

PERILAKU STRUKTUR BAJA TERBREIS X YANG DIKOMBINASIKAN DENGAN CANGGAH WANG

Leonarda Saputri Umpur, I Gede Gegiranang Wiryadi, I Putu Agus Putra Wirawan

Universitas Mahasaraswati Denpasar
Email: leonardaumpur@gmail.com

ABSTRAK: Penelitian ini ingin melihat bagaimana bangunan baja yang diperkuat dengan cara khusus, yaitu gabungan bresing X dan canggah wang (BX-CW), akan bereaksi saat terjadi gempa. Canggah wang ini seperti penyangga miring yang biasa ditemukan di bangunan Bali. Kita akan perhatikan berapa cepat bangunan bergetar, seberapa besar gaya yang diterima saat gempa, seberapa jauh bangunan bergeser, dan seberapa besar pergeseran antar lantainya. Perbandingan perilaku pada gedung Rangka Terbuka (R-T) dengan gedung Bresing X (B-X), dan gedung yang dikombinasikan dengan Cangga Wang (BX-CW), untuk periode yang terbesar diantara kelima model terjadi pada struktur gedung Rangka Terbuka (R-T). Untuk gaya geser dasar terbesar diantara kelima model terjadi pada struktur bangunan BX-CW 1. Untuk simpangan terkecil terjadi pada struktur gedung BX-CW 1 baik arah X maupun arah Y. Berdasarkan hasil yang didapatkan simpangan maksimum dan simpangan antar lantai kelima model struktur gedung masih lebih kecil dari simpangan maksimum ijin dan simpangan antar lantai ijin. Analisis data menunjukkan bahwa penerapan bresing dan canggah wang pada struktur lantai baja berkontribusi pada peningkatan kapasitas beban, khususnya pada elemen kolom dalam merespon gaya geser.

Kata kunci: Bresing, Canggah Wang, Perilaku Struktur.

ABSTRACT: This study wanted to see how steel buildings reinforced in a special way, namely a combination of X-bracing and canggah wang (BX-CW), would react during an earthquake. This money bowl is like a tilted support that is commonly found in Balinese buildings. We will notice how fast the building vibrates, how much force is received during an earthquake, how far the building shifts, and how much it shifts between floors. The comparison of behavior in the Open Frame building (R-T) with the Brecing X building (B-X), and the building combined with Cangga Wang (BX-CW), for the largest period among the five models occurred in the Open Frame building structure (R-T). The largest basic shear force among the five models occurs in the BX-CW 1 building structure. The smallest deviation occurred in the structure of the BX-CW 1 building in both X and Y directions. The data analysis shows that the application of brazing and squeezing on steel floor structures contributes to an increase in load capacity, especially in column elements in response to shear forces.

Keywords: Bracing, Canggah Wang, Structure behavior

PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat diprediksi bisa terjadi kapan saja, salah satunya seperti gempa magnitudo 7,5 yang mengguncang Taiwan pada 4 April 2024. Gempa diduga terjadi akibat aktivitas subduksi lempeng di Palung Ryukyu dengan mekanisme sesar naik. Sebelumnya juga pada awal tahun 2024 terjadi gempa dengan magnitudo 7,6 yang melanda Semenanjung Noto yang menyebabkan kerusakan parah dan adanya korban jiwa. Oleh karena itu, gedung-gedung bertingkat tinggi seharusnya dirancang dapat menahan beban gempa serta memiliki kekakuan yang tinggi untuk mengurangi resiko kerusakan.

SNI 1726:2019 (BSN, 2019) mengatur tentang ketahanan gempa dimana setiap bangunan gedung diwajibkan memiliki sistem penahanan gaya gempa. Diantara beberapa cara perkuatan struktur, bresing adalah salah satu sistem penahan deformasi akibat gempa.

Dengan penambahan bresing maka tingkat daktilitas struktur dapat berubah menjadi lebih baik dibandingkan tanpa adanya bresing, keuntungan penggunaan sistem bresing pada struktur baja dapat meningkatkan kekuatan, kekakuan, kemampuan kolom dalam menahan gaya (geser dan aksial) (Purnamawanti, 2006).

Terdapat beberapa tipe sistem bresing yaitu bresing diagonal, bresing V, bresing *inverted* V, bresing K, dan X. Di antara berbagai jenis bresing, bresing tipe X memberikan nilai momen lentur yang paling minimal (Arastu and Moin, 2023). Meskipun bresing X memberikan kontribusi pada kekakuan struktur, namun juga menimbulkan distribusi gaya yang tidak merata, khususnya pada sambungan. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan desain struktur yang terintegrasi agar sambungan dapat berfungsi optimal dan struktur secara keseluruhan mampu menahan gaya lateral (Wiryadi *et al.*, 2023). Sebagai inovasi baru,

penelitian ini menggabungkan struktur bresing X dengan konsep canggah wang yang berasal dari arsitektur Bali. Canggah wang, dengan desain diagonalnya, akan memberikan tambahan kekuatan pada titik-titik sambungan antara balok dan tiang, sehingga meningkatkan keseluruhan stabilitas bangunan (Sattvika, 2017).

Analisis struktur menitikberatkan elemen struktur utama yaitu kolom dan balok. Dengan parameter kontrol struktur yaitu nilai simpangan, periode dan P-M rasio maka peneliti dapat mengetahui perilaku kedua struktur tersebut.

Periode Alami Fundamental

SNI 1726:2019 (BSN, 2019) Nilai periode alami struktur harus lebih kecil dari nilai batas periode yang diperoleh dari perhitungan koefisien. Periode alami dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$T_a = C_t \cdot h_n^{x1} \dots\dots\dots 1$$

Keterangan ;

h_n : Tinggi struktur (m)

T_a : Nilai batas bawah periode struktur

Kuat Geser

Kekuatan geser desain, $\phi_v V_n$, dan kekuatan geser izin, V_n/ϕ_v , harus ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk seluruh ketentuan dalam bab ini kecuali Pasal G2.1(a) pada SNI 1729:2020 (BSN, 2020).

$$\phi_v = 0,90 \text{ (DFBT)} \quad \phi_v = 1,67 \text{ (DKI)}$$

2. Kekuatan geser nominal, V_n , harus ditentukan sesuai dengan Pasal G2 sampai Pasal G7 pada SNI 1729:2020 (BSN, 2020).

3. Pasal G2. komponen struktur profil I dan kanal.

Kekuatan Geser Badan tanpa Medan Tarik Kekuatan geser nominal, V_n , adalah:

$$0,6F_y A_w C_{v1} \dots\dots\dots 2$$

Keterangan:

V_n = kekuatan geser nominal

F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk tipe baja yang digunakan, (MPa)

A_w = luas badan, tebal keseluruhan dikalikan tebal badan, dt_w , (mm²)

C_v = koefisien kekuatan geser badan

DFBT = desain kekuatan berdasarkan desain faktor beban dan ketahanan

DKI = desain kekuatan izin

Simpangan

Besarnya pergerakan antar lantai pada struktur gedung dihitung menggunakan suatu rumus tertentu. Hasil perhitungan untuk arah horizontal (X dan Y) telah ditampilkan dalam tabel dan dipastikan memenuhi SNI 1726:2019 (BSN, 2019). Artinya, pergerakan antar lantai yang terjadi tidak melebihi batas yang diizinkan.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_x}{I_e} \dots\dots\dots 3$$

Keterangan :

C_d : faktor amplifikasi defleksi

δ_{xe} : defleksi pada lokasi yang diisyaratkan dengan analisis elastis

I_e : faktor keutamaan gempa

Δa : Simpangan antar lantai

METODE PENELITIAN

Gedung yang direncanakan adalah gedung 12 tingkat R-T, B-X, BX-CW 1, BX-CW 2, dan BX-CW 3. Dengan kondisi penumpuan bangunan yang dianggap jepit sempurna, efek pondasi terhadap struktur atas dapat diabaikan. Analisis struktur akan berpusat pada bangunan hotel dengan tinggi lantai standar 4 meter, struktur bangunan merupakan truktur baja, lokasi perencanaan terletak di Yogyakarta. Dalam penelitian ini akan diteliti mengenai sistem perkuatan struktur bresing X dengan canggah wang. Data material yang akan digunakan dalam pemodelan sistem struktur tersebut meliputi material batang diagonal bresing X, batang canggah wang, balok, kolom, material pelat lantai dan atap serta material tulangan pada pelat.

a. Material baja

Kelas baja = BJ 37

Berat baja tulangan = 7850 kg/m³

Modulus elastisitas (E_s) = 200000 Mpa

Tegangan tarik leleh (f_y) = 240 Mpa

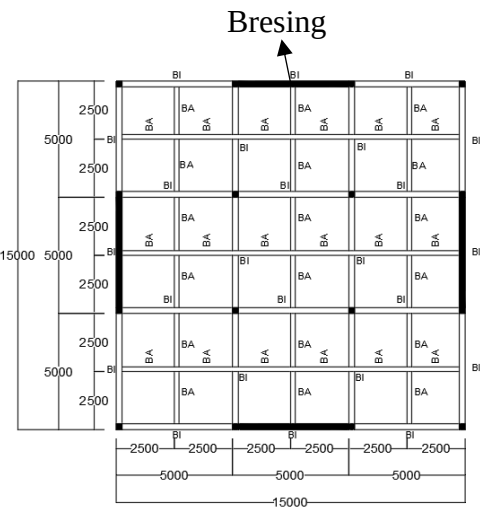
Tegangan tarik putus (f_u) = 370 Mpa

b. Material Pelat Lantai dan Pelat Atap

Kuat tekan puncak (f'_c) = 25 Mpa

Berat Beton (W_c) = 2400 kg/m³

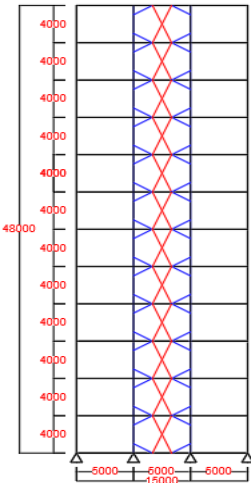
Modulus elastisitas (E_c) = 23500 Mpa



Gambar 1. Denah

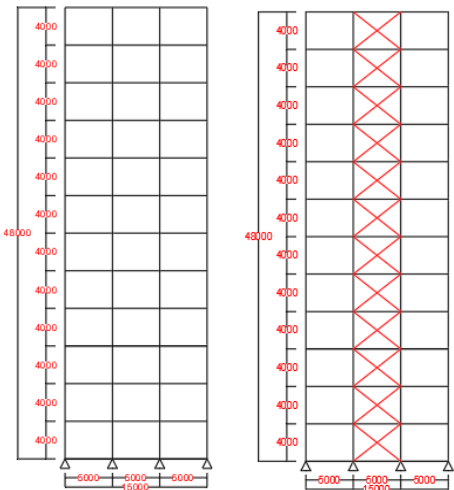
Keterangan :

- BI : Balok Induk
- BA : Balok Anak



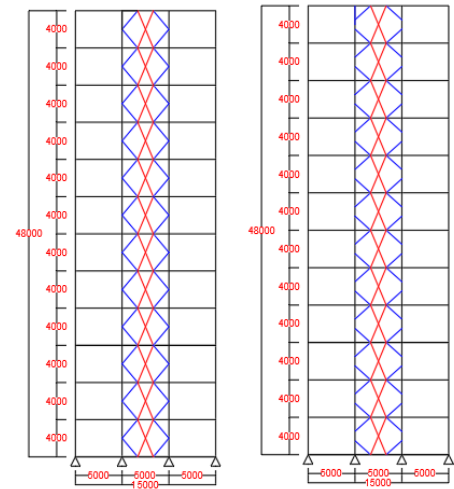
(e)

Gambar 2. Struktur (a) R-T, (b) B-X, (c) BX-CW 1, (d) BX-CW 2, (e) BX-CW 3



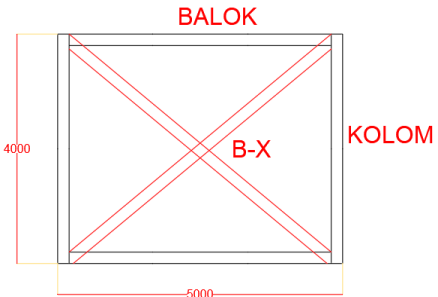
(a)

(b)

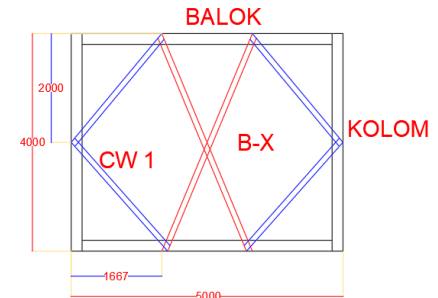


(c)

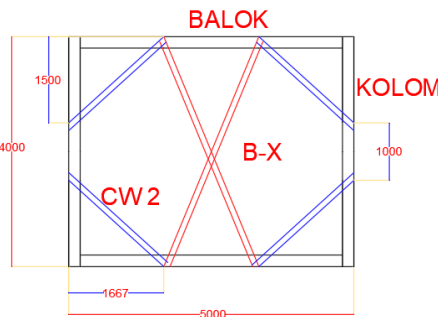
(d)



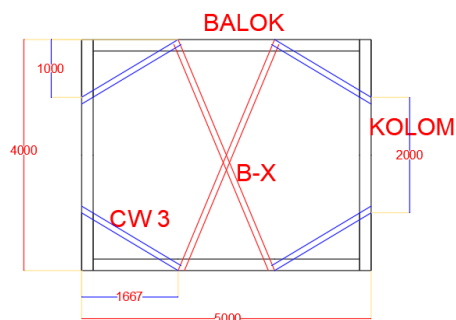
(a)



(b)



(c)



(d)

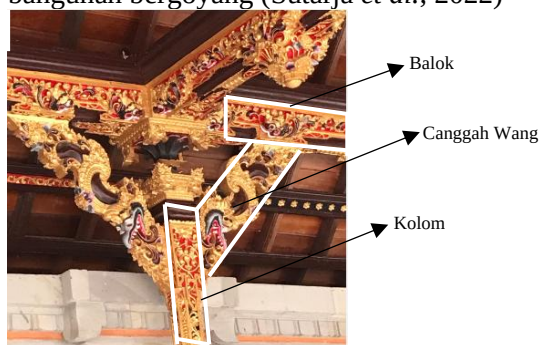
Gambar 3. Detail Struktur (a) B-X, (b) BX-CW 1, (c) BX-CW 2, (d) (BX-CW 3)

Bresing

Bresing adalah salah satu sistem struktur tahan gempa pada konstruksi bangunan. Umumnya penempatannya berupa menyilang atau diagonal dengan konfigurasi bervariasi pada bagian portal struktur. Penambahan bresing sebagai kekakuan suatu portal efisien, karena pemasangan secara diagonal menyebabkan batang bresing hanya akan menahan gaya aksial saat melayani gaya geser horizontal (Repadi *et al.*, 2016).

Canggah Wang

Canggah wang, berupa batang pendek yang miring, berperan krusial dalam sistem struktur bangunan Bali. Elemen ini ditempatkan di dekat pertemuan antara tiang penyangga (kolom) dan balok horizontal untuk memberikan kekakuan tambahan dan mencegah bangunan bergoyang (Sutarja *et al.*, 2022)



Gambar 4. Canggah Wang

Pembebanan

Proses pembebanan struktur adalah tahap di mana kita menerapkan berbagai jenis beban yang akan dialami bangunan dalam kondisi sebenarnya. Beban-beban ini meliputi berat bangunan itu sendiri (beban mati), beban tambahan yang bersifat tetap (beban mati tambahan), beban yang berubah-ubah akibat

penggunaan (beban hidup), dan gaya yang timbul akibat gempa bumi (beban gempa).

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban yang dihitung dari berat struktur itu sendiri. Beban mati tambahan merupakan beban yang bukan termasuk elemen struktur. Pada penelitian beban mati tambahan yang diinput yaitu, plat lantai sebesar 1,51 kN/m², plat atap sebesar 0,73 kN/m² dan balok 7,9 kN/m² + 2,5 kN/m² (DPMB, 1983)

2. Beban Hidup

Pada penelitian ini beban hidup yang diinput yaitu, plat lantai sebesar 4,79 kN/m² dan plat atap sebesar 0,96 kN/m² (BSN, 2020).

3. Beban Gempa

SNI 1727:2020 (BSN, 2020) adalah acuan utama di Indonesia untuk merancang bangunan yang tahan gempa. Penelitian ini fokus pada bangunan hotel yang termasuk dalam kategori risiko sedang dan berada di Yogyakarta. Berdasarkan SNI 1727:2020, lokasi penelitian ini memiliki potensi gempa sedang. Agar bangunan hotel ini aman saat terjadi gempa, maka harus memenuhi dua syarat utama menurut SNI 1727:2020 yaitu kekuatan struktur bangunan harus mampu menahan gaya gempa tanpa mengalami kerusakan yang parah. Hal ini dapat dilihat dari nilai *stress ratio* yang harus kurang dari 1 dan kekakuan bangunan harus cukup kaku agar tidak bergoyang terlalu besar saat gempa. Batasannya adalah simpangan antar lantai tidak boleh melebihi 2% dari tinggi lantai.

4. Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan ketentuan SNI 1727:2020 (BSN, 2020), analisis beban pada struktur bangunan mengharuskan dilakukan kombinasi beban. Kombinasi beban ini bertujuan untuk memperhitungkan kondisi pembebanan yang paling merugikan pada struktur. Beberapa contoh kombinasi beban yang umum digunakan adalah:

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r atau R)
- 1,2 D + 1,6 L (L_r atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r atau R)
- 1,2 D + 1,0 E + L
- 0,9 D + 1,0 E
- 0,9 D + 1,0 w

HASIL DAN PEMBAHASAN

Periode Getar Struktur

Tabel 1. Periode Struktur

	R-T	B-X	BX-CW 1	BX-CW 2	BX-CW 3
X	1,052	0,634	0,633	0,665	0,724
Y	0,921	0,608	0,607	0,624	0,657

Pada struktur bangunan R-T terjadi periode struktur arah X dan Y yang terbesar diantara kelima model sebesar 1,052 arah X dan 0,921 arah Y sedangkan nilai periode terkecil terjadi pada struktur BX-CW 1 dengan nilai 0,633 arah X dan 0,607 arah Y.

Gaya Geser Dasar dan Berat Struktur

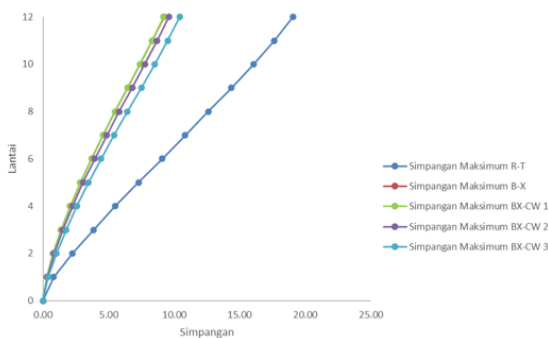
Berikut adalah gaya geser dan berat struktur yang terjadi pada struktur bangunan rangka terbuka, maupun bangunan yang menggunakan perkuatan struktur dengan bresing X dan kombinasi dengan canggah wang:

Tabel 2. Gaya Geser Dasar dan Berat Struktur

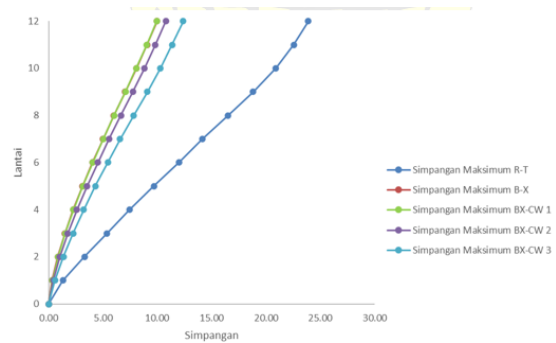
	R-T (kN)	B-X (kN)	BX-CW 1 (kN)	BX-CW 2 (kN)	BX-CW 3 (kN)
Gaya Geser Dasar	1405	1414	1417	1416	1415
Berat Struktur	39320	39577	39673	39648	39612

Setelah mendapatkan data dari ke lima struktur gedung tersebut dapat kita bandingkan agar mengetahui struktur gedung mana yang memiliki gaya geser dasar terbesar. Dari data diatas diketahui bahwa gaya geser terbesar terjadi pada bangunan dengan struktur BX-CW 1 yaitu 1417 kN pada arah X dan arah Y, dengan berat struktur 39673 kN.

Simpangan Maksimum



(a)



(b)

Gambar 5. Grafik Perbandingan Simpangan Maksimum Arah X (a) dan Y(b) Kelima Model

Tabel 3. Simpangan Maksimum Arah X dan Y Kelima Model

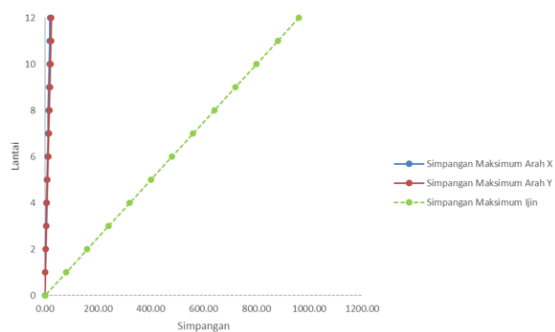
R-T		B-X		BX-CW 1		BX-CW 2		BX-CW 3	
δx	δy	δx	δy	δx	δy	δx	δy	δx	δy
19,1	23,9	9,2	9,9	9,1	9,9	9,5	10,7	10,4	12,3
17,7	22,6	8,3	9,1	8,3	9,0	8,7	9,8	9,5	11,3
16,1	20,9	7,4	8,1	7,4	8,0	7,7	8,8	8,5	10,2
14,4	18,8	6,5	7,1	6,4	7,0	6,8	7,7	7,5	9,1
12,6	16,5	5,5	6,0	5,5	6,0	5,8	6,6	6,4	7,8
10,8	14,2	4,6	5,0	4,5	5,0	4,8	5,5	5,4	6,5
9,1	11,9	3,7	4,1	3,7	4,0	3,9	4,5	4,4	5,4
7,3	9,7	2,8	3,1	2,8	3,1	3,0	3,5	3,4	4,3
5,5	7,4	2,1	2,3	2,0	2,2	2,2	2,6	2,5	3,2
3,9	5,4	1,4	1,5	1,3	1,5	1,5	1,7	1,7	2,2
2,3	3,3	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	1,0	1,0	1,3
0,8	1,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dari grafik diatas diketahui simpangan arah X untuk kelima model struktur gedung yang memiliki simpangan terbesar terjadi pada struktur gedung R-T pada portal 1 sebesar 19,1 mm. Dari grafik diatas diketahui simpangan arah Y untuk kelima model struktur gedung yang memiliki simpangan terbesar terjadi pada struktur gedung R-T sebesar 23,9 mm. Simpangan kelima model arah X lebih kecil dari simpangan arah Y dikarenakan momen inersia pada sumbu X lebih besar pada sumbu Y. Sehingga pergeseran pada sumbu X lebih kecil dari sumbu Y

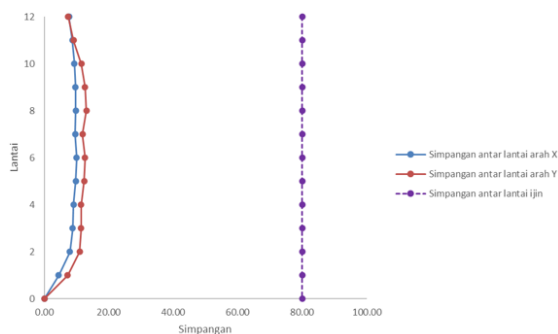
Simpangan Ijin Maksimum dan Simpangan Ijin Antar Lantai

1. R-T

Berikut ini adalah grafik dan tabel rekapitulasi kontrol simpangan maksimum dan kontrol simpangan antar lantai yang terjadi pada arah X dan arah Y diportal ke 1 dari lantai 1 sampai lantai 12 yaitu:



Gambar 6. Grafik Simpangan Maksimum dan Kontrol Simpangan Maksimum Arah X dan Arah Y Gedung R-T



Gambar 7. Grafik Simpangan Antar Lantai dan Simpangan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Gedung R-T

Tabel 2. Kontrol Simpangan Maksimum dan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Portal ke 1

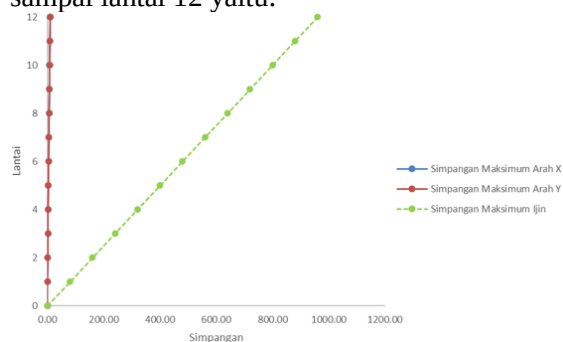
δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (mm)	Δa Maks (mm)
19,1	23,9	7,7	7,4	80	960
17,7	22,6	8,7	9,1	80	880
16,1	20,9	9,3	11,5	80	800
14,4	18,8	9,7	12,7	80	720
12,6	16,5	9,8	13,1	80	640
10,8	14,2	9,6	11,9	80	560
9,1	11,9	10,0	12,7	80	480
7,3	9,7	9,7	12,4	80	400
5,5	7,4	9,1	11,4	80	320
3,9	5,4	8,8	11,4	80	240
2,3	3,3	8,0	10,9	80	160
0,8	1,3	4,5	7,2	80	80
0	0	0	0	0	0

Simpangan yang terjadi pada gedung R-T masih dalam kategori aman, karena nilai simpangan maksimum dan simpangan antar lantai tidak melebihi nilai kontrol simpangan maksimum dan simpangan antar lantai ijin.

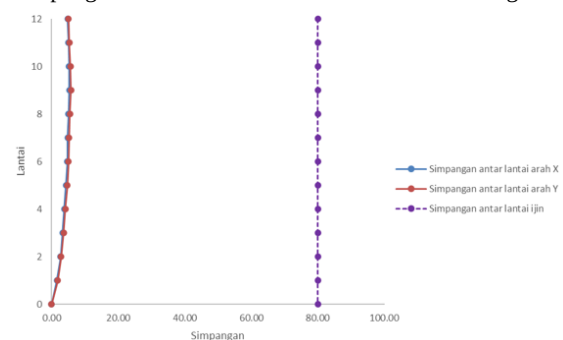
2. B-X

Berikut ini adalah grafik dan tabel rekapitulasi kontrol simpangan maksimum dan kontrol simpangan antar lantai yang terjadi pada

arah X dan arah Y diportal ke 1 dari lantai 1 sampai lantai 12 yaitu:



Gambar 8. Grafik Simpangan Maksimum dan Kontrol Simpangan Maksimum Arah X dan Arah Y Gedung B-X



Gambar 9. Grafik Simpangan Antar Lantai dan Simpangan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Gedung B-X

Tabel 3. Kontrol Simpangan Maksimum dan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Portal ke 1

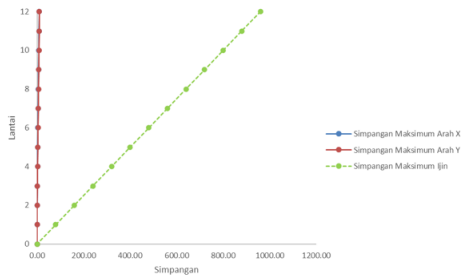
δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (mm)	Δa Maks (mm)
9,2	9,9	4,8	5,0	80	960
8,3	9,1	5,1	5,2	80	880
7,4	8,1	5,2	5,6	80	800
6,5	7,1	5,3	5,8	80	720
5,5	6,0	5,0	5,5	80	640
4,6	5,0	4,8	5,2	80	560
3,7	4,1	4,7	5,1	80	480
2,8	3,1	4,3	4,7	80	400
2,1	2,3	3,8	4,1	80	320
1,4	1,5	3,3	3,6	80	240
0,8	0,9	2,7	2,8	80	160
0,3	0,3	1,6	1,8	80	80
0	0	0	0	0	0

Simpangan yang terjadi pada gedung B-X masih dalam kategori aman, karena nilai simpangan maksimum dan simpangan antar lantai tidak melebihi nilai kontrol simpangan maksimum dan simpangan antar lantai ijin.

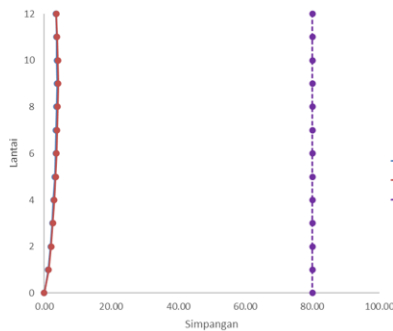
3. BX-CW 1

Berikut ini adalah grafik dan tabel rekapitulasi kontrol simpangan maksimum dan

kontrol simpangan antar lantai yang terjadi pada arah X dan arah Y diportal ke 1 dari lantai 1 sampai lantai 12 yaitu:



Gambar 10. Grafik Simpangan Maksimum dan Kontrol Simpangan Maksimum Arah X dan Arah Y Gedung BX-CW 1



Gambar 11. Grafik Simpangan Antar Lantai dan Simpangan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Gedung BX-CW 1

Tabel 4. Kontrol Simpangan Maksimum dan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Portal ke 1

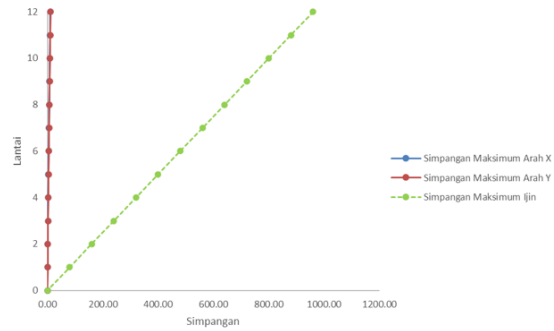
δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (mm)	Δa Maks (mm)
9,1	9,9	3,4	3,6	80	960
8,3	9,0	3,6	3,8	80	880
7,4	8,0	3,7	4,0	80	800
6,4	7,0	3,8	4,1	80	720
5,5	6,0	3,6	4,0	80	640
4,5	5,0	3,5	3,8	80	560
3,7	4,0	3,4	3,7	80	480
2,8	3,1	3,1	3,4	80	400
2,0	2,2	2,7	3,0	80	320
1,3	1,5	2,4	2,6	80	240
0,7	0,8	1,9	2,1	80	160
0,2	0,3	1,1	1,3	80	80
0	0	0	0	0	0

Simpangan yang terjadi pada gedung BX-CW 1 masih dalam kategori aman, karena nilai simpangan maksimum dan simpangan antar

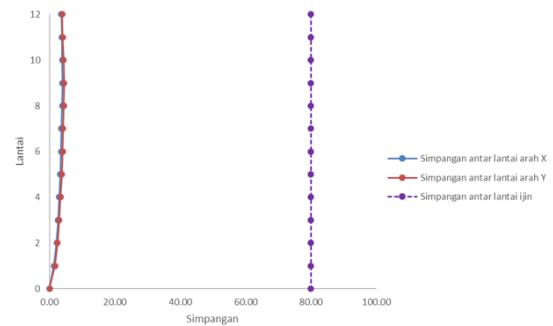
lantai tidak melebihi nilai kontrol simpangan maksimum dan simpangan antar lantai ijin.

4. BX-CW 2

Berikut ini adalah grafik dan tabel rekapitulasi kontrol simpangan maksimum dan kontrol simpangan antar lantai yang terjadi pada arah X dan arah Y diportal ke 1 dari lantai 1 sampai lantai 12 yaitu:



Gambar 12. Grafik Simpangan Maksimum dan Kontrol Simpangan Maksimum Arah X dan Arah Y Gedung BX-CW 2



Gambar 13. Grafik Simpangan Antar Lantai dan Simpangan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Gedung BX-CW 2

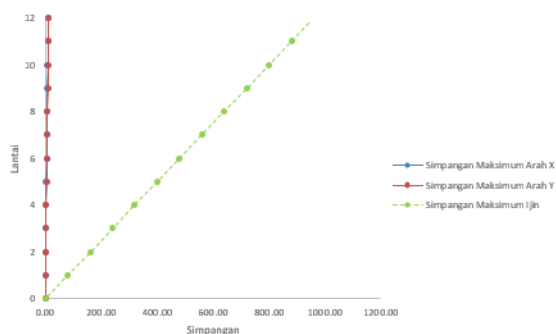
Tabel 5. Kontrol Simpangan Maksimum dan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Portal ke 1

δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (mm)	Δa Maks (mm)
9,5	10,7	3,5	3,8	80	960
8,7	9,8	3,7	3,9	80	880
7,7	8,8	3,8	4,2	80	800
6,8	7,7	3,9	4,4	80	720
5,8	6,6	3,8	4,3	80	640
4,8	5,5	3,6	4,0	80	560
3,9	4,5	3,5	3,9	80	480
3,0	3,5	3,3	3,7	80	400
2,2	2,6	2,9	3,3	80	320
1,5	1,7	2,5	2,9	80	240
0,8	1,0	2,1	2,4	80	160
0,3	0,4	1,3	1,7	80	80
0	0	0	0	0	0

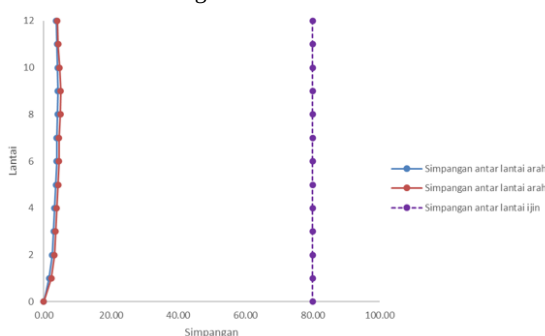
Simpangan yang terjadi pada gedung BX-CW 2 masih dalam kategori aman, karena nilai simpangan maksimum dan simpangan antar lantai tidak melebihi nilai kontrol simpangan maksimum dan simpangan antar lantai ijin.

5. BX-CW 3

Berikut ini adalah grafik dan tabel rekapitulasi kontrol simpangan maksimum dan kontrol simpangan antar lantai yang terjadi pada arah X dan arah Y diportal ke 1 dari lantai 1 sampai lantai 12 yaitu:



Gambar 14. Grafik Simpangan Maksimum dan Kontrol Simpangan Maksimum Arah X dan Arah Y Gedung BX-CW 3



Gambar 15. Grafik Simpangan Antar Lantai dan Simpangan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Gedung BX-CW 3

Tabel 6. Kontrol Simpangan Maksimum dan Antar Lantai Ijin Arah X dan Arah Y Portal ke 1

δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (mm)	Δa Maks (mm)
10,4	12,3	3,7	4,1	80	960
9,5	11,3	3,9	4,3	80	880
8,5	10,2	4,1	4,7	80	800
7,5	9,1	4,2	5,0	80	720
6,4	7,8	4,1	4,9	80	640
5,4	6,5	3,8	4,5	80	560
4,4	5,4	3,8	4,5	80	480
3,4	4,3	3,6	4,3	80	400
2,5	3,2	3,2	3,8	80	320
1,7	2,2	2,9	3,5	80	240
1,0	1,3	2,5	3,2	80	160

0,4	0,5	1,6	2,3	80	80
0	0	0	0	0	0

Simpangan yang terjadi pada gedung BX-CW 3 masih dalam kategori aman, karena nilai simpangan maksimum dan simpangan antar lantai tidak melebihi nilai kontrol simpangan maksimum dan simpangan antar lantai ijin.

KESIMPULAN

Perbandingan perilaku pada gedung Rangka Terbuka (R-T) dengan gedung Bresing X (B-X), dan gedung yang dikombinasikan dengan canggah wang, untuk periode yang terbesar diantara kelima model terjadi pada struktur gedung Rangka Terbuka. Untuk gaya geser dasar terbesar diantara kelima model terjadi pada struktur bangunan BX-CW 1. Untuk simpangan terkecil terjadi pada struktur gedung BX-CW 1 pada portal 1. Berdasarkan hasil yang didapatkan simpangan maksimum dan simpangan antar lantai kelima model struktur gedung masih lebih kecil dari simpangan maksimum ijin dan simpangan antar lantai ijin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bangunan bertingkat dengan struktur baja menjadi lebih kuat setelah ditambahkan bresing dan canggah wang. Keduanya membantu kolom bangunan menahan gaya geser dengan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arastu, M. and Moin, K. (2023) 'Seismic Analysis of Reinforced Concrete Frame Using Shake Table Test', *Journal of Applied Engineering Sciences*, 13(1), pp. 23–26. Available at: <https://doi.org/10.2478/jaes-2023-0004>.
- BSN (2019) *Sni 1726:2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- BSN (2020) *SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, Jakarta*.
- DPMB (1983) *Ppiug 1983, Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*.
- Purnamawanti, S.H. (2006) 'Kata kunci ', *PENGUNAAN STRUKTUR BRESING KONSENTRIK TIPE X UNTUK PERBAIKAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT TERHADAP BEBAN LATERAL AKIBAT GEMPA*. [Preprint].
- Repadi, J.A., Sunaryati, J. and Thamrin, R. (2016) 'ANALISIS KINERJA

- STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN VARIASI PENEMPATAN BRACING INVERTED V', *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 12(2), p. 103. Available at: <https://doi.org/10.25077/jrs.12.2.103-110.2016>.
- Sattvika (2017) 'Canggih wang', pp. 1–9.
- SNI 03-1729:2020 and BSN (2020) 'Standar Nasional Indonesia 1727: 2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural', *Badan Standarisasi Nasional*, (8), pp. 1–336.
- Sutarja, I.N., Gede, I.D. and Diasana, A. (2022) 'Ergonomics in the Contemporary Balinese Building: the Integration between Architectural and Structural Aspects', 10(2), pp. 501–512. Available at: <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100210>.
- Wiryadi, I.G.G. *et al.* (2023) 'PERILAKU STRUKTUR GEDUNG DENGAN PERKUATAN BRESING X DAN', 12(2), pp. 174–183.