

Perancangan Struktur Atas Baja Komposit Gedung 4 Lantai di Indramayu Jawa Barat

Alifa Butsainah Nur Salsabila¹, Hanny Nurhasanah¹, Heri Kasyanto¹, Riawan Gunadi¹

¹ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

Email : alifa.butsoainah.tkgd22@polban.ac.id

Email : hanny.nurhasanah.tkgd22@polban.ac.id

Email : herikasyanto@polban.ac.id

ABSTRAK

Gedung Asrama Haji di Indramayu Jawa Barat merupakan pelayanan tempat jemaah menerima perlengkapan seperti passport, gelang identitas, buku kesehatan, kartu jatah makan, dan uang living cost sebelum keberangkatan. Bangunan Asrama Haji ini memiliki 4 lantai dan berencana memperluas pembangunan tower tambahan. Bangunan Asrama Haji dibangun menggunakan struktur beton bertulang, sementara pada Penelitian ini struktur yang digunakan menggunakan baja komposit dengan standar yang dijadikan acuan yaitu SNI 1729:2020, SNI 1726:2019, SNI 1727:2020 dan SNI 2847:2019. Pemodelan struktur pada perancangan Penelitian ini menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan asumsi tanah batuan yang termasuk kedalam kategori risiko III dan juga kedalam kategori desain seismik C. Setelah melakukan pemodelan, dilakukan penginputan pembebanan dan kombinasi beban, kemudian dilakukan pengecekan simpangan antar lantai dan P-Delta, sehingga didapatkan gaya-gaya dalam yang nantinya digunakan dalam perancangan elemen kolom, balok, dan pelat lantai berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1729:2020. Pemodelan struktur atas dilakukan dengan sistem portal 3D serta perancangan yang dihasilkan dan disajikan dalam bentuk gambar detail.

Kata Kunci

Baja Komposit, Sambungan, SRPMM, dan Analisis Struktur.

Haji dormitory building in Indramayu, West Java is a service where pilgrims receive equipment such as passports, identity bracelets, health books, food ration cards, and living cost money before departure. This haji dormitory building has 4 floors and plans to expand the construction of additional towers. Haji dormitory building was build using reinforced concrete structures, while in this final project the structure used uses composite steel structure with the standards used as references, namely SNI 1729:2020, SNI 1726:2019, SNI 1727:2020 and SNI 2847:2019. The structural modeling in this final project uses the medium moment resisting frame system (SRPMM) method with the assumption that rock soil is included in risk category III and also in seismic design category C. after modeling, loading and load combinations are inputted, then the inter-floor deviation and P-Delta are checked, so that the internal forces are obtained which will be used in the design of column, beam, and floor plate elements based on SNI 2847:2019 and SNI 1729:2020. Modeling of the upper structure is carried out with a 3D portal system and the resulting design and presented in the form of detailed drawings.

Keywords

Composite Steel, Connection, SRPMM dan Structure Analysis.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan asrama haji yang terletak pada Kabupaten Indramayu memiliki lahan seluas 78.038 m², dengan luas bangunan sebesar 46.475 m² berencana untuk memperluas pembangunan tower tambahan sehingga dilakukan perancangan alternatif desain menggunakan baja komposit yang memiliki banyak manfaat sehingga membuatnya menjadi bahan yang sangat diandalkan dalam industri konstruksi. Sebagai contoh, kekuatan yang tinggi memungkinkan pengurangan ukuran bangunan atau berat keseluruhan, sehingga cocok untuk jembatan yang panjang, bangunan yang menjulang tinggi, dan struktur di atas tanah yang tidak stabil.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, dapat ditarik beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan struktur atas yang meliputi kolom, balok, pelat lantai serta sambungan untuk menghasilkan struktur type rangka pemikul momen menengah (frame)?
2. Bagaimana merancang elemen struktur atas pada kolom, balok, dan pelat lantai Asrama Haji Indramayu Jawa Barat menggunakan baja komposit sesuai SNI 1729:2020, SNI 1726:2019, SNI 1727:2020 dan SNI 2847:2019?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari pelaksanaan Penelitian ini adalah sebagai berikut:

Merancang struktur atas baja komposit pada bangunan Asrama Haji Indramayu Jawa Barat menggunakan standar acuan SNI 1729:2020, SNI 1726:2019, SNI 1727:2020 dan SNI 2847:2019.

1.4 Ruang Lingkup

Dalam perencanaan struktur baja komposit yang merupakan pekerjaan cukup rumit karena didalamnya terdapat banyak unsur yang berhubungan, maka diperlukan pembahasan yang dibatasi pada:

1. Bangunan yang dirancang memiliki 4 lantai.
2. Ketidakberaturan struktur tidak diperhitungkan.
3. Metode desain yang digunakan adalah DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan).
4. Bangunan yang dirancang merupakan elemen struktur atas berupa portal (frame) 3D, yaitu kolom, balok, dan pelat lantai menggunakan baja komposit.
5. Menghitung dimensi kolom, balok, pelat dan atap. Atap menggunakan dak beton dan dihitung hanya sebagai beban pada struktur atas saja.
6. Perhitungan sambungan las tidak dibahas
7. Klasifikasi situs tanah diasumsikan sebagai batuan.
8. Data yang digunakan dari proyek pembangunan Gedung Asrama Haji Tower 3 hanya denah struktur, denah arsitektur, tampak, dan potongan.
9. Perhitungan gempa dilakukan untuk wilayah di Indramayu, Jawa Barat. Hasil analisis desain spektrum dilihat menggunakan website Desain Spektra Indonesia yang mengacu kepada "Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung" (SNI 1726:2019).
10. Analisis struktur berupa pemodelan, perhitungan gaya-gaya dalam, dan beban layan.
11. Analisis struktur baja komposit dihitung dengan bantuan software Microsoft office Excel dan mengacu kepada "Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural" (SNI 1729:2020).

2. LANDASAN TEORI

2.1 Teori Dasar

Teori dasar yang digunakan dalam Pelaksanaan Perancangan Struktur Atas Baja Komposit Pada Asrama Haji Indramayu Jawa Barat ini diambil dari beberapa referensi, baik berupa karya tulis ilmiah ataupun standar peraturan yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas.

2.1.1 Konsep Pembebanan

Beban merupakan gaya luar yang bekerja pada komponen struktur [1]. Pada umumnya penentuan beban dilakukan berdasarkan estimasi atau asumsi serta pendekatan yang mengacu pada ketentuan-ketentuan yang berlaku. Beban yang diperhitungkan dalam bangunan ini meliputi, beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa yang dibebankan pada komponen struktur bangunan gedung.

2.1.2 Struktur Komposit

Struktur komposit merupakan penggabungan dua atau lebih material material dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan yang menghasilkan sifat kesatuan

yang lebih baik. komponen struktur komponen ini dapat menahan beban 33 hingga 50% lebih besar daripada beban yang dipikul oleh balok baja saja tanpa adanya perilaku komposit [1].

2.1.3 Struktur Atas Bangunan Gedung

1. Pelat merupakan elemen bidang tipis yang menahan beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. Beton bertulang pelat digunakan untuk lantai, atap dari gedung, lantai jembatan, lapis perkerasan pada jalan raya dan landasan pesawat terbang di bandara. Hal ini disebabkan karena pelat adalah elemen struktur penahan beban vertikal yang rata dan dapat dibuat dengan perluasan yang cukup besar [2]. Pada umumnya, pelat diklasifikasikan ke dalam pelat satu arah dan pelat dua arah. Oleh karena itu, pada perancangan Penelitian ini komponen pelat lantai yang digunakan yaitu pelat dua arah beton bertulang.

2. Balok komposit merupakan elemen yang menerima beban tegak lurus sumbu memanjang batang. Komponen balok yang digunakan yaitu balok baja yang dapat menopang dek baja atau papan beton pracetak. Balok baja berbentuk *wide-flange* (W) yang lebih efisien secara struktural telah menggantikan bentuk klasik I-beam (S), sehingga pada Penelitian ini profil baja yang digunakan yaitu profil W yang dikompositkan menggunakan dek beton.

3. Kolom komposit merupakan elemen yang tugas utamanya menahan beban aksial tekan vertikal. Kolom komposit yang digunakan pada Penelitian ini yaitu kolom baja terbungkus beton, terdiri dari profil baja hasil gilas panas yang dibungkus dengan beton dan diberi tulangan baja serta sengkang, seperti halnya pada kolom beton biasa.

4. Penutup atap merupakan elemen yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada di bawahnya terhadap pengaruh panas, debu, hujan, angin atau untuk keperluan perlindungan. Penutup atap yang digunakan pada Penelitian ini yaitu atap dak beton, merupakan atap datar yang terbuat dari kombinasi besi dan beton.

5. Penghubung geser (*shear connector*) adalah komponen yang digunakan untuk menyambung dua elemen struktural, seperti balok baja dan pelat beton [3]. Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan [4]. Oleh karena itu, jenis sambungan pada Penelitian ini yaitu baut.

2.2 Perancangan Struktur Tahan Gempa

Rencana struktur bangunan gedung harus tetap berdiri dalam situasi kritis atau diambang keruntuhan karena dampak gempa [5]. Gempa rencana dianggap sebagai gempa yang memiliki kemungkinan terlampaui ukurannya sebesar 2% selama umur struktur bangunan 50 tahun. Sehingga, dalam perancangan struktur tahan gempa, beberapa parameter harus dipertimbangkan antara lain, Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa, Klasifikasi Situs, Kategori Desain Seismik, Sistem Rangka Pemikul Gaya Seismik, Faktor Redundansi (ρ), dan Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen. Dimana Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen memiliki beberapa tahapan yang perlu dilakukan yaitu Gaya geser dasar seismik, Penentuan Periode, Distribusi vertikal gaya

seismik, Penentuan simpangan antar tingkat, dan Pengaruh P-Delta.

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Sistem rangka momen menengah terdiri dari pelat dua arah tanpa balok yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik, balok, dan kolom [6].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Laporan Penelitian ini menggunakan Bangunan Asrama Haji yang berlokasi di kabupaten Indramayu sebagai objek kajian. Bangunan ini dirancang dengan metode DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan) [7] sesuai dengan standar yang tercantum dalam SNI 1729:2020, SNI 1726:2019, SNI 1727:2020 dan SNI 2847:2019, tanpa memperhitungkan ketidakberaturan pada struktur. Struktur bangunan ini hanya dirancang dalam bentuk portal (frame) 3D, yang terdiri dari kolom, balok, dan pelat lantai yang menggunakan baja komposit dengan analisis struktur yang meliputi pemodelan, perhitungan gaya dalam, serta pengecekan kekuatan dan beban layan.

3.2 Data Teknik Bangunan

Dibawah ini merupakan data teknik pada bangunan di Penelitian ini.

a) Data Bangunan

- Jumlah lantai = 4 lantai
- Tinggi tiap lantai = 3,6 meter (lantai 1-3) & 5 meter (lantai 4)
- Tinggi pedestal = 1,5 meter
- Total Tinggi Bangunan = 17,3 meter
- Luas Bangunan = 46.475 m²

b) Data Material

- Mutu beton (f'_c) = 25 MPa
- Mutu baja tulangan (f_{yr}) = 420 MPa (BjTS 420)

Gambar 1. Pemodelan Gedung 4 Lantai di Indramayu Jawa Barat

- Mutu profil baja (f_y) = 240 MPa (BJ 37)
- Mutu profil baja (f_u) = 510 MPa
- Berat jenis beton = 2400 kgf/m³
- Berat jenis baja = 7850 kg/m³
- Modulus elastisitas beton (E_c) = 23500 MPa
- Modulus elastisitas baja (E_s) = 200000 MPa

c) Data Komponen Struktur

- Kolom = 600 mm x 300 mm
= 400 mm x 200 mm
= 300 mm x 150 mm
- Balok = 500 mm x 200 mm
= 400 mm x 200 mm
= 200 mm x 100 mm
- Pelat = 7000 mm x 3500 mm (130 mm)
= 4000 mm x 3500 mm (130 mm)

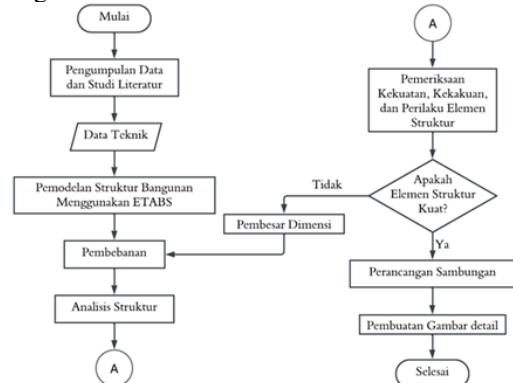
3.3 Sistematika Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan untuk mendukung penyusunan Penelitian ini diantaranya denah struktur, denah arsitektur,

tampak, dan potongan serta berasal dari karya tulis ilmiah terdahulu yang memiliki topik serupa yakni perencanaan gedung baja komposit. Selain itu sumber lain yang digunakan yaitu SNI.

3.4 Tahapan Pelaksanaan

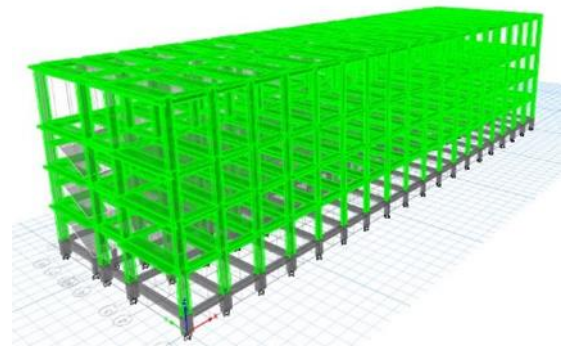
Penyelesaian topik Penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembebanan



Beban yang diperhitungkan dalam bangunan ini meliputi beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa. Beban mati sendiri dihasilkan dari perhitungan analisis struktur.

4.1.1 Beban Mati Tambahan (SIDL)

Tabel 1. Beban Mati Tambahan Pelat Lantai 1-4

Komponen	Berat (kN/m ²)
Pasir (2 cm)	0,51
Mortar	0,66
Keramik (1 cm)	0,002
Plafond gypsum	0,059
Rangka plafond	0,15
Mekanikal Elektrikal	0,5
Total	1,881

Tabel 2. Beban mati tambahan pelat lantai 5 (atap)

Komponen	Berat (kN/m ²)
Plafond gypsum	0,059
Rangka plafond	0,15
Mekanikal Elektrikal	0,5
Total	0,709

Tabel 3. Beban Mati Tambahan Balok Lantai 1-3

Komponen	Berat
Plaster (2 sisi)	0,48 kN/m ²
Berat hebel	6,59 kg/buah
Tinggi lantai	3,6 m
Tinggi hebel	0,2 m
Panjang hebel	0,6 m
Total	1,9388 kn/m

Tabel 4. Beban Mati Tambahan Balok Lantai 4

Komponen	Berat
Plaster (2 sisi)	0,48 kN/m ²
Berat hebel	6,59 kg/buah
Tinggi lantai	5 m
Tinggi hebel	0,2 m
Panjang hebel	0,6 m
Total	2,692 kN/m

4.1.2 Beban Hidup

Tabel 5. Beban Hidup Pelat lantai dan Atap

Ruangan	Beban Merata (kN/m ²)
Ruang pribadi dan koridornya (lantai 1-4)	1,92
Atap datar	0,96

4.1.3 Beban Lift

Beban Hidup = 6,178 kN

Tabel 6. Beban Mati Tambahan Lift

Komponen	Berat (kg)
Kabin lift	450
Rel pemandu	150
Counterweight	500
Tali, puller, motor	300
Total	1400 kg = 13,729 kN

4.1.4 Beban Tangga dan Bordes

a) Beban Mati Tambahan Anak Tangga

- Kemiringan tangga

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}} \right) = 18,925^\circ$$

- Berat anak tangga

$$\left(\frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \right) \times \text{lebar anak tangga} \times \text{BJ beton} = 107,1 \text{ kgf}$$

- Beban adukan tebal 2 cm

$$(\text{alas} + \text{tinggi}) \times \text{lebar anak tangga} \times \text{BJ adukan} \times \text{tebal} = 34,545 \text{ kgf}$$

- Beban keramik

$$(\text{alas} + \text{tinggi}) \times \text{lebar anak tangga} \times \text{BJ keramik/m}^2 = 19,74 \text{ kgf}$$

$$\text{-Jumlah anak tangga (n)} = \frac{\text{Panjang tangga}}{300} = \frac{5250}{300} = 17,5 \text{ buah} \sim 18 \text{ buah}$$

- Total beban anak tangga = 2824,2375 kgf

- Beban tangga yang didapat sebagai berikut:

$$Q_t = \frac{\text{Total beban anak tangga}}{\text{sisi miring tangga}} = 508,672 \text{ kgf/m}$$

b) Beban Mati Tambahan pada Handrail Tangga

$$Q_h = \frac{(2 \times \text{beban handrail}) \times \text{panjang kemiringan}}{\text{lebar tangga}} = 4,63 \text{ kgf/m}$$

c) Total beban mati tambahan anak tangga = 5,036 kN/m

d) Beban mati tambahan pada bordes

- Adukan dengan tebal 2 cm = 42 kgf/m²

- Keramik dengan tebal 1 cm = 24 kgf/m²

Total Beban Mati bordes = 0,647 kN

e) Beban hidup pada tangga = 4,79 kN/m²

4.1.5 Beban Reservoir

Kebutuhan air untuk asrama = 120 liter/orang/hari

Kapasitas orang = 49200 liter/hari

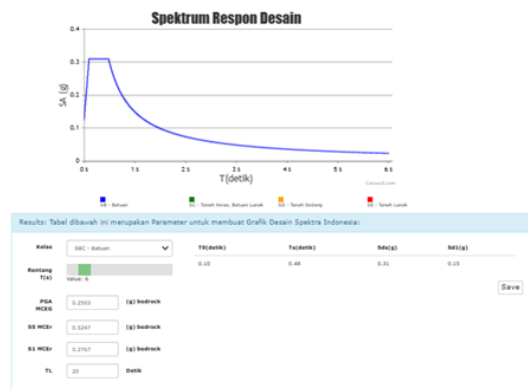
Kapasitas tangki air = 49200 kg/hari

Berat tangki = 1000 kg

Beban mati = 492,29 kN

Luas lahan = 24,5 m²

Distribusi beban = 20,093 kN/m²



Gambar 3. Hasil Desain Spektrum

4.2 Kombinasi Beban

Kombinasi beban meliputi beban mati, beban hidup, beban hidup dari atap, serta beban gempa yang dihasilkan dari perhitungan analisis struktur [8]. Namun pada kombinasi beban terdapat pengaruh beban seismik yang terdiri dari gaya seismik vertikal (E_v) dan gaya seismik horizontal (E_h) sebagai berikut.

$$E_v = 0,2 \times S_{DS} \times DL$$

$$E_h = \rho \times Q_E = 1,3Q_E$$

4.3 Analisis Struktur

Perencanaan struktur bangunan gedung harus tetap berdiri dalam situasi kritis atau diambang keruntuhan karena dampak gempa [5]. Sehingga dalam perancangan struktur tahan gempa, beberapa parameter harus dipertimbangkan, antara lain:

4.3.1 Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Penentuan kategori risiko terhadap pengaruh gempa dimana bangunan ini digunakan untuk fasilitas pertemuan sehingga

termasuk kedalam kategori III. Oleh karena itu, nilai faktor keutamaan gempa (I_e) [9] dimana untuk kategori III adalah 1,25.

4.3.2 Klasifikasi Situs

Bangunan ini diasumsikan sebagai SB (tanah batuan)

4.3.3 Kategori Desain seismik

Berdasarkan kelas situs dan koordinat pada *website* <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> didapat parameter beserta grafik respon spektra sebagai berikut.

Tabel 7. Data Parameter Respon Spektra

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,2503
S _s (g)	0,5247
S ₁ (g)	0,2767
T ₀ (detik)	0,10
T _s (detik)	0,47
S _{DS} (g)	0,31
S _{D1} (g)	0,15

Maka, struktur ini termasuk kedalam kategori resiko seismik C untuk mengantisipasi terjadinya gempa yang lebih besar terhadap bangunan.

4.3.4 Sistem Rangka Pemikul Gaya Seismik

Sistem rangka pemikul momen yang digunakan pada bangunan ini yaitu Rangka Baja dan Beton Komposit Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan koefisien modifikasi respons ($R = 5$), faktor kuat lebih sistem ($\Omega^b = 3$), dan faktor pembesaran defleksi ($Cd^c = 4\frac{1}{2}$) [10]. Untuk penginputan hasil desain spectra, perlu adanya perhitungan *scale factor* (SF) dimana:

$$SF = \frac{I_e \times g}{R} = 2,45$$

4.3.5 Diafragma

Diafragma ditentukan berdasarkan panjang (L_x) dan lebar (L_y) suatu bangunan. Jika $L_y/L_x \leq 3$ maka elemen struktur diafragma di anggap kaku (*rigid*) tetapi jika $L_x/L_y \leq 3$ maka elemen struktur diafragma tidak di anggap kaku (*semi rigid*) [5].

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{18000}{63000} = 0,286 \leq 3$$

$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{63000}{18000} = 3,5 \geq 3$$

Dapat disimpulkan bahwa bangunan ini menggunakan elemen struktur diafragma tidak di anggap kaku (*semi rigid*).

4.3.6 Faktor Redundansi (ρ)

Nilai faktor redundansi pada bangunan dapat ditentukan berdasarkan kategori desain seismiknya dengan kategori desain seismik C, maka dapat disimpulkan bahwa nilai ρ adalah 1,0 [5].

4.3.7 Periode Fundamental Pendekatan

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,7082 \text{ Detik}$$

Selain persamaan di atas, untuk menghitung nilai periode fundamental pendekatan (T_a) dapat menggunakan

persamaan berikut untuk bangunan dengan ketinggian tidak lebih dari 12 tingkat dimana sistem pemikul gaya seismik terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya terbuat dari beton atau baja dengan rata-rata tinggi lantai minimal 3 m.

$$T_a = 0,1N = 0,4 \text{ detik}$$

- Periode getar maksimum ($T_{a \max}$)

$$T_{a \max} = C_u \times T_a = 1,133 \text{ detik}$$

4.3.8 Periode Getar Hasil Analisis Struktur

Nilai periode getar dapat diperoleh juga menggunakan hasil analisis struktur. Analisis periode getar ini mempertimbangkan periode getar arah X dan Y.

Tabel 8. Nilai Periode Getar Hasil Analisis Struktur

Mode	Period (sec)	UX	UY	RZ
1	0,871	0,000029	0,8154	0,004
2	0,613	0,5512	0,001	0,2658
3	0,603	0,2541	0,0025	0,0781

4.3.9 Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen

a. Gaya geser dasar Seismik (V)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,31}{\left(\frac{5}{1,25}\right)} = 0,0775 \text{ detik}$$

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,15}{1,133 \left(\frac{5}{1,25}\right)} = 0,033 \text{ detik}$$

Namun, C_s tidak boleh kurang dari $C_{s \min}$ dengan persamaan berikut

$$C_{s \min} = 0,044 \times SDS \times I_e = 0,017 \geq 0,01$$

Sehingga, nilai C_s yang diambil adalah 0,033 detik'

b. Berat seismik efektif (W)

Tabel 9 Nilai Berat Seismik Hasil Analisis Struktur

Story	UX (ton)	UY (ton)	UZ (ton)
Lantai Atap	865,9013	865,9013	865,9013
Lantai 4	1490,9007	1490,9007	1493,7046
Lantai 3	1416,4132	1416,4132	1416,4132
Lantai 2	1416,4132	1416,4132	1416,4132
Lantai 1	580,8656	580,8656	578,0617
Total	5770,494	5770,494	5770,494

Sehingga, $V = C_s \times W = 1916,13035 \text{ kN}$

Didapat nilai gaya dasar seismik respon spektrum hasil penskalaan yaitu:

$$V_{RS,X} = 3003,257 \text{ kN} > V = 1916,13035 \text{ kN}$$

$$V_{RS,Y} = 2026,163 \text{ kN} > V = 1916,13035 \text{ kN}$$

Dapat disimpulkan bahwa nilai tersebut telah memenuhi persyaratan $V_{RS} > V$.

4.3.10 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Berikut rekapitulasi perhitungan simpangan antar tingkat yang di dapat dari perhitungan analisis struktur.

Tabel 10 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat pada Arah X

Lantai	H (mm)	δ_x (mm)	δ_{xc} (mm)	Δ_x (mm)	Δ_a (mm)	$\delta_x \leq \Delta_a$
5	5000	8,312	1,665	5,994	75	OK
4	3600	6,647	1,690	6,084	54	OK
3	3600	4,957	2,177	7,837	54	OK

2	3600	2,780	2,345	8,442	54	OK
1	1500	0,435	0,435	1,566	23	OK

Tabel 11 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat pada Arah Y

Lantai	H (mm)	δ_y (mm)	δ_{ye} (mm)	Δy (mm)	Δa (mm)	$\delta_x \leq \Delta a$
5	5000	11,313	2,212	7,963	75	OK
4	3600	9,101	2,046	7,366	54	OK
3	3600	7,055	2,869	10,328	54	OK
2	3600	4,186	3,667	13,201	54	OK
1	1500	0,519	0,519	1,868	23	OK

4.3.11 Pengaruh P-Delta

Rekapitulasi perhitungan simpangan antar tingkat yang di dapat dari Perhitungan analisis struktur.

Tabel 12 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta pada Arah X

Lantai i	P (kN)	V_x (kN)	Δ_x (mm)	h (mm)	θ_x	θ_{max}	$\theta < \theta_{max}$
5	6033,01	833,89	5,99	5000	0,002	0,111	O
4	18251,3	1798,4	6,08	3600	0,004	0,111	O
3	30216,3	2524,3	7,83	3600	0,007	0,111	O
2	42181,2	2964,8	8,44	3600	0,009	0,111	O
1	48014,6	3003,2	1,56	1500	0,004	0,111	O

Tabel 13 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta pada Arah Y

Lantai i	P (kN)	V_x (kN)	Δ_x (mm)	h (mm)	θ_x	θ_{max}	$\theta < \theta_{max}$
5	6033,01	833,89	5,99	5000	0,002	0,111	OK
4	18251,3	1798,4	6,08	3600	0,004	0,111	OK
3	30216,3	2524,3	7,83	3600	0,007	0,111	OK
2	42181,2	2964,8	8,44	3600	0,009	0,111	OK
1	48014,6	3003,2	1,56	1500	0,004	0,111	OK

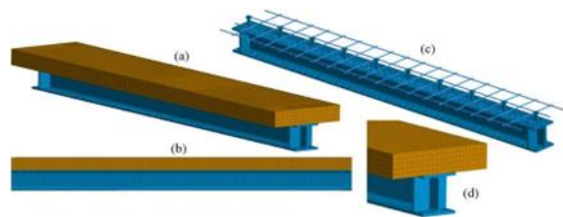
4.4 Perancangan Elemen Struktur Pelat Lantai

Perhitungan pembebanan pada pelat lantai yang terdiri dari beban mati tambahan dan beban hidup merupakan langkah awal untuk perencanaan pelat lantai. Selanjutnya penentuan jenis pelat lantai apakah pelat lantai termasuk kedalam pelat satu arah atau pelat dua arah dan juga dapat ditentukan tebal pelat tersebut. Kemudian, memperhitungkan momen terfaktor pelat lantai berdasarkan panjang dan lebar bentang yang dihitung menurut buku CUR IV Gideon. Selanjutnya memperhitungkan secara detail dengan diperlukan diameter tulangan dan jarak tulangan. Dari hasil perhitungan pelat lantai, tulangan arah X dan arah Y adalah D13-100. Perhitungan ini berlaku kepada pelat lantai lift dan juga pelat lantai reservoir.

4.5 Perancangan Struktur Balok Komposit

Perhitungan pembebanan pada balok yang terdiri dari beban mati tambahan dan beban hidup merupakan langkah awal untuk perencanaan balok. Selanjutnya penentuan lebar efektif (be) dimana perhitungan perlu diambil nilai terkecil dari persamaan $L/8$, as ke as tumpuan dan $L/2$ [11], jarak ke sumbu balok terdekat dengan jarak balok 7 meter maka didapat nilai lebar efektif senilai 1750 mm untuk balok interior. Kemudian memperhitungkan momen lentur dimana nilai momen unlimet (M_u) < momen nominal (M_n) pada daerah tumpuan dan daerah lapangan balok. Selanjutnya memperhitungkan gaya geser dimana faktor reduksi gaya geser (ϕV_n) > gaya geser yang terjadi pada struktur itu sendiri. Berdasarkan perhitungan balok didapat IWF 500.200 dengan bentang 7 meter memiliki lebar efektif sebesar 1,75 meter, dengan bentang 4 meter memiliki lebar efektif sebesar 1 meter. Pada IWF 400.200 dengan bentang 7 meter memiliki lebar efektif sebesar 1,75 meter, dengan bentang 4 meter memiliki lebar efektif sebesar 1 meter, dan dengan bentang 3,5 meter memiliki lebar efektif sebesar 0,875 meter. Pada IWF 200.100 dengan bentang 7 meter memiliki lebar efektif sebesar 1,75 meter, dengan bentang 4 meter memiliki lebar efektif sebesar 1 meter, dan dengan bentang 3,5 meter memiliki lebar efektif sebesar 0,875 meter.

4.6 Perancangan Elemen Struktur Kolom Komposit



Gambar 4 Gambar Penampang Balok

Sumber : <https://images.app.goo.gl/gH3YADnKSbhPaSgF8>

Perhitungan kombinasi gaya aksial dan lentur dapat dicapai dengan menggunakan metode kompatibilitas regangan atau metode distribusi plastis tanpa memperhitungkan efek kelangsingan merupakan langkah awal untuk perencanaan kolom. Kemudian metode distribusi plastis dengan memperhitungkan efek kelangsingan untuk mengantisipasi kurangnya kekuatan tekan akibat tekuk didapat $\lambda = 0,935$ lalu diterapkan untuk titik-titik gaya aksial pada permukaan interaksi. Selanjutnya nilai dari perhitungan momen aksial lentur dengan memperhitungkan kelangsingan, perlu dikalikan nilai faktor reduksi kapasitas atau faktor keamanan yang sesuai, untuk kekuatan tekan dikalikan 0,75 dan untuk kekuatan lentur dikalikan 0,9. Kemudian nilai kekuatan desain gaya aksial dan lentur yang telah didapat dari perhitungan di atas selanjutnya dikalikan dengan faktor keamanan yaitu 0,8 untuk memperoleh kapasitas rencana (ϕP_n). Nilai yang dikalikan oleh faktor reduksi cukup nilai terbesar dari kapasitas nominal tekan. Kekuatan lentur yang didapat dari perhitungan di atas harus memenuhi persyaratan bahwa nilai momen unlimet (M_u) < momen nominal (M_n). Berdasarkan perhitungan dengan metode distribusi plastis nilai gaya yang didapat berada didalam kurva, maka kolom komposit mampu menahan pembebanan yang ada. Selanjutnya pengaruh momen pada sumbu perlu

diperhitungkan secara dua arah menjadi satu arah dengan cara pendekatan berdasarkan buku Gideon. Dimana momen lentur dapat bekerja terhadap sumbu X dan sumbu Y yang masing-masing ditandai dengan $M_3 = M_X$ dan $M_2 = M_Y$. Selanjutnya memperhitungkan gaya geser dimana faktor reduksi gaya geser (ϕV_n) > gaya geser yang terjadi pada struktur itu sendiri. Berdasarkan perhitungan kolom didapat IWF 600.300, IWF 400.200 dan IWF 300.150 sudah memenuhi persyaratan momen lentur dan gaya geser. Tetapi, dimensi kolom yang digunakan dalam perhitungan ini tergolong cukup besar untuk memastikan kekakuan struktur tercapai dengan baik. Kekakuan tersebut diperlukan agar pola deformasi sesuai dengan asumsi perencanaan dan tidak berubah.

Tabel 14 Tabel Penampang Kolom

Sketsa Penampang Kolom Komposit		
	Tipe Kolom K 750/400 Profil Baja IWF 600.300.12.20 Tulangan 4 D20 Sengkang D10 - 200	Tipe Kolom K 550x300 Profil Baja IWF 400.200.8.13 Tulangan 4 D20 Sengkang D10 - 200
Sketsa Penampang Kolom Komposit		
Tipe Kolom K 450/300 Profil Baja IWF 300.150.6.5.9 Tulangan 4 D20 Sengkang D10 - 200		

4.7 Perancangan Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Penghubung ini menggabungkan dua elemen struktur di batas antarmuka untuk mencegah pelat beton bertulang bergeser dari balok baja serta memastikan transmisi gaya geser yang efektif. Pada laporan penelitian ini, penghubung geser (*shear connector*) yang digunakan menggunakan jenis penyambung stud [12]. Perhitungan jumlah penghubung geser didapat dari pembagian gaya geser terhadap baut (V_h) dengan kapasitas penghubung geser (Q_n). Maka berdasarkan perhitungan tersebut didapat IWF 500.200 diameter baut 8 mm, IWF 400.200 diameter baut 8 mm, dan IWF 200.100 diameter baut 6 mm. Dengan jumlah baut antara 158 hingga 116 buah dan jarak antar shear stud antara 45 mm hingga 96 mm serta Jarak transversal semua profil yaitu 50 mm.

4.8 Perancangan Sambungan Kolom-Balok

Sambungan ini berfungsi untuk menyalurkan gaya dari balok ke kolom, baik berupa gaya geser maupun momen [13]. Pada laporan penelitian ini, sambungan kolom-balok menggunakan jenis sambungan baut dengan tipe end plate. Diameter dan jumlah baut ditentukan dari hasil perhitungan gaya yang bekerja pada sambungan (M_u) dan (V_u), kemudian

dibandingkan dengan kapasitas nominal sambungan (M_n) dan (V_n). Maka berdasarkan perhitungan tersebut, digunakan baut tipe A325 dengan diameter 24 mm. Jarak tepi baut direncanakan antara 24 mm sampai 150 mm, dan jarak antar baut antara 72 mm sampai 300 mm.

4.9 Perancangan Sambungan Antar Kolom

Sambungan ini menyambungkan dua batang kolom yang berada pada ketinggian berbeda agar gaya tarik, tekan, dan geser dapat diteruskan dengan baik [14]. Pada laporan penelitian ini, digunakan sambungan tipe (*splice plate*) dengan jenis sambungan baut. Digunakan baut tipe A325 dengan diameter yang ditentukan dari hasil perhitungan gaya yang bekerja pada sambungan (M_u) dan (V_u), kemudian dibandingkan dengan kapasitas nominal sambungan (M_n) dan (V_n). Maka berdasarkan perhitungan tersebut, digunakan diameter baut 20 mm untuk IWF 600.300, diameter baut 18 mm IWF 400.200, dan diameter baut 12 mm IWF 300.150. Jumlah baut sebanyak 8 buah, dengan jarak antar baut 150 mm dan jarak transversal 50 mm.

4.10 Perancangan Sambungan Pelat Dasar (*Base Plate*)

Pelat dasar digunakan sebagai sambungan antara kolom baja dan kolom pedestal [15]. Sambungan ini berfungsi untuk menyalurkan beban kolom baja ke kolom pedestal baik gaya tekan, gaya tarik, maupun gaya geser. Pada laporan penelitian ini, pelat dasar yang digunakan memiliki ketebalan 20 mm dan dilengkapi dengan baut angkur. Digunakan baut tipe A325 dengan diameter yang ditentukan dari hasil perhitungan gaya yang bekerja pada sambungan (M_u) dan (V_u), kemudian dibandingkan dengan kapasitas nominal sambungan (M_n) dan (V_n). Maka berdasarkan perhitungan tersebut, digunakan 8 buah baut untuk IWF 600.300, digunakan 6 buah baut untuk IWF 400.200, dan 6 buah baut untuk IWF 300.150. Digunakan diameter baut 20 mm, dengan jarak tepi baut untuk arah vertikal dan horizontal 40 mm, dan jarak antar baut antara 72 mm sampai 300 mm.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan SNI 1726:2019, bangunan ini termasuk kedalam desain seismik kategori C, sehingga menggunakan Sistem Rangka Momen Menengah (SRPMM). Perencanaan dan perhitungan struktur sesuai dengan acuan yang digunakan yaitu SNI 1729:2020, SNI 1727:2020 dan SNI 2847:2019, sehingga semua elemen dapat dibentuk menjadi satu kesatuan struktur.

5.2 Saran

Untuk bangunan dengan asumsi tanah batuan, sebaiknya memperhitungkan ketidakberaturan struktur, perancangan pada pelat lantai sebaiknya digunakan output gaya dalam yang didapat dari struktur itu sendiri agar mendapatkan hasil yang lebih akurat, perhitungan sambungan las pada sambungan antar kolom, kolom-balok dan base plate sebaiknya diperhitungkan serta perhitungan beton bertulang seperti sloof, pedestal, tangga dan lift sebaiknya diperhitungkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Setiawan A. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002). Jakarta: Erlangga; 2008.
2. Faqih A. Studi Alternatif Perencanaan Struktur Komposit pada Gedung Kantor Dermaga Multipurpose Tanjung Perak Surabaya. *J ReKayasa Sipil*. 2015;3(2).
3. Pardeshi RT, Patin YD. Review of various shear connectors in composite structures. *Adv Steel Constr*. 2021;17(4):394–402.
4. Mulifandi AW, Hidayat MT, Setyowulan D. Perencanaan alternatif struktur komposit gedung Volendam Holland Park Condotel di Kota Batu [Thesis]. Brawijaya University; 2017.
5. Badan Standardisasi Nasional. SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: BSN; 2019.
6. Badan Standardisasi Nasional. SNI 2847:2019 Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan dan Penjelasan. Jakarta: BSN; 2019.
7. Afif AF, Kurnianto F. Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Mess Atlet – Office B Jakarta dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah [Undergrad Thesis]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya; 2015.
8. Badan Standardisasi Nasional. SNI 1727:2020 Tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: BSN; 2020.
9. Fadillah T. Analisis Perbandingan Respon Seismik antara Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa dan Menengah pada Gedung Simetris Dua Arah [Undergrad Thesis]. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta; 2023.
10. Mendrofa O. Analisis Hubungan Jarak Kolom dengan Wilayah Gempa Berbeda [Undergrad Thesis]. Universitas HKBP Nommensen, Medan; 2021.
11. Badan Standardisasi Nasional. SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Jakarta: BSN; 2020.
12. Lahamukang KM, Pah JJ, Messah YA. Kuat Geser Komposit Baja–Beton dengan Variasi Bentuk Penghubung Geser Ditinjau dari Uji Geser Murni. *J Tek Sipil*. 2014;3(1):45–62.
13. Razak NM. Analisa Kekakuan Sambungan Takik Lurus Rangkap Joint Balok Kolom Akibat Beban Lateral Siklik [Doctoral dissertation]. Universitas Hasanuddin; 2022.
14. Rachmanuwati SA. Studi Komparasi Tulangan Geser pada Kolom Struktur Berlantai 10 Sesuai Zona Wilayah Gempa di Indonesia. 2000.
15. Oliy M, Handono BD, Pandaleke RE. Studi Numerik Perilaku Sambungan Pelat Dasar Kolom (Column Base Plate). *J Sipil Statik*. 2018;6:12.