

Perencanaan Struktur Atas Bangunan Gedung Menggunakan Sistem Rangka Bresing

M.R. Putra^{a*}, H. Listiawaty^b, F. Amir^b dan M. Sutrisno^b

^a Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu, Indonesia, 94118

^b Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu, Indonesia, 94118

* Corresponding author's e-mail: riskiawan2000@gmail.com

Received: 3 Feb 2025; revised: 7 Aug 2025; accepted: 12 Aug 2025

Abstract: After the 2018 earthquake, a number of constructions in Palu City, especially buildings, grew rapidly. In the construction of buildings using steel structures, the use of braces aims to reduce displacement and increase the capacity of shear forces to resist cracking. Steel produces greater ductility when compared to other structural materials, so it is a major requirement in designing earthquake-resistant steel structures. In this study, the structure of the building was designed to be 3 (three) stories in educational purpose. The structural system has a dual system combination Special Moment Resisting Steel Frame System (SMRF) and a lateral force resisting system, namely a Special Concentric Brace Frame System (SCBF). Steel material used are BJ 41 quality ($f_y = 250$ MPa; $f_u = 410$ MPa) and concrete using quality $f'_c = 25$ MPa. The loads acting on the structure are dead load, live load, wind load, rain load, and earthquake load. The results of the structural analysis are: 99,42% mass participation is obtained for the x direction in mode 4 and 98,97% for the y direction in mode 5, the SRSS method was used to combine the number of mode varieties used, the obtained dynamic earthquake shear force response spectrum (x direction = 281993,31 kg and y direction = 280187,36 kg) has exceeded the equivalent static earthquake shear force (x direction and y direction = 280096,09 kg), the displacement that occurs in the x direction and y direction does not exceed the allowable displacement of 34,615 mm, the stability coefficient obtained in the x-direction and y-direction does not exceed the P- Δ effect limit of 0,1 and the structural stability limit of 0,0909, the structure does not occur horizontal irregularities and vertical irregularities, the Special Moment Resisting Steel Frame System (SMRF) has exceeded the percentage of 25% (x direction = 62,49% and y direction = 58,26%), the structural performance level in the x direction and y direction is in Damage Control condition.

Keywords: *special moment resisting frame system, special concentrically braced frame system, dual system, response spectrum*

Abstrak: Pasca gempa 2018, sejumlah konstruksi di Kota Palu khususnya gedung berkembang sangat cepat. Pada konstruksi gedung yang menggunakan struktur baja, penggunaan bresing bertujuan untuk mengurangi simpangan dan meningkatkan kapasitas gaya geser agar terjadinya retak dapat diminimalisir. Baja menghasilkan daktilitas yang lebih besar jika dibandingkan dengan material struktur lainnya, sehingga memenuhi persyaratan utama dalam mendesain struktur tahan gempa. Dalam penelitian ini, struktur gedung direncanakan 3 (tiga) lantai yang memiliki fungsi sebagai fasilitas pendidikan. Sistem struktur yang digunakan adalah sistem ganda berupa kombinasi Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan sistem penahan gaya lateral yaitu Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK). Material yang digunakan yaitu mutu BJ 41 ($f_y = 250$ MPa; $f_u = 410$ MPa) dan beton menggunakan mutu $f'_c = 25$ MPa. Beban-beban yang bekerja pada struktur berupa beban mati, beban hidup, beban angin, beban air hujan, dan beban gempa. Hasil dari analisis struktur berupa: Diperoleh partisipasi massa 99,42% untuk arah x pada mode 4 dan 98,97% untuk arah y pada mode 5, digunakan metode SRSS untuk mengkombinasikan jumlah ragam mode yang digunakan, diperoleh gaya geser gempa respon spektrum dinamik (arah x = 281993,31 kg dan arah y = 280187,36 kg) telah melebihi dari gaya geser gempa statik ekuivalen (arah x dan arah y = 280096,09 kg), simpangan yang terjadi pada arah x dan arah y tidak melebihi dari simpangan izin sebesar 34,615 mm, koefisien stabilitas yang diperoleh pada arah x dan arah y tidak melebihi dari batas pengaruh P-delta sebesar 0,1 dan batas stabilitas struktur sebesar 0,0909, struktur tidak terjadi ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal, Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Khusus (SRPMK) telah melebihi persentase 25% (arah x = 62,49% dan arah y = 58,26%), level kinerja struktur arah x dan arah y berada pada kondisi Damage Control.

Kata kunci: *sistem rangka pemikul momen khusus, sistem rangka bresing konsentris khusus, sistem ganda, respons spektrum*

1. Pendahuluan

Pasca gempa di Sulawesi Tengah khususnya wilayah Kota Palu terdapat banyak konstruksi yang sedang berlangsung, terutama pembangunan gedung. Dalam proses pembangunan gedung, diperlukan perencanaan dan perhitungan struktur yang matang dan akurat, guna tercapainya keamanan dari struktur bangunan gedung tersebut. Terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa yaitu kekuatan, kekakuan dan daktilitas suatu struktur [1].

Pada struktur bangunan tahan gempa, material baja banyak dipergunakan karena sifatnya yang daktil [2]. Baja merupakan material yang berkekuatan tinggi dan mempunyai daktilitas yang baik sehingga mampu untuk berdeformasi tanpa langsung runtuh. Hal ini sangat menguntungkan pada saat terjadi gempa [3].

Pada struktur bangunan tingkat tinggi harus menahan gaya-gaya vertikal (gravitasi), maupun gaya-gaya horizontal (beban gempa) [4]. Salah satu konstruksi yang sedang berlangsung adalah Gedung *Student Center* yang berada di Kampus II UIN Datokarama Palu, Sigi dan menggunakan material struktur baja [5]. Agar bangunan

struktur baja menjadi lebih kaku, maka diberikan pengaku (bresing) pada beberapa bagian dari bangunan tersebut yaitu dengan menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik [6]. Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk (BTT) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem struktur lainnya [7]. Penggunaan BTT di Indonesia masih sangat terbatas walaupun sudah pernah dilakukan kajian eksperimental [8]. Struktur dengan BTT ini diharapkan dapat menjadi alternatif sistem struktur yang dapat meningkatkan kinerja bangunan selain penggunaan alat disipasi energi gempa, seperti metallic damper dan isolator seismic [9-10].

Dalam penelitian ini, Gedung *Student Center* akan direncanakan kembali menjadi gedung yang memiliki bentuk persegi menggunakan material struktur baja, tetapi dengan menambahkan sistem penahan gaya lateral pada struktur gedung tersebut, yang sebelumnya hanya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), akan ditambah dengan Sistem Rangka Bresing (SRB). Gedung ini berjumlah 3 lantai yang memiliki fungsi sebagai fasilitas pendidikan. Metode yang digunakan adalah metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) yaitu suatu metode dalam perencanaan struktur gedung yang memperhitungkan faktor beban dan faktor ketahanan material [11].

Bedasarkan SNI 03-1729-2002 terdapat beberapa sistem struktur tahan gempa untuk baja yaitu SRPM, SRBK, dan SRBE [12]. SRPM pada baja apabila dirancang dan dilaksanakan dengan benar dapat memiliki daktilitas yang sangat baik. Sistem ini sangat fleksibel, tetapi tidak memiliki kekakuan yang cukup. SRBK merupakan kebalikan dari SRPM, sistem ini memiliki kekakuan lateral yang baik, namun tidak memiliki daktilitas yang baik dan kehilangan energinya dipengaruhi oleh tekuk dari bresing. SRBE merupakan sebuah sistem yang menggabungkan keunggulan dari SRPM dan SRBK, dimana SRBE memiliki kekakuan dan daktilitas yang baik [13].

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap energi gempa. Tetapi, dalam proses penyerapan energi ini memerlukan terjadinya simpangan besar, dan bisa menyebabkan kerusakan nonstruktural yang cukup signifikan. Oleh karena itu, untuk menutupi kekurangan tersebut, sebagai alternatif ditambahkan elemen pengaku yaitu Sistem Rangka Bresing (SRB) yang merupakan pengembangan dari Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) [14].

Pada konstruksi bangunan gedung yang menggunakan struktur baja, penggunaan bresing bertujuan agar struktur bisa menjadi lebih tahan terhadap beban yang bekerja secara lateral atau beban yang bekerja dari arah horizontal, contohnya seperti beban gempa. Bresing digunakan untuk pembatasan panjang komponen suatu sistem struktur. Oleh karena itu, bresing yang dirancang harus mempunyai kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk bekerja sebagai pengendali pergerakan komponen dalam suatu sistem struktur [15].

2. Data Perencanaan

2.1 Data Gedung

Data gedung berisi tentang informasi umum mengenai gedung yang akan direncanakan, yaitu:

- Lokasi rencana gedung berada di Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah
- Fungsi dan peruntukan gedung sebagai Gedung Perkuliahan (Fasilitas Pendidikan)
- Jumlah tingkat : 3 Tingkat, 1 Atap
- Tinggi antar tingkat: 4,5 m
- Tinggi gedung : 19,19 m
- Atap: Kuda-kuda tipe howe
- Sistem struktur menggunakan Sistem Ganda (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) + Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK))

2.2 Data Material Struktur

Data ini memuat informasi mengenai material struktur yang digunakan dalam perencanaan:

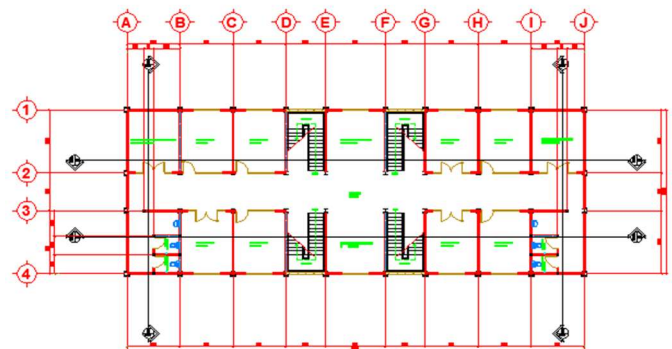
- Mutu bahan struktur
 - Mutu baja
 - Mutu baja menggunakan BJ 41 dengan:
 - Tegangan leleh, $f_y = 250$ MPa
 - Tegangan putus, $f_u = 410$ MPa
 - Modulus elastisitas $E_s = 200.000$ MPa
 - Modulus geser, $G_s = 80.000$ MPa
 - Angka poisson, $\mu_s = 0,3$
 - Koefisien muai panas = $1,2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
 - Mutu beton
 - Mutu beton, $f'_c = 25$ MPa
 - Modulus elastisitas E_c

$$4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{25} = 23.500 \text{ MPa}$$
 - Modulus geser, G_c

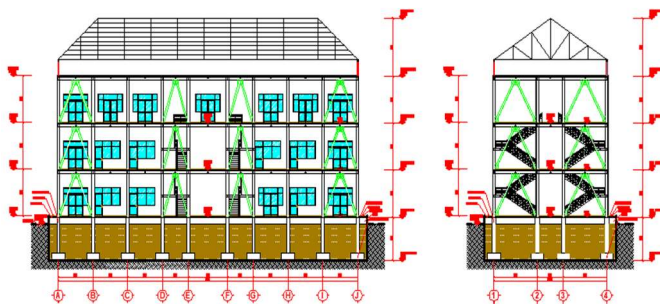
$$\frac{E_c}{2 \times (1 + \mu_c)} = \frac{23.500}{2 \times (1 + 0,2)} = 9.791,667 \text{ MPa}$$
 - Angka poisson, $\mu_s = 0,2$
 - Koefisien muai panas = $1,0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

2.3 Tampilan Pemodelan

Gedung yang direncanakan memiliki luasan 1345,5 m² dengan ukuran 34,5 m x 13 m yang dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2.



Gambar 2. Denah lantai



Gambar 2. Potongan gedung

2.4 Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan $\bar{N}$ SPT rata-rata

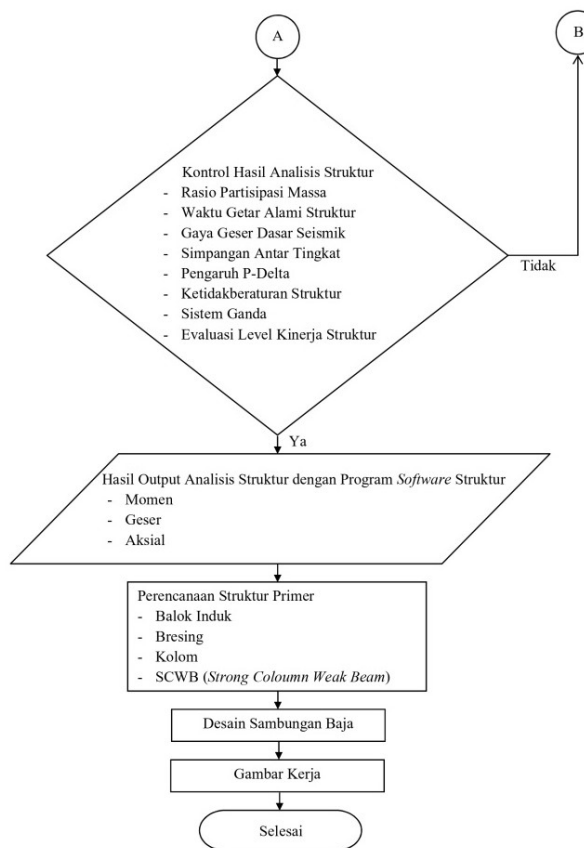
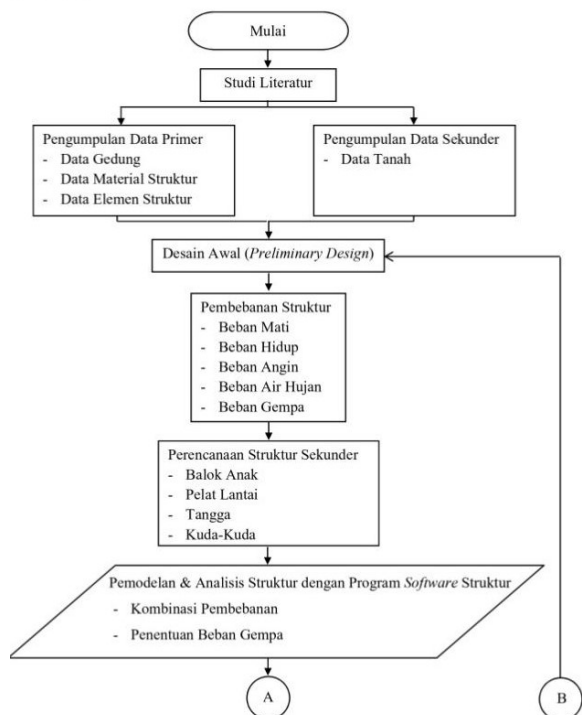
Keterangan	Kedalaman m	Tebal (T) m	$\bar{N}$ (SPT)	$N' = \frac{T}{N}$
Lapisan 1	0-2	2	39	0,051
Lapisan 2	2-4	2	37	0,054
Lapisan 3	4-6	2	60	0,033
Lapisan 4	6-8	2	60	0,033
Lapisan 5	8-10	2	>60	0,033
Jumlah		10		0,205

$$\bar{N} = \frac{\text{Kedalaman}}{N'} = \frac{10}{0,205} = 48,70$$

3. Metode Penelitian

3.1. Bagan Alir Penelitian

Penelitian diawali dengan studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, pembebanan struktur, serta pemodelan dan analisis struktur. Secara mendetail, diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.1.1 Desain Awal (Preliminary Design)

Preliminary design atau yang biasa disebut dengan desain awal merupakan tahapan awal dalam perencanaan untuk menentukan dimensi awal elemen-elemen struktur. Tipe struktur yang digunakan berupa rangka baja dengan sistem pengaku berupa *bresing*.

3.1.2 Pembebanan Struktur

Dalam penelitian ini, beban-beban yang bekerja pada struktur dan diperhitungkan yaitu berupa:

- 1) Beban mati, beban hidup, beban air hujan, dan beban angin untuk gedung yang difungsikan sebagai fasilitas pendidikan sesuai dengan persyaratan SNI 1727:2020. [16]
- 2) Beban gempa diambil pada parameter spektral respon percepatan gempa berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017, dan Aplikasi Peta Gempa dan Respons Spektra 2019 sesuai persyaratan SNI 1726:2019. [17]

3.1.3 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder pada elemen-elemen struktur yang di desain pada penelitian ini antara lain:

- 1) Balok anak
- 2) Pelat lantai
- 3) Tangga
- 4) Kuda-kuda

3.1.4 Pemodelan & Analisis Struktur

Setelah dimensi awal elemen-elemen struktur telah ditentukan dan diperhitungkan pada struktur sekunder,

tahapan berikutnya yaitu memodelkan struktur gedung ke dalam bentuk 3 dimensi sesuai dengan desain geometri (denah gedung) yang direncanakan. Pemodelan struktur 3 dimensi dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak berupa program *software* struktur.

Kombinasi beban yang digunakan pada analisis struktur gedung yang diinput ke dalam program *software* struktur, mengacu pada konsep LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Adapun, beban gempa ditinjau menggunakan analisis dinamik dengan metode respons spektrum

3.1.5 Perencanaan Struktur Sekunder

Beberapa parameter hasil dari analisis struktur yang akan di cek adalah:

- 1) Rasio partisipasi massa
- 2) Waktu getar alami struktur
- 3) Gaya geser dasar seismik
- 4) Simpangan antar tingkat
- 5) Pengaruh P-delta
- 6) Ketidakberaturan struktur
- 7) Sistem ganda
- 8) Evaluasi level kinerja struktur

3.1.6 Hasil Output Analisis Struktur

Dari hasil analisis struktur dengan program bantu *software* struktur, diperoleh output gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur yang di desain berupa momen, gaya geser, dan gaya aksial.

3.1.7 Perencanaan Struktur Primer

Perencanaan struktur primer pada elemen-elemen struktur yang di desain pada penelitian ini antara lain:

- 1) Balok induk
- 2) Bresing
- 3) Kolom
- 4) SCWB (*Strong Coloumn Weak Beam*)

3.1.8 Desain Sambungan Baja

Sambungan yang di desain pada penelitian ini berupa sambungan baut dan sambungan las sesuai persyaratan SNI 1729:2020.

3.1.9 Gambar Kerja

Hasil perhitungan-perhitungan yang diperoleh, dibuat dalam bentuk berupa gambar kerja.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perencanaan Pelat Lantai

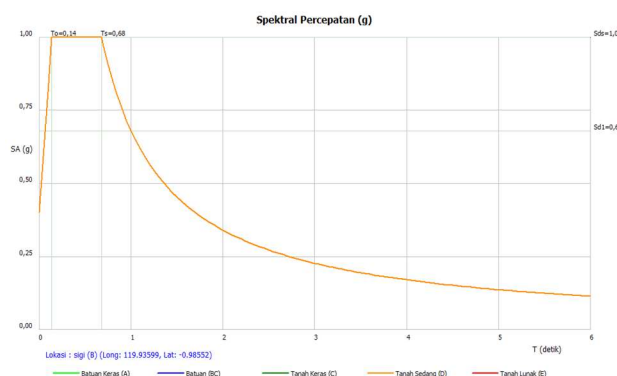
Perencanaan pelat lantai yang ada pada gedung ini menggunakan bondek (*floor deck*) yang diambil dari tabel perencanaan praktis dari *catalogue products super floor deck*. Rekapitulasi perhitungan pelat lantai dapat dilihat pada Tabel 2.

4.2. Penentuan Beban Gempa

Penentuan beban gempa ditentukan berdasarkan data hasil uji penyelidikan tanah yang tertera Tabel 1 dengan menggunakan aplikasi peta gempa dan respons spektra 2019 untuk wilayah Kabupaten Sigi dengan kelas situs S_D (tanah sedang). Adapun, parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 3.

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan pelat lantai

No.	Pelat Lantai	Tebal Pelat	Tulangan Negatif
		cm	mm
1	Pelat Lantai Top Floor	9	Ø8-300
2	Pelat Lantai 3	9	Ø10-300
3	Pelat Lantai 2	9	Ø10-300
4	Pelat Lantai 1	9	Ø10-300



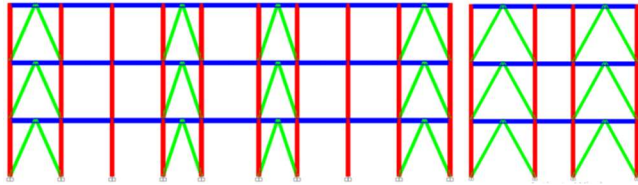
Gambar 4. Grafik spektral percepatan gempa

Tabel 3. Parameter Respon Gempa

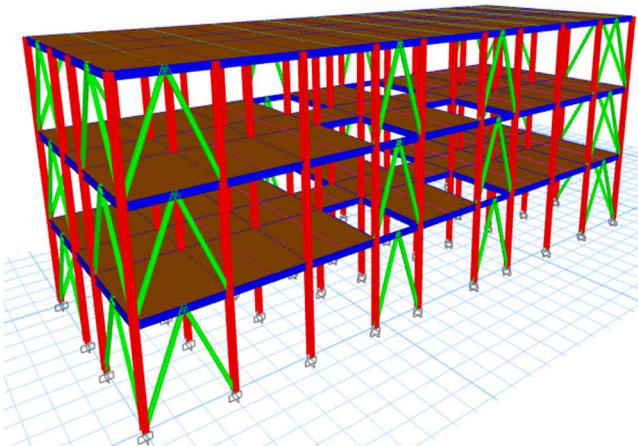
Wilayah	Kabupaten Sigi
Bujur / Longitude	119.93599
Lintang / Latitude	-0.98552
Kelas Situs	S_D (Tanah Sedang)
PGA (g)	0,591
$PGAM$ (g)	1,591
C_{RS}	0,000
C_{RI}	0,000
S_s (g)	1,500
S_I (g)	0,600
T_L (detik)	12,000
F_a	1,000
F_v	1,700
S_{MS} (g)	1,500
S_{MI} (g)	1,020
S_{DS} (g)	1,000
S_{DI} (g)	0,680
T_0 (detik)	0,136
T_s (detik)	0,680

4.3. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur tiga dimensi dibuat berdasarkan program *software* struktur. Tampilan pemodelan struktur dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Tampak depan dan tampak samping gedung



Gambar 6. Tampak perspektif gedung

4.4. Hasil Analisis Struktur

Hasil output analisis struktur berupa parameter-parameter berikut:

4.4.1 Rasio Partisipasi Massa

Besarnya rasio partisipasi massa untuk struktur Gedung yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Rasio partisipasi massa

Kasus	Mode	Periode detik	SumUX	SumUY
MODAL	1	0,470	89,29%	0,00%
MODAL	2	0,463	89,29%	88,69%
MODAL	3	0,316	89,29%	88,69%
MODAL	4	0,178	99,42%	88,69%
MODAL	5	0,171	99,42%	98,97%
MODAL	6	0,120	100,00%	98,97%
MODAL	7	0,118	100,00%	98,97%
MODAL	8	0,115	100,00%	100,00%
MODAL	9	0,081	100,00%	100,00%

4.4.2 Waktu Getar Alami Struktur

Penentuan metode yang digunakan untuk mengombinasikan respon maksimum struktur akibat beban gempa, perlu memperhatikan nilai waktu getar alami

struktur. Tabel 5 memperlihatkan waktu getar alami dari setiap ragam getar untuk struktur gedung yang direncanakan.

Tabel 5. Waktu getar alami struktur

No.	Periode detik	Selisih	Metode
1	0,470		
		1,49%	CQC
2	0,463		
		31,75%	SRSS
3	0,316		
		43,67%	SRSS
4	0,178		
		3,93%	CQC
5	0,171		
		29,82%	SRSS
6	0,120		
		1,67%	CQC
7	0,118		
		2,54%	CQC
8	0,115		
		29,57%	SRSS
9	0,081		
Rata-Rata		18,06%	SRSS

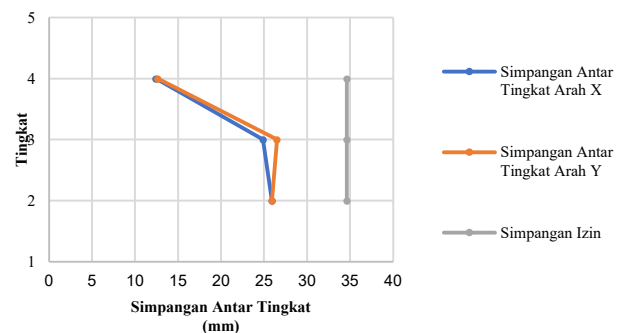
4.4.3 Gaya Geser Dasar Seismik

Tabel 6. Perbandingan gaya geser dasar seismik

Gaya Geser Dasar	Gempa Dinamik (V_d) kg	Gempa Statik (V_s) kg	Kontrol Hasil
Arah X	281993,31	280096,09	Memenuhi Syarat
Arah Y	280187,36	280096,09	Memenuhi Syarat

Nilai gaya geser pada Tabel 6. di atas memperlihatkan bahwa nilai gaya geser dasar gempa dinamik tidak kurang dari gaya geser statik.

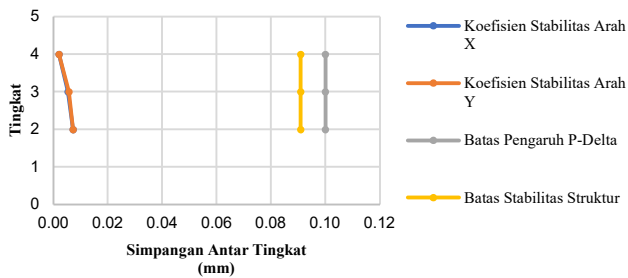
4.4.4 Simpangan Antar Tingkat



Gambar 7. Grafik simpangan antar tingkat

Berdasarkan Gambar 7 struktur tergolong aman dari simpangan antar tingkat, dikarenakan simpangan yang terjadi lebih kecil dari simpangan yang diizinkan.

4.4.5 Pengaruh P-delta



Gambar 8. Grafik pengaruh P-delta

Berdasarkan Gambar 8 struktur tergolong aman dari pengaruh P-delta, dikarenakan koefisien stabilitas yang terjadi lebih kecil dari batas pengaruh P-delta dan batas stabilitas struktur.

4.4.6 Ketidakberaturan Struktur

Tabel 7. Ketidakberaturan struktur

Ketidakberaturan Struktur		
Tipe	Horizontal	Vertikal
1.a	beraturan	beraturan
1.b	beraturan	beraturan
2	beraturan	beraturan
3	beraturan	beraturan
4	beraturan	beraturan
5.a	beraturan	beraturan
5.b	beraturan	beraturan

Berdasarkan Tabel 7 struktur yang direncanakan, tidak mengalami ketidakberaturan, baik itu berupa ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal.

4.4.7 Sistem Ganda

Tabel 8. Gaya geser dasar pada sistem struktur.

Sistem Pemikul Seismik	Gaya Geser kg	Persentasi %
SRBKK	105767,79	62,49 %
SRPMK + SRBKK	282005,88	

Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen telah memenuhi syarat memikul minimal paling sedikit gaya sebesar 25%

4.4.8 Evaluasi Level Kinerja Struktur

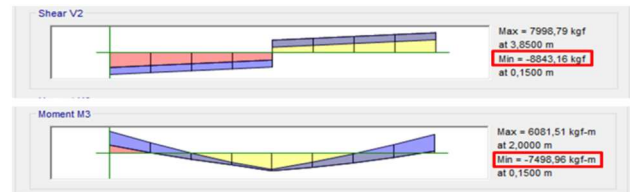
Tabel 9. Level kinerja struktur

Level Kinerja Struktur	
Arah X	Arah Y
Damage Control	Damage Control

Berdasarkan hasil analisis *pushover* yang tertera pada Tabel 9 struktur yang direncanakan berada pada kondisi *damage control*, dimana kinerja tersebut berada pada kondisi peralihan dari *immediate occupancy* ke *life safety*. Kondisi tersebut terjadi saat struktur menerima gaya gempa, khususnya pada daerah sendi plastis, elemen struktur lain masih dalam kondisi perbaikan.

4.5. Perencanaan Balok Induk

Balok induk direncanakan menggunakan profil I-WF 300 x 150 untuk data dari profil baja tersebut diambil dari tabel baja *catalogue products wide flange shape* (Gambar 9).



Gambar 9. Hasil output gaya dalam terbesar dengan program software struktur

- Kontrol tekuk lokal
 - Pelat sayap:

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,43$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$
 - Cek persyaratan kontrol penampang:

$$\lambda \leq \lambda_{pf}$$

$$8,43 \leq 10,75 \text{ (penampang kompak)}$$
 - Pelat badan:

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38 \text{ (Persamaan 4.298)}$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_{pw}$$

$$39,38 \leq 106,35 \text{ (penampang kompak)}$$
- Kontrol kuat lentur akibat tekuk lokal

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x$$

$$= 2500 \times 481,00$$

$$= 1202500 \text{ kg.cm}$$

$$= 12025 \text{ kg.m}$$
- Cek kapasitas penampang

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 \times 12025$$

$$= 10822,50 \text{ kg.m}$$

$$= 10822,50 \text{ kg.m} \geq 7498,96 \text{ kg.m (aman)}$$
- Kontrol penampang profil baja terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \times \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{256}{6,5} \leq 1,10 \times \sqrt{\frac{5,34 \times 200000}{250}}$$

$$39,4 \leq 71,9 ; C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

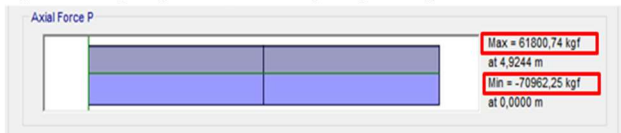
$$= 0,6 \times 2500 \times 30 \times 0,65 \times 1,0$$

$$= 29250 \text{ kg}$$

- Cek kapasitas penampang
 $\phi \cdot V_n \geq V_u$
 $\phi \cdot V_n = 0,9 \times 29250$
 $= 26325 \text{ kg}$
 $= 26325 \text{ kg} \geq 8843,16 \text{ kg (aman)}$

4.6. Perencanaan Bresing

Bresing direncanakan menggunakan profil I-WF 200 x 150 untuk data dari profil baja tersebut diambil dari tabel baja *catalogue products wide flange shape* (Gambar 10).



Gambar 10. Hasil output gaya dalam terbesar dengan program *software* struktur

- Kontrol tekuk lokal
 - Pelat sayap:
 $\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$
 $\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$
 - Cek persyaratan kontrol penampang:
 $\lambda \leq \lambda_{pf}$
 $8,33 \leq 10,75$ (penampang kompak)
 - Pelat badan:
 $\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{152}{6} = 25,23$
 $\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$
 $\lambda \leq \lambda_{pw}$
 $25,23 \leq 106,35$ (penampang kompak)
- Kontrol kuat tarik rencana
 - Kuat nominal batang tarik pada kondisi leleh
 $P_n = f_y \times Z_x$
 $= 2500 \times 38,80$
 $= 97000 \text{ kg}$
 - Cek kapasitas penampang
 $\phi \cdot P_n \geq (P_u \text{ tarik})$
 $\phi \cdot P_n = 0,9 \times 97000$
 $= 87300 \text{ kg} \geq 61800,74 \text{ kg (aman)}$
 - Menghitung luas netto
 $A_n = A_g - 2 \times d_p \times t$
 $= 38,80 - 2 \times 1,20 \times 0,4$
 $= 37,84 \text{ cm}^2$
 - Menentukan faktor *lag geser*
 $U = 1,00$
 - Menghitung luas netto efektif
 $A_e = A_n \times U$
 $= 37,84 \times 1,00$
 $= 37,84 \text{ cm}^2$
 - Kuat nominal batang tarik pada kondisi putus
 $P_n = f_u \times A_e$
 $= 4100 \times 37,84$
 $= 155144 \text{ kg}$
 - Cek kapasitas penampang
 $\phi \cdot P_n \geq (P_u \text{ tarik})$ (Persamaan 3.328)

$$\begin{aligned} \phi \cdot P_n &= 0,75 \times 155144 \\ &= 116358 \text{ kg} \\ &= 116358 \text{ kg} \geq 61800,74 \text{ kg (aman)} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat tekan rencana

$$\begin{aligned} \frac{k \times L}{r_{min}} &\leq 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{1,0 \times 292,44}{8,30} &\leq 4,71 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} \quad (\text{Nilai k diambil 1,00}) \\ 35,22 &\leq 133,32 \end{aligned}$$

Maka, nilai F_{cr} ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0,658^{f_y} \times f_y \\ &= 0,658^{250} \times 250 \\ &= 203,34 \text{ MPa} \\ &= 2033,40 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan nilai F_e sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r_{min}}\right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{1,0 \times 292,44}{8,30}\right)^2} \\ &= 506,52 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Sehingga:

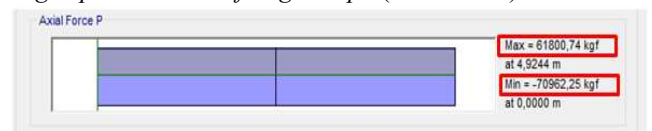
$$\begin{aligned} P_n &= A_g \times F_{cr} \quad (\text{Persamaan 4.333}) \\ &= 38,80 \times 2033,40 \\ &= 78896 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Cek kapasitas penampang

$$\begin{aligned} \phi \cdot P_n &\geq (P_u \text{ tekan}) \\ \phi \cdot P_n &= 0,9 \times 78896 \\ &= 71006,40 \text{ kg} \\ &= 71006,40 \text{ kg} \geq 70962,25 \text{ kg (aman)} \end{aligned}$$

4.7. Perencanaan Kolom

Kolom direncanakan menggunakan profil H-BEAM 300 x 300, untuk data dari profil baja tersebut diambil dari tabel baja *catalogue products wide flange shape* (Gambar 11).



Gambar 11. Hasil output gaya dalam terbesar dengan program *software* struktur

- Kontrol tekuk lokal
 - Pelat sayap:
 $\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 15} = 10$
 $\lambda_{pf} = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$
 - Cek persyaratan kontrol penampang:
 $\lambda \leq \lambda_{pf}$
 $10 \leq 10,75$ (penampang kompak)
 - Pelat badan:
 $\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{234}{10} = 23,40$
 $\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$
 $\lambda \leq \lambda_{pw}$
 $23,40 \leq 106,35$ (penampang kompak)
 - Kontrol kuat lentur akibat tekuk lokal

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = f_y \times Z_x \\ &= 2500 \times 1360,00 \\ &= 3400000 \text{ kg.cm} \\ &= 34000 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Cek kapasitas penampang
 $\emptyset \cdot M_n \geq M_u$
 $\emptyset \cdot M_n = 0,9 \times 34000$
 $= 30600 \text{ kg.m}$
 $= 30600 \text{ kg.m} \geq 9294,83 \text{ kg.m}$ (aman)
- Kontrol penampang profil baja terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \times \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}}$$

$$\frac{234}{10} \leq 1,10 \times \sqrt{\frac{5,34 \times 200000}{250}}$$

$$23,4 \leq 71,9 \quad ; C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 30 \times 1 \times 1,0 \\ &= 45000 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Cek kapasitas penampang
 $\emptyset \cdot V_n \geq V_u$
 $\emptyset \cdot V_n = 0,9 \times 45000$
 $= 40500 \text{ kg}$
 $= 40500 \text{ kg} \geq 3627,40 \text{ kg}$ (aman)
- Kontrol interaksi tekan lentur

$$\frac{k \times L}{r_{min}} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{1,0 \times 450}{7,51} \leq 4,71 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \quad (\text{Nilai k diambil 1,00})$$

$$59,95 \leq 133,32$$

$$F_{cr} = 0,658^{\frac{f_y}{250}} \times f_y$$

$$F_{cr} = 0,658^{174,82} \times 250$$

$$= 137,40 \text{ MPa}$$

$$= 1374,05 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan perhitungan nilai F_e sebagai berikut:

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r_{min}}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{1,0 \times 4500}{75,06}\right)^2}$$

$$= 174,82 \text{ MPa}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \times F_{cr} \\ &= 119,80 \times 1374,05 \\ &= 148149,80 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot P_n = (P_n)$$

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot P_n &= 0,9 \times 148149,80 \\ &= 148149,80 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\emptyset P_n} = \frac{100874,43}{148149,80}$$

$$= 0,68$$

$$= 0,68 < 0,2$$

Maka, persamaan interaksi dengan rumusan berikut:

$$\frac{P_u}{2\emptyset P_n} + \frac{8}{9} \times \left(\frac{M_{ux}}{\emptyset M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\emptyset M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{100874,43}{2 \times 148149,80} + \frac{8}{9} \times \left(\frac{9294,83}{30600} + \frac{4035,20}{30600} \right) \leq 1,0$$

$$0,73 \leq 1,0 \text{ (aman)}$$

4.8. Pengecekan SCWB (Strong Coloumn Weak Beam)

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, pengecekan SCWB atau yang biasa disebut dengan *strong coloumn weak beam* harus didasari pada SNI 7860:2020, Pasal E3.4a.

Didapatkan kapasitas nominal kolom

$$M_{nc} = 34000 \text{ kg.m}$$

$$= 34000 \text{ kg.m} \times 2$$

$$\Sigma M_{nc} = 68000 \text{ kg.m}$$

Didapatkan kapasitas nominal balok

$$M_{nb} = 12025 \text{ kg.m}$$

$$= 12025 \text{ kg.m} \times 2$$

$$\Sigma M_{nb} = 24050 \text{ kg.m}$$

Cek SCWB (Strong Coloumn Weak Beam)

$$\frac{\Sigma M_{nc}}{\Sigma M_{nb}} > 1,0$$

$$\frac{68000}{24050} > 1,0$$

$$= 2,83 > 1,0 \text{ (strong coloumn weak beam terpenuhi)}$$

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

- 1) Dimensi elemen-elemen struktur yang digunakan adalah sebagai berikut::

- a) Kolom : H-BEAM 300 x 300
- b) Balok induk : I-WF 300 x 150
- c) Balok anak lantai 2 dan 3 : I-WF 250 x 175
- d) Balok anak *top floor* : I-WF 150 x 100
- e) Bresing : I-WF 200 x 150
- f) Pelat lantai : *Floor deck* (bondek)
- g) Tebal pelat lantai 1, 2, dan 3 : 9 cm
- h) Tebal pelat lantai *top floor* : 9 cm
- i) Jenis sambungan : Baut dan las

- 2) Dimensi elemen-elemen struktur yang digunakan telah sesuai dengan persyatan SNI 1729:2020.

Daftar Pustaka

- [1] D.S. Trisya and U. Khatulistiani, "Perencanaan Struktur Baja Gedung Hotel Ellysa 10 Lantai Di Yogyakarta Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) Konfigurasi Split-K", *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, vol. 10, no .3, p. 119, 2022.
- [2] K. Sudarsana, I.A.M. Budiwati, and I.G. Juliarta, *Analisis Perbandingan Efisiensi Struktur Baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem*

Rangka Bresing Eksentrik Pada Level Kinerja yang Sama, Denpasar: Universitas Udayana, 2015.

- [3] K.N. Arintonang and G.A. Hayua, *Perancangan Bangunan Apartemen Delapan Lantai Menggunakan Struktur Baja dengan Pengaku EBF (Eccentrically Braced Frame)*, Surabaya: ITATS, 2020.
- [4] M.D. Andriansyah and U. Khatulistiani, "Perencanaan Kantor Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Menggunakan Struktur Baja Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus Tipe Two Story X di Kota Yogyakarta", *Axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, vol. 8, no. 2, p. 91, 2020.
- [5] M.R.A. Wicaksono, A. Setiawan, and E. Yuniarto, "Alternatif Perancangan Struktur Atas Gedung Kuliah IAIN Kota Palu Sulawesi Tengah", *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, vol. 2, no. 1, p. 8, 2024.
- [6] Y. Candra, "Analisa Nilai Simpangan Horizontal (Drift) Pada Struktur Tahan Gempa Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik Type Braced V", *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, p. 301, 2017.
- [7] G. Galvindy and E. Lim, "Perancangan Struktur Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk-Studi Kasus Pada Bangunan Esensial", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 30, no. 2, p.1, 2023.
- [8] R.D. Andarini and M. Moestopo, "Kajian Eksperimental Bresing Tahan Tekuk pada Bangunan Tahan Gempa di Indonesia", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 20, no.3, p. 27, 2013.
- [9] L. Murdiansyah and H.D. Setio, "Studi Pengaruh Kenaikan Kekakuan Metallic Damper terhadap Respon Seismik Struktur Rangka Baja dengan Energi Redaman Tambahan Peredam ADAS (Added Dampng and Stiffness)", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 21, no. 1, p. 96, 2014.
- [10] A.M. Reza and H.D. Setio, "Optimum Location Analysis of Story Isolation System on High Rise Building", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 28, no. 2, p. 64, 2021.
- [11] S.A. Endra, *Studi Analisis Perbandingan Metode Allowable Stress Design (ASD) dan Load and Resistance Factor Design (LRFD) Pada Struktur Gable Frame di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang*, Surabaya: UNTAG, 2019.
- [12] K.B. Ridwan and A. Bakhtiar, "Studi Perbandingan Struktur Baja Metode LRFD SNI-03-1729-2002 Dengan PPBBI 1987 Pada Proyek Pembangunan Gudang PT. Sadhana Purwosari Pasuruan", *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 85, 2018.
- [13] Apriansyah, P. Suprobo, and B. Suswanto, "Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Pusat Perbelanjaan Jogja Town Square Menggunakan Baja dengan Sistem Eccentric Braced Frames (EBF)", *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 1, p. 43, 2018.
- [14] M. Maizuar and B. Burhanuddin, "Studi Komparasi Perilaku Struktur Sistem Rangka Berpengaku Eksentrik Tipe D Terhadap Sistem Rangka Pemikul Momen. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 2, no. 4, p. 301, 2016.
- [15] SNI 1729:2020, *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (ANSI-AISC 360-16, IDT)*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2020.
- [16] SNI 1727:2020, *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2020.
- [17] SNI 1727:2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019.

This page is intentionally left blank