3600	59,19	39,87	69,23	OK
3	35,10	26,73	15,23	10,91	3600	57,11	40,92	69,23	OK
2	19,87	15,82	12,89	9,99	3600	48,32	37,45	69,23	OK
1	6,98	5,83	6,98	5,83	3600	26,18	21,87	69,23	OK

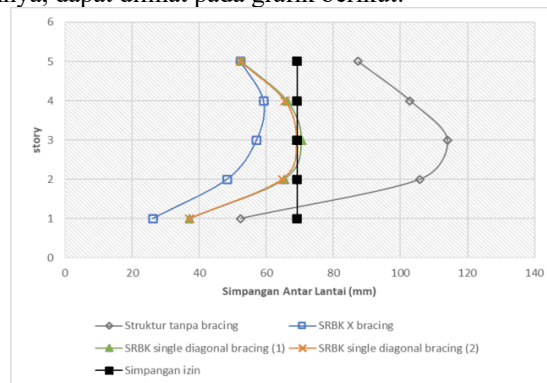
Tabel 10. Simpangan Antar Tingkat SRBK Single Diagonal Bracing (1)

Story	δe (mm)	δe (mm)	δe_x (mm)	δe_y (mm)	h (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_{max} (mm)	Cek
5	77,77	58,95	14,00	9,07	3600	52,50	34,00	69,23	OK
4	63,77	49,88	17,65	12,46	3600	66,19	46,73	69,23	OK
3	46,12	37,42	18,80	14,33	3600	70,50	53,74	69,23	NOT OK
2	27,32	23,09	17,43	14,41	3600	65,35	54,03	69,23	OK
1	9,89	8,68	9,89	8,68	3600	37,09	32,56	69,23	OK

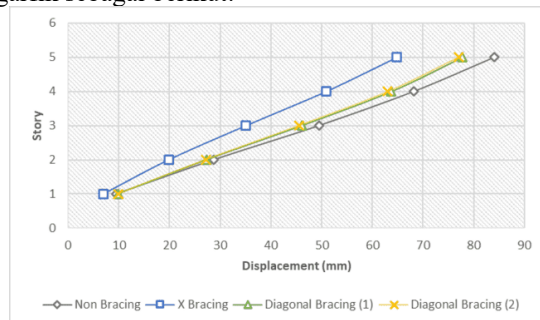
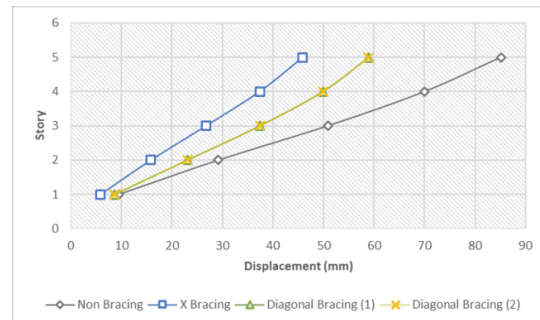
Tabel 11. Simpangan Antar Tingkat SRBK Single Diagonal Bracing (2)

Story	δe (mm)	δe (mm)	δe_x (mm)	δe_y (mm)	h (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_{max} (mm)	Cek
5	77,00	58,95	13,94	9,07	3600	52,28	34,01	69,23	OK
4	63,06	49,88	17,51	12,46	3600	65,65	46,73	69,23	OK
3	45,56	37,42	18,40	14,33	3600	68,99	53,74	69,23	OK
2	27,16	23,09	17,28	14,41	3600	64,79	54,04	69,23	OK
1	9,88	8,68	9,88	8,68	3600	37,06	32,54	69,23	OK

Berdasarkan analisis di atas, diperoleh simpangan yang terjadi pada struktur tanpa *bracing* dengan kondisi bangunan yang kurang kaku menyebabkan simpangan struktur melebihi batas simpangan yang diizinkan. Dengan ditambahkannya variasi *X bracing* dan *single diagonal bracing* bangunan menjadi lebih kaku dengan nilai simpangan kurang dari simpangan izin. Jika dibandingkan, simpangan struktur dengan *X bracing* lebih efektif daripada struktur lainnya, dapat dilihat pada grafik berikut:


Gambar 11. Grafik Simpangan Antar Tingkat

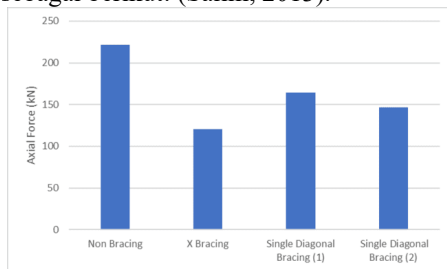
Adapun nilai *displacement* pada setiap pemodelan yang dianalisis menggunakan ETABS, dan disajikan dalam grafik sebagai berikut:


Gambar 12. Grafik Displacement Arah X

Gambar 13. Grafik Displacement Arah Y

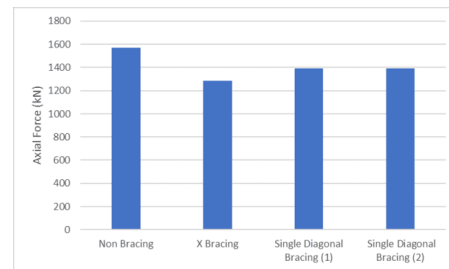
Berdasarkan hasil analisis pada *displacement* menunjukan bahwa pemodelan SRBK X *bracing* memiliki nilai *displacement* yang lebih kecil dari pemodelan struktur tanpa *bracing* dan SRBK *single diagonal bracing* (1 dan 2).

3.5 Gaya Dalam

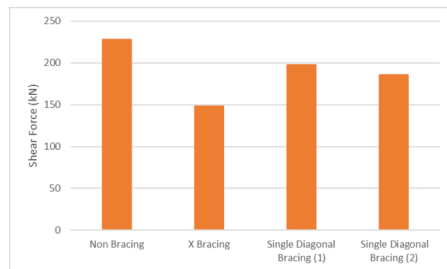
Gaya dalam yang akan ditinjau hanya beberapa kolom dan balok pada setiap pemodelan struktur dari lantai 1 – 5 akibat beban kombinasi. Perbandingan gaya dalam ditinjau pada pemodelan struktur gedung yang tidak menggunakan *bracing*, gedung dengan *bracing* tipe X dan *bracing* tipe diagonal. Hasil perbandingan berupa grafik sebagai berikut: (Salim, 2013).



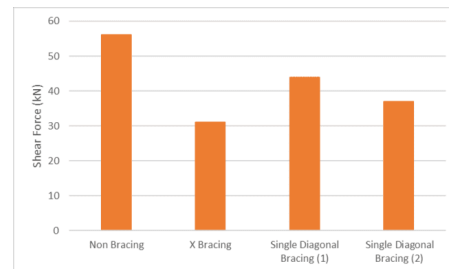
Gambar 14. Grafik Perbandingan Gaya Aksial Pada Balok



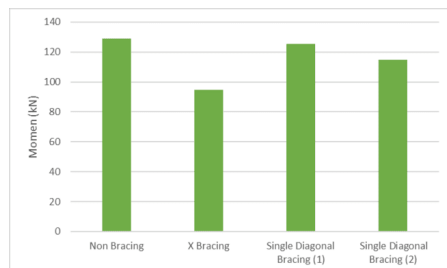
Gambar 15. Grafik Perbandingan Gaya Aksial Pada Kolom



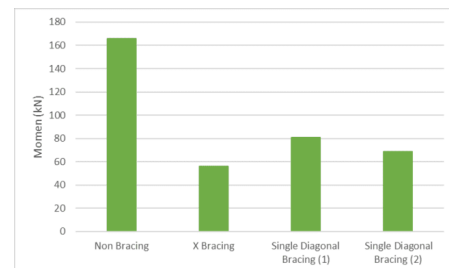
Gambar 16. Grafik Perbandingan Gaya Geser Pada Balok



Gambar 17. Grafik Perbandingan Gaya Geser Pada Kolom



Gambar 18. Grafik Perbandingan Momen Pada Balok

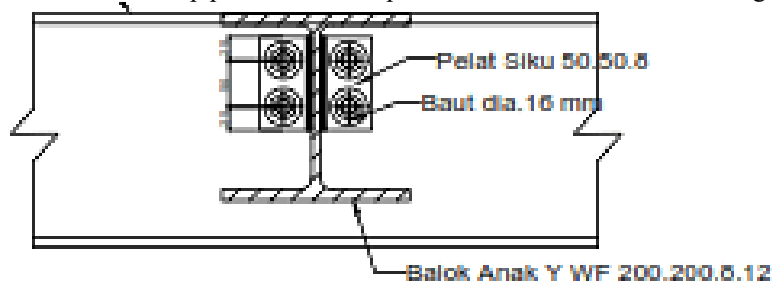


Gambar 19. Grafik Perbandingan Momen Pada Kolom

3.6 Sambungan

3.6.1 Sambungan Balok Anak – Balok Induk

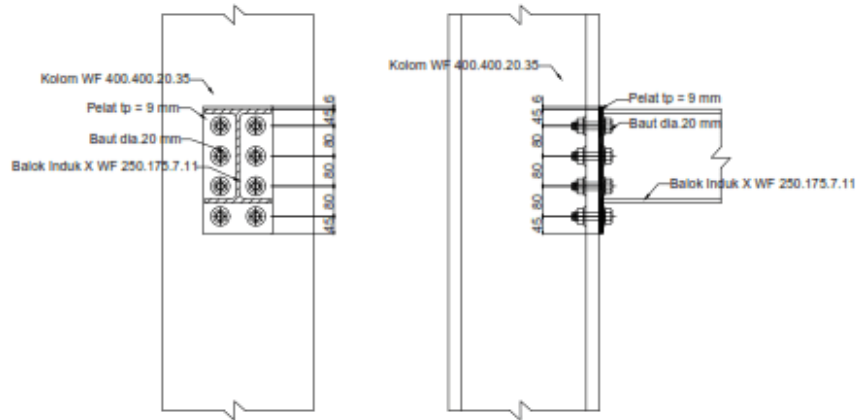
Direnakan sambungan balok anak – balok induk pada pelat atap dan pelat lantai dengan menggunakan baut A325 dengan diameter 16 mm. Pada setiap pemodelan terdapat 8 buah baut di seluruh sambungan.



Gambar 20. Sambungan Balok Anak – Balok Induk

3.6.2 Sambungan Balok – Kolom

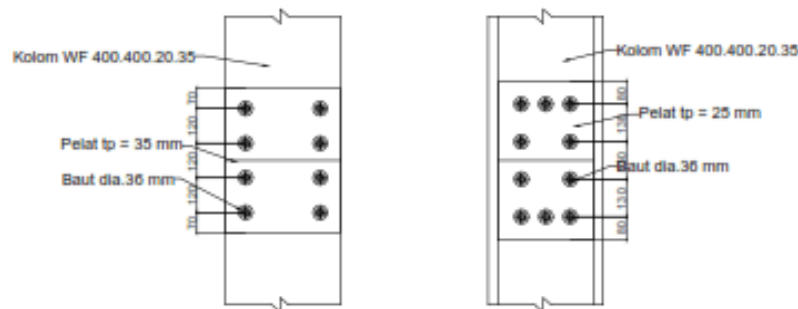
Direncanakan sambungan balok – kolom dengan menggunakan baut A325 dengan diameter 20 mm. Pada pemodelan struktur tanpa *bracing* terdapat 8 buah baut pada sambungannya. Sedangkan pada struktur dengan *X bracing* dan *single diagonal bracing* terdapat 6 buah baut pada sambungannya.



Gambar 21. Sambungan Balok – Kolom

3.6.3 Sambungan Antar Kolom

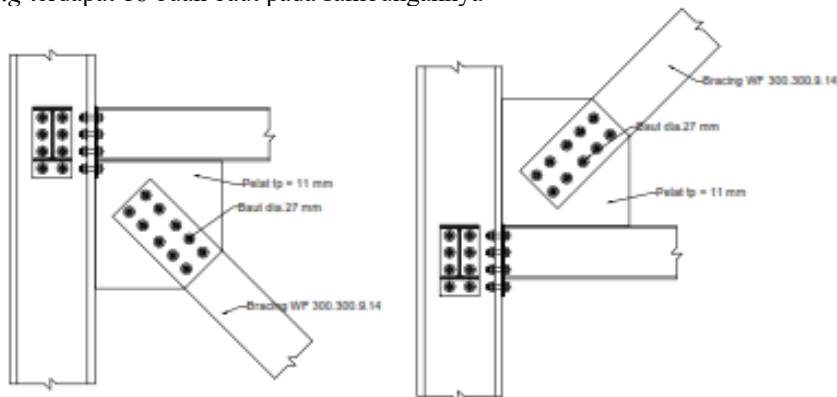
Direncanakan sambungan antar kolom dengan menggunakan baut A490 dengan diameter 36 mm. Pada pemodelan struktur tanpa *bracing* terdapat 18 buah baut pada sambungannya. Sedangkan pada struktur dengan *X bracing* terdapat 22 buah baut pada sambungannya dan *single diagonal bracing* terdapat 42 buah baut pada sambungannya.



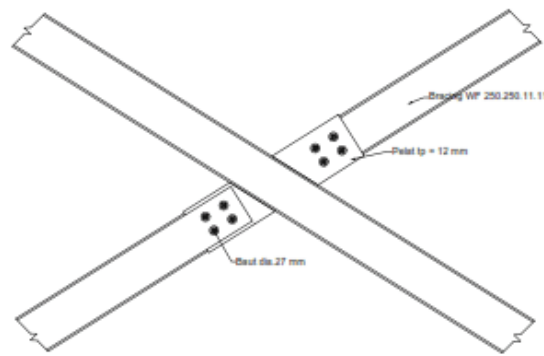
Gambar 22. Sambungan Antar Kolom

3.6.4 Sambungan X Bracing

Direncanakan sambungan antar kolom dengan menggunakan baut A490 dengan diameter 27 mm. Pada struktur dengan *X bracing* terdapat 18 buah baut pada sambungannya



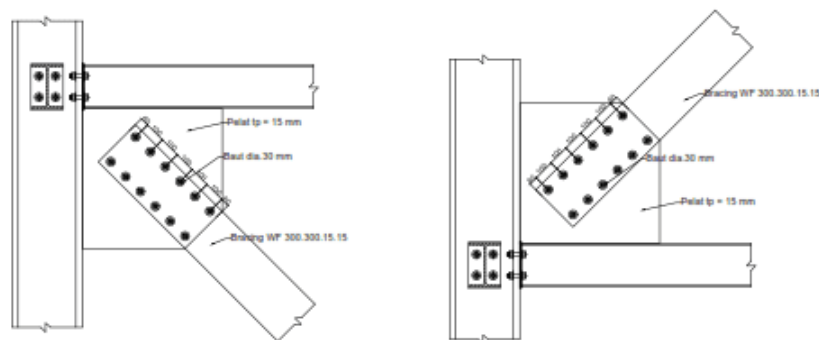
Gambar 23. Sambungan X Bracing



Gambar 24. Sambungan X Bracing (Tengah)

3.6.5 Sambungan Single Diagonal Bracing

Direncanakan sambungan antar kolom dengan menggunakan baut A490 dengan diameter 30 mm. Pada struktur dengan *single diagonal bracing* terdapat 12 buah baut pada sambungannya.



Gambar 25. Sambungan X Bracing

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada pemodelan struktur gedung tanpa bracing, SRBK dengan X bracing dan SRBK dengan single diagonal bracing (1 dan 2), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Simpangan antar tingkat yang terjadi pada pemodelan SRBK X bracing lebih kecil dari pemodelan struktur tanpa bracing dan SRBK single diagonal bracing (1 dan 2). Hasil analisis pada displacement pada lantai teratas juga menunjukkan pemodelan SRBK X bracing memiliki nilai displacement yang lebih kecil dari tiga pemodelan struktur lainnya, dengan nilai displacement 64,84 mm dari untuk arah x (akibat gempa arah x) dan 45,92 mm untuk arah y (akibat gempa arah y).
2. Gaya geser dasar yang terjadi dipengaruhi oleh berat struktur pada masing – masing pemodelan, sehingga pada pemodelan SRBK X bracing gaya geser dasar yang bekerja lebih besar dari pemodelan struktur lainnya.
3. Jumlah sambungan yang dipakai pada SRBK X bracing lebih sedikit dari pemodelan struktur lainnya, ditinjau dari sambungan balok-kolom sebanyak 6 baut. Sedangkan pada struktur gedung tanpa bracing untuk sambungan balok-kolom sebanyak 8 buah, pada SRBK dengan single diagonal bracing (1 dan 2) untuk sambungan balok-kolom sebanyak 6 buah.

Pada penelitian selanjutnya dapat merencanakan pondasi dan analisis biaya agar melengkapi penelitian yang sudah ada. Dapat dilakukan juga penelitian lebih lanjut mengenai variasi *bracing* lain, bisa berupa *bracing* konsentrik lainnya atau dengan *bracing* eksentrik, dapat dilakukan penempatan *bracing* di lokasi lain pada setiap pemodelan agar lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- AISC 341-10 - American Institute of Steel Construction. 2010. "Seismic Provisions for Structural Steel Buildings." *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (1): 402.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. "Tata Cara Perencanaan Kerangka an Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung." *Badan standarisasi nasional* (8).
- Badan Standardisasi Nasional. 2020. "Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural." *Sni 1729-2020*

- (8): 1–336.
- Fitriyani, E N, and R Trimurtiningrum. 2022. “Studi Perbandingan Perilaku Sistem Rangka Bresing Tipe X-1 Dan Tipe X-2 Pada Gedung Perkuliahan 10 Lantai.” 3: 222–28.
- Halim, Clement Kristianto, Leonardus Setia Budi Wibowo, Muhammad Shofwan Donny Cahyono, and Norman Ray. 2020. “Studi Pengaruh Variasi Tipe Pengaku Diagonal Pada Struktur Bangunan Baja Bertingkat Terhadap Perpindahan Lateral.” *Narotama Jurnal Teknik Sipil* 4(1): 21–29.
- Mahadewi, D A U, and U Khatulistiani. 2021. “Pengaruh Penempatan Bresing Inverted V Dan X-One Story Terhadap Simpangan Horisontal Pada Gedung Bertingkat Struktur Baja.” ... *dan Industri Jasa* ... 1(1): 25–34. <http://prosiding.uika-bogor.ac.id/index.php/kiijk/article/view/330>.
- Mahendrayu, Betania, and Wahyu Kartini. 2012. “Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Struktur Beton Bertulang Pada Gedung Graha Siantar Top Surabaya.” *Jurnal Teknik Sipil KERN* 2(2): 121–30.
- Nugroho, F. 2018. “Respon Dinamis Struktur Pada Portal Terbuka, Portal Dengan Bresing ‘V’ Dan Portal Dengan Bresing Diagonal.” *Jurnal Momentum ISSN 1693-752X* 20(1).
- Richard, Yohanes, Haudy Hanson, Effendy Tanojo, and Hasan Santoso. 2021. “Perbandingan Kinerja Struktur Baja Sistem Tunggal Rangka Terbreis Konsentris Khusus Dan Rangka Terbreis Penahan Tekuk Tipe Multi-Story X Dan Zipper Inverted V Dengan 3 Bentang Bresing Pada Bangunan 12 Dan 18 Lantai.” : 180–87.
- Rochmah, Nurul. 2020. “Perbandingan Simpangan Gedung Lantai Rendah Dengan Menggunakan 2 Tipe Bresing.” *Extrapolasi* 17(2): 35–44.
- Salim, M. Afif. 2013. “Rekayasa Gempa.” *Kepel Press* (April).
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*.