

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG DI JEMBER MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA

Arya Satya Pratama Yudha¹, Armin Naibaho²

Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²,

Email: aryasatyapratamayudha@gmail.com¹, armin.naibaho@polinema.ac.id².

ABSTRAK

Peningkatan pembangunan infrastruktur di Kabupaten Jember menuntut adanya perencanaan struktur gedung yang adaptif dan tahan terhadap gempa bumi. Penelitian ini merencanakan struktur gedung bertingkat 4 lantai +1 lantai atap menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berbahan baja, dengan mengacu pada SNI 1726:2019 untuk ketahanan gempa dan SNI 1729:2020 untuk struktur baja. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS v21. Tahapan perencanaan meliputi identifikasi data pembebanan, analisis respons spektrum gempa, preliminary design, serta perencanaan elemen struktural seperti kolom, balok utama dan balok anak, pelat lantai komposit, dan sambungan balok-kolom.

Berdasarkan hasil perencanaan dan analisis, struktur dirancang dengan pelat floordeck 0,7 mm dan tebal pelat 120 mm, kolom H600x600x30x50, balok utama WF550x300x12x25, dan balok anak WF350x175x12x25. Struktur ini menunjukkan performa seismik yang memenuhi kriteria periode struktur yang bernilai 0,747 s, simpangan antar lantai baik arah X maupun Y bernilai masing-masing 9,4 mm dan 7,33 mm, dan nilai gaya geser dasar yang memenuhi. Sistem SRPMK memberikan efisiensi dalam aspek kekuatan, kekakuan, dan daktilitas, serta memenuhi persyaratan untuk gedung pada kategori risiko IV dan wilayah gempa kategori E. Total estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pembangunan gedung ini adalah sebesar Rp152.044.445.000. Hasil ini diharapkan dapat menjadi referensi perencanaan teknis struktur baja tahan gempa di daerah rawan gempa seperti Jember.

Kata kunci: Struktur baja, ETABS, Desain Tahan Gempa, Simpangan Antar Lantai, P-delta.

ABSTRACT

Increasing infrastructure development in Jember Regency requires building structure planning that is adaptive and earthquake-resistant. This study plans a 4-storey building structure + 1 roof floor using a Special Moment Bearing Frame System (SRPMK) made of steel, with reference to SNI 1726:2019 for earthquake resistance and SNI 1729:2020 for steel structures. Structural modeling and analysis was carried out using ETABS v21 software. The planning stages include identification of load data, analysis of earthquake spectrum response, preliminary design, and planning of structural elements such as columns, main beams and child beams, composite floor plates, and beam-column connections.

Based on the results of planning and analysis, the structure is designed with a floordeck plate of 0.7 mm and a plate thickness of 120 mm, column H600x600x30x50, main beam WF550x300x12x25, and secondary beam WF350x175x12x25. This structure shows a seismic performance that meets the criteria of the structure period of 0.747 s, the deviation between floors in both X and Y directions is valued at 9.4 mm and 7.33 mm, respectively, and the base shear force value that meets the basic shear force value. The SRPMK system provides efficiency in terms of strength, rigidity, and ductility, as well as meets the requirements for buildings in risk category IV and earthquake category E areas. The total estimated Budget Plan (RAB) for this building is Rp152,044,445,000. These results are expected to serve as a reference for the technical planning of earthquake-resistant steel structures in earthquake-prone areas like Jember.

Keywords: Steel Structure, ETABS, Earthquake-Resistant Design, Inter-Story Drift, P-delta Effect..

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peningkatan pembangunan infrastruktur di daerah berkembang seperti Kabupaten Jember turut memperkuat urgensi perencanaan struktur yang tangguh dan adaptif terhadap kondisi lokal, termasuk karakteristik geologis dan geoteknis wilayah tersebut.

Salah satu pendekatan yang dinilai efektif dalam meningkatkan ketahanan struktur terhadap beban gempa adalah penggunaan struktur baja sebagai sistem utama. Struktur baja memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan struktur beton, antara lain kekuatan tarik yang tinggi, bobot yang lebih ringan, kemudahan fabrikasi, percepatan waktu konstruksi, serta kemampuan beradaptasi terhadap perubahan fungsi bangunan di masa depan (Salmon, Johnson, & Malhas, 2009). Selain itu, baja menghasilkan beban mati yang relatif lebih kecil, sehingga memberikan respons dinamik yang lebih baik terhadap beban gempa (Bahruddin et al., 2019). Performa struktur baja terhadap beban lateral, seperti gempa, juga dinilai sangat baik jika direncanakan berdasarkan prinsip desain berbasis performa, sebagaimana diatur dalam SNI 1729:2020.

Meskipun memiliki banyak kelebihan, penggunaan struktur baja di wilayah Jember masih belum tersebar luas jika dibandingkan dengan kota-kota besar lainnya. Padahal, wilayah ini dikategorikan memiliki klasifikasi desain seismik (KDS) E dan risiko kategori IV, sehingga sangat tepat untuk dilakukan perencanaan ulang dengan menggunakan struktur baja guna meningkatkan ketahanan struktur terhadap gempa.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan struktur bangunan gedung di Kabupaten Jember dengan menggunakan sistem struktur baja, mengacu pada standar nasional dan internasional yang berlaku. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi akademik dan praktis dalam pengembangan desain struktur yang tahan gempa, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan pembangunan daerah.

Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan dimensi kolom, balok dan pelat yang didapatkan dalam pre-eliminary design?
2. Bagaimana menganalisis perencanaan struktur baja apabila ditinjau dalam software ETABS 2024?
3. Berapa besar anggaran biaya pembangunan gedung struktur baja?

Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka berikut ini merupakan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dimensi kolom, balok dan pelat yang didapatkan dalam pre-eliminary design.
2. Menganalisis hasil perencanaan struktur baja apabila ditinjau dalam software ETABS 21.
3. Mengevaluasi hasil anggaran biaya untuk pembangunan gedung struktur baja

Tinjauan Umum

Baja merupakan salah satu material konstruksi yang sepenuhnya diproduksi melalui proses industri, berbeda dengan beton yang sebagian besar bahan penyusunnya, seperti agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir), berasal dari sumber daya alam, sedangkan hanya semen dan bahan tambahan (admixture) yang bergantung pada produk industri. Dalam rekayasa struktur, baja dikenal memiliki keunggulan mekanis yang signifikan, antara lain kekuatan tinggi, kekakuan yang baik, serta daktilitas yang tinggi. Menurut SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, baja struktural harus memenuhi kriteria ketangguhan, kekakuan, dan ketahanan terhadap berbagai jenis pembebanan, serta memiliki sifat daktilitas yang memadai untuk memastikan perilaku struktur yang aman dan andal, terutama dalam kondisi beban ekstrem seperti gempa bumi.

Sifat daktil baja memungkinkan terjadinya deformasi plastis sebelum mencapai kegagalan, yang menjadi aspek penting dalam desain tahan gempa. Sejalan dengan itu, SNI 7860:2020 tentang Spesifikasi Umum untuk Bangunan Gedung Tahan Gempa Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dari Baja, menyatakan bahwa elemen struktur baja dalam sistem SRPMK harus memiliki kapasitas daktilitas tinggi dan mampu mendisipasikan energi gempa secara efektif melalui perilaku plastis yang terkendali. Baja juga memiliki mutu material yang seragam karena diproduksi di bawah kontrol mutu industri yang ketat, sehingga menjamin kestabilan sifat mekanis dan fisik antar elemen.

Dalam praktik konstruksi, baja memberikan keunggulan dari sisi pelaksanaan, seperti kemudahan dalam fabrikasi, pemasangan yang efisien melalui sambungan baut maupun las, serta potensi prefabrikasi yang tinggi sehingga mempercepat waktu pelaksanaan proyek. Selain itu, baja merupakan material yang dapat didaur ulang secara penuh tanpa kehilangan sifat-sifat mekanisnya, menjadikannya sebagai material yang mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan. Fleksibilitas bentuk dan ukuran profil baja juga memungkinkan tercapainya efisiensi struktural serta kebebasan dalam ekspresi arsitektural.

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem ini digunakan untuk nilai KDS D dan E karena gaya gempa yang terjadi termasuk besar. Terdapat batasan standarisasi yang digunakan pada elemen struktur, khususnya pada balok dan kolom. Setiap profil baja harus aman terhadap persyaratan daktilitas yang tinggi sesuai dengan standarisasi yang sudah ditentukan. Material struktur juga berpengaruh dalam menentukan batasan pengecekan tingkat daktilitas tinggi, seperti contoh ketika memakai material baja ASTM A36, nilai fy harus melebihi dari nilai lelehnya sampai tingkat aman.

Dalam perencanaan stuktur bangunan terdapat beberapa hal penting yang harus diperhatikan, salah satunya yaitu sistem pembebanannya agar struktur bangunan yang direncanakan dapat menahan beban-beban yang akan diterimanya. Pembebanan pada struktur sendiri diatur dalam SNI 1727-2020 dan SNI 1726-2019.

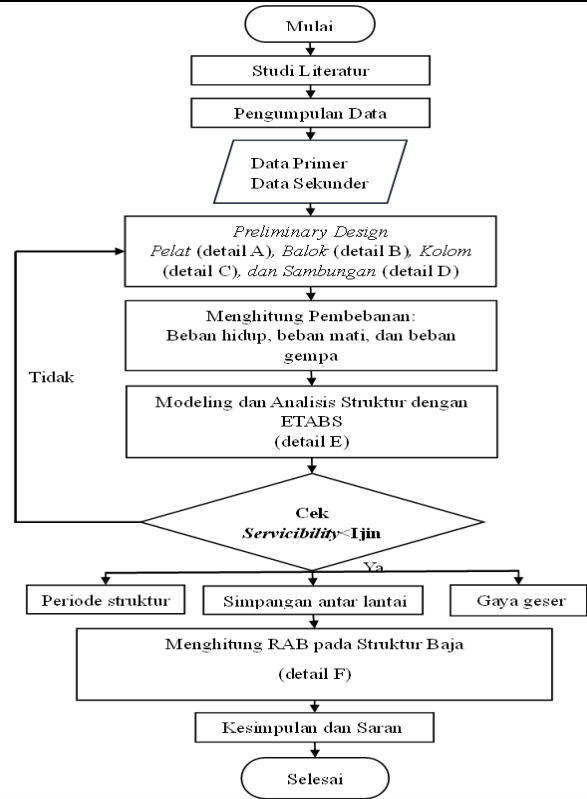
Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan suatu instrumen perencanaan finansial yang berfungsi sebagai alat estimasi biaya yang diperlukan untuk melaksanakan suatu proyek pembangunan. (RAB) juga dipahami sebagai instrumen krusial dalam manajemen proyek yang memastikan alokasi sumber daya finansial dilakukan secara efektif dan efisien. (RAB) disusun berdasarkan analisis teknis dan perhitungan yang mendetail untuk memastikan akurasi dan kelayakan anggaran. Dalam bukunya, Kerzner (2017) “Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling” menyatakan: RAB adalah bagian integral dari manajemen proyek yang memastikan bahwa sumber daya finansial dialokasikan secara optimal. RAB tidak hanya berfungsi sebagai alat perencanaan, tetapi juga sebagai alat pengawasan dan evaluasi untuk memastikan bahwa proyek berjalan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan. Ia juga menambahkan bahwa RAB harus fleksibel dan mampu menyesuaikan diri dengan perubahan kondisi proyek.

Menurut (Tauro, dkk: 2012) analisis biaya adalah salah satu cara perhitungan harga satuan pekerjaan yang dijabarkan dalam perkalian indeks alat yang digunakan dan upah kerja dengan harga sewa peralatan dan standar pengupahan pekerja untuk menyelesaikan per satuan pekerja. Analisis biaya tidak sepenuhnya berpedoman pada analisis metode SNI maupun analisis metode lain. Metode SNI memiliki harga koefisien tersendiri dalam menentukan besar kecilnya suatu penawaran.

2. METODE

Berikut ini merupakan bagan alir tahapan penelitian yang dilakukan pada skripsi ini:



Gambar 2.1 Flowchart Penelitian

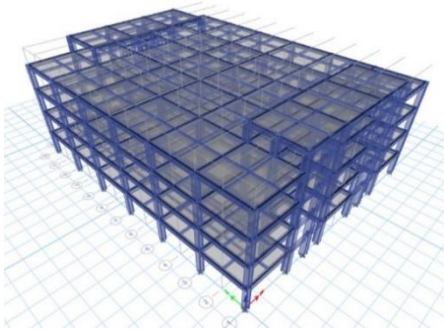
Sumber: Pribadi

Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan berada di Kabupaten Jember, Jawa Timur, pada kawasan dengan aksesibilitas tinggi dan kedekatan dengan pusat pendidikan. Tergolong zona gempa (KDS D) (SNI 1726:2019), sehingga perencanaan struktur harus memperhatikan aspek seismik. Karakteristik tanah umumnya berupa lempung berpasir dengan daya dukung sedang hingga tinggi. Dalam hal ini akan direncanakan struktur baja dengan fungsi bangunan sebagai gedung perkuliahan dengan panjang bangunan 36m dan lebar bangunan 29m, dengan kondisi jenis tanah adalah tanah sedang (SD).

Permodelan

Permodelan struktur gedung di Jember menggunakan software ETABS 2021 untuk analisa tiga dimensinya. Kemudian untuk analisa respon gedung terhadap beban gempa menggunakan analisa gempa Respon Spektrum yang sesuai dengan SNI 1726:2019.

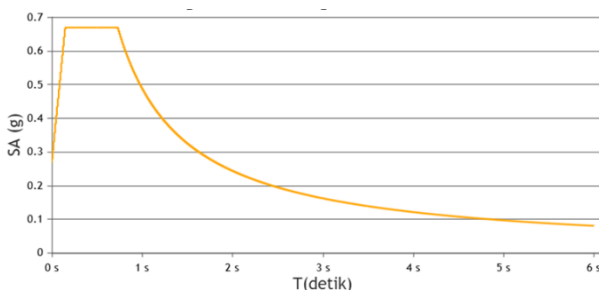


Gambar 2.2 Struktur Gedung Baja

Sumber: Pribadi

Gempa Respon Spektrum

Berikut ini merupakan data gempa respon spektrum yang didapatkan dari analisis yang sudah dilakukan:



Gambar 2.3 Grafik Respon Spektrum

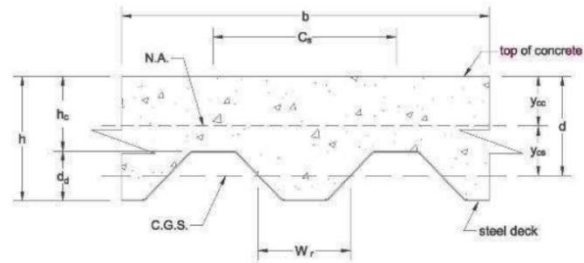
(Sumber: Pribadi)

Parameter Respon Spektrum:

T0	=	0,15 detik
Ts	=	0,73 detik
Sds	=	0,67g
Sd1	=	0,49g
SS	=	0,8721
S1	=	0,3900
Fungsi bangunan	=	Gedung sekolah
Kategori risiko	=	IV (empat)
Faktor gempa (Ie)	=	1,50
Fa	=	1,151
Fv	=	1,910

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Elemen Plat



Gambar 3. 1 Potongan Penampang Pelat Komposit

a. Analisis momen dan lendutan

$$Mu = \frac{w \cdot L^2}{8} = \frac{5,54 \cdot 6^2}{8} = 24,93 kNm$$

b. Momen inersia penampang plat

$$I = \frac{1 \cdot t^3}{12} = \frac{1 \cdot 0,15^3}{12} = 0,000281 m^4$$

c. Modulus elastisitas beton

$$Ec = 25.000 MPa$$

$$EI = 25.000 \times 0,000281 = 7,03125 kNm^2$$

d. Lendutan maksimum

$$\Delta = \frac{5 \times w \times L^4}{384 \times EI} = 13,33 mm$$

e. Lendutan izin

$$\Delta \text{ izin} = \frac{L}{240} = \frac{6000}{240} = 25 mm$$

Karena lendutan aktual < izin, maka plat **aman terhadap lendutan**

f. Analisis kuat lentur plat komposit

Digunakan wiremesh ulir M10 @150 mm. Luas penampang tulangan per meter adalah:

$$As = 6,67 \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 523,6 mm^2 = 0,000524 m^2$$

Dengan fy =540 MPa dan lengan momen efektif z=118 mm, maka:

$$Mn = As \times fy \times z = 0,000524 \times 540 \times 0,118 \times 1000 = 33,49 kNm$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 33,49 = 30,14 kNm$$

Karena $\phi Mn > Mu$, plat **aman terhadap lentur**.

g. Desain stud shear connector

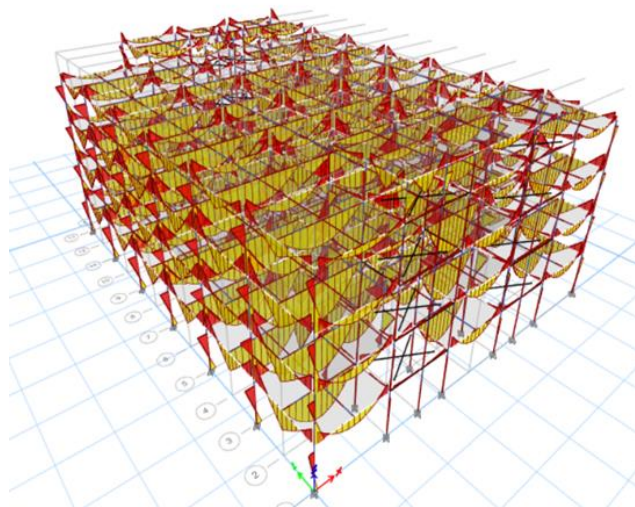
$$T = \frac{Mu \times 1000}{z} = \frac{24,93 \times 1000}{0,118} = 211,27 kN$$

Jika digunakan stud diameter 19 mm:

- Luas penampang, Asc = 0,000284 m²
- Kapasitas nominal, Qn = 108,33 kN
- Kapasitas terfaktor, ϕQn = 81,25 kN
- Jumlah stud yang dibutuhkan

$$n = \frac{T}{\phi Qn} = \frac{211,27}{81,25} = 2,6 \approx 3 \text{ stud/m}$$

Desain Elemen Balok WF550x300x12x25

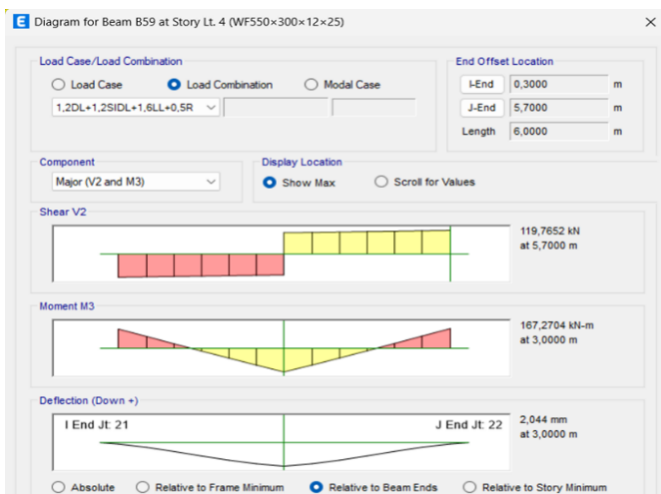


Gambar 3. 2 Momen yang Bekerja Pada Balok

Setelah diperoleh nilai momen dari ETABS, selanjutnya akan dilakukan desain komponen balok. Diambil sampel balok induk lantai 4 dengan momen terbesar pada beam B59 akibat beban kombinasi 1,2DL + 1,2SIDL + 1,6LL + 0,5R dan kuat geser terbesar pada beam B59 akibat beban kombinasi 1,33DL + 1,33SIDL + 1LL + 0,39Ex + 1,3Ey sebagai berikut:

Nilai momen maksimum yang didapatkan:

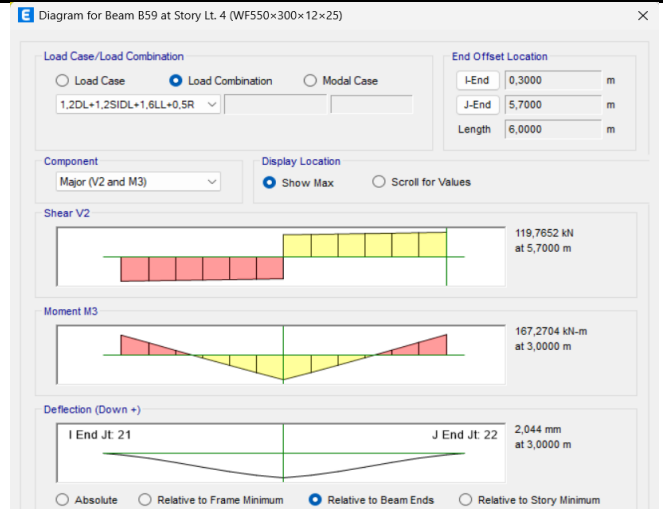
$$\begin{aligned} M_u &= 167,27 \text{ kNm} \\ M_u &= 167270000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



Gambar 3. 3 Diagram Momen max

Nilai gaya geser terbesar yang didapatkan:

$$\begin{aligned} V_u &= 146,44 \text{ kNm} \\ V_u &= 146440000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



Gambar 3. 4 Diagram Gaya Geser

Langkah Kontrol

1. Parameter tekuk torsi lateral

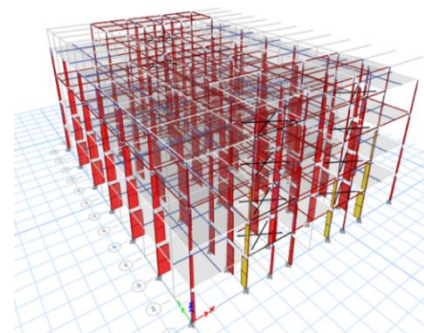
$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left(M_p - (M_p - 0,7 \cdot f_y \cdot S_x) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right) \leq M_p \\ M_n &= 4972722397 \text{ Nmm} \\ \phi M_n &\geq M_u = 0,9 \times 4972722397 \\ \phi M_n &\geq M_u = 4475450158 \text{ Nmm} > 167270000 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Kontrol Tahanan Geser

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\ V_n &= 162360000 \text{ N} \\ \phi V_n &= 0,9 \times 162360000 \\ \phi V_n &= 146124000 \text{ N} > V_u = 14644000 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

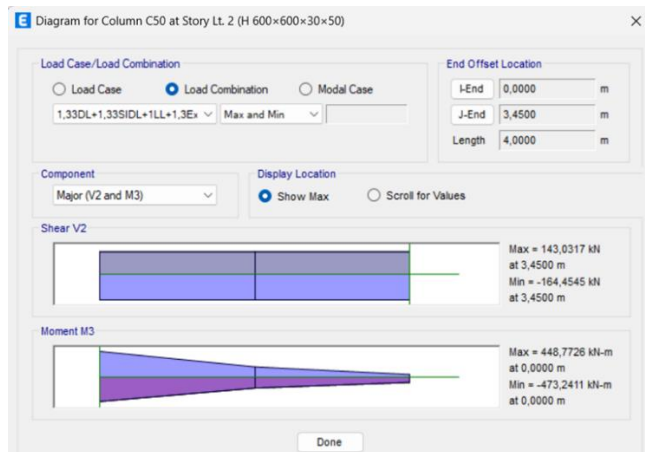
Maka balok yang direncanakan memenuhi kapasitas yang diperlukan.

Desain Elemen Kolom H600x600x30x50

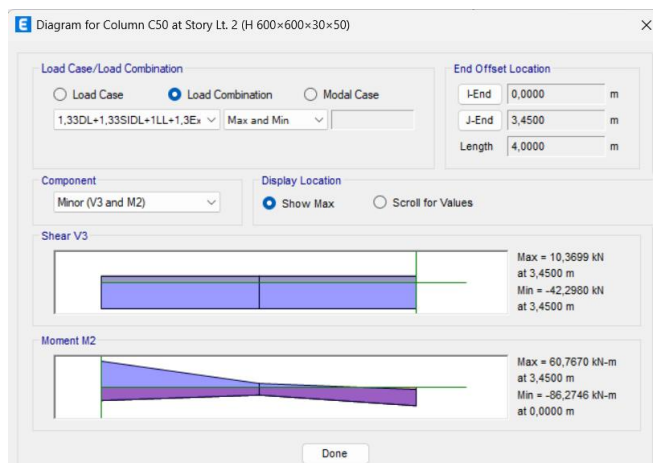


Gambar 3. 5 Gaya Aksial pada Kolom
Sumber: Pribadi

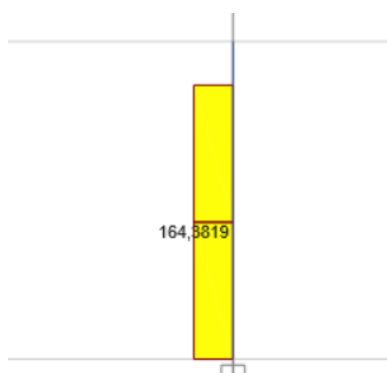
Setelah diperoleh nilai menerima gaya aksial dan momen arah x serta y dari ETABS, selanjutnya akan dilakukan desain komponen kolom. Diambil sampel kolom C19 untuk gaya aksial terbesar, untuk momen terbesar arah x serta y pada kolom C50 dan gaya geser terbesar pada kolom C56 sebagai berikut:



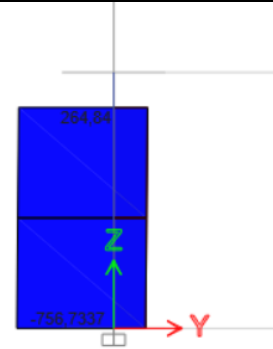
Gambar 3. 6 Diagram Nilai Mux dan Gaya Geser arah Mayor



Gambar 3. 7 Diagram Nilai Mux dan Gaya Geser Arah Minor



Gambar 3. 8 Nilai Gaya Geser (Vu) pada Kolom C56



Gambar 3. 9 Nilai Gaya Aksial (Pu) Terbesar

$$\begin{aligned}
 P_u &= 264,84 \text{ kN} &= 264840 \text{ N} \\
 M_{ux} &= 40,243 \text{ kNm} &= 40243000 \text{ Nmm} \\
 M_{uy} &= 473,15 \text{ kNm} &= 473150000 \text{ Nmm} \\
 V_u &= 164,38 \text{ kN} &= 164380 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kemudian didapatkan hasil seperti:

1. Menentukan tegangan kritis tekuk-lentur

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \times A_g = 30006573,99 \text{ N} \\
 \phi P_n &= 0,9 \times 30006573,99 = 27005916,59 \text{ N} \\
 \text{Rasio Desain} &= P_u / \phi P_n = 0,0968 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

2. Parameter tekuk torsi lateral

$$M_n = C_b \left(M_p - (M_p - 0,7 \cdot f_y \cdot S_x) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right) \leq M_p$$

$$M_n = 4972722397 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 0,9 \times 4972722397$$

$$\phi M_n \geq M_u = 4475450158 \text{ Nmm} > 167270000 \text{ Nmm (OK)}$$

3. Kontrol Tahanan Geser

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$V_n = 2700000 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 2700000$$

$$\phi V_n = 2430000 \text{ N} > V_u = 164440 \text{ (OK)}$$

Menghitung Periode Struktur

$$\begin{aligned}
 1. \quad S_{MS} &= F_a \times S_s \\
 &= 1,151 \times 0,872 = 1,004
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad S_{M1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 1,910 \times 0,390 = 0,745
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\
 &= \frac{2}{3} \times 1,004 = 0,669 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \quad S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\
 &= \frac{2}{3} \times 0,745 = 0,497 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \quad T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= 0,2 \times \frac{0,335}{0,248} = 0,270 \text{ s}
 \end{aligned}$$

6. $T_S = \frac{SD_1}{SD_S}$
 $= \frac{0,497}{0,669} = 0,743 \text{ s}$
 - Periode Struktur
 1. $C_u = 1,4$
 2. $C_t = 0,0724$
 3. $x = 0,8$
 4. $h = 18,5$
 5. $C_u = C_t \times h_n^x$
 $= 0,0724 \times 18,5^{0,8} = 0,747 \text{ s}$
 6. $T_{max} = C_u \times T_a$
 $= 1,4 \times 0,747 = 1,046 \text{ s}$
 7. $T_{cx} = 0,528 \text{ s}$
 8. $T_{cy} = 0,504 \text{ s}$

$T_c > T_a(\text{max})$, maka gunakan $T = T_a(\text{max})$

$T_a < T_c < T_a(\text{max})$, maka gunakan $T = T_c$

$T_c < T_a$, maka gunakan $T = T_a$

Berdasarkan keterangan diatas, maka nilai T yang digunakan adalah 0,747 s pada arah X dan Y.

Simpangan Antar Lantai

Berikut ini merupakan perhitungan simpangan antar lantai (story drift) pada gedung yang direncanakan:

$\Delta a = 0,010hsx$
 $\rho = 1,3 \text{ 120}$
 $\Delta_{max} = \Delta a \rho = \frac{0,010hsx}{1,3}$
 $Cd = 8$
 $Ie = 1,5$
 $\Delta = \delta \times \frac{Cd}{Ie}$

Tabel 3. 1 Nilai Displacement arah X

Arah X				
TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		mm	mm
Rumah Lift	18,5	Top	16.249	1.929
Lt. Atap	16	Top	15.558	3.011
Lt. 4	12	Top	12.781	2.46
Lt. 3	8	Top	8.445	1.615
Lt. 2	4	Top	3.388	0.648
Lt.1	0	Top	0	0

Tabel 3. 2 Nilai Displacement arah Y

Arah Y				
--------	--	--	--	--

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		mm	mm
Rumah Lift	18,5	Top	0.607	12.807
Lt. Atap	16	Top	0.577	12.155
Lt. 4	12	Top	0.472	9.937
Lt. 3	8	Top	0.313	6.517
Lt. 2	4	Top	0.123	2.56
Lt.1	0	Top	0	0

Contoh perhitungan perpindahan antar lantai pada lantai 2 arah X:

$\delta X_{e2} = 3,388 \text{ mm}$
 $\Delta = \delta \times \frac{5,5}{1,5} = 3,388 \times \frac{5,5}{1,5} = 12,42 \text{ mm}$
 $\Delta X_2 < \Delta_{max} = 12,42 < \frac{0,010hsx}{1,3}$
 $= 12,42 < \frac{0,010(4000)}{1,3}$
 $= 12,42 < 30,769 \text{ (OK)}$

Contoh perhitungan perpindahan antar lantai pada lantai 3 arah X:

$\delta X_{e3} = 8,445 \text{ mm}$
 $\Delta = \delta \times \frac{5,5}{1,5} = 8,445 \times \frac{5,5}{1,5} = 30,97 \text{ mm}$
 $\Delta X_{e3} = 12,42 - 30,97 \text{ mm} = 18,542 \text{ mm}$
 $\Delta X_2 < \Delta_{max} = 18,542 < \frac{0,010hsx}{1,3}$
 $= 18,542 < \frac{0,010(4000)}{1,3}$
 $= 18,542 < 30,769 \text{ (OK)}$

Sehingga, didapatkan hasil seperti berikut:

Tabel 3. 3 Nilai Story Drift Arah X

ARAH X							
STORY	h (m)	Δh (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	Δx (mm)	Δa/ρ (mm)	STATUS
Rumah Lift	18,5	2500	16.249	59.58	2.534	19.231	Oke
Lantai Atap	16	4000	15.558	57.05	10.182	30.769	Oke
Lantai 4	12	4000	12.781	46.86	15.899	30.769	Oke
Lantai 3	8	4000	8.445	30.97	18.542	30.769	Oke
Lantai 2	4	4000	3.388	12.42	12.423	30.769	Oke
Lantai 1	0	4000	0.000	0.00	0.000	30.769	Oke

Tabel 3. 4 Nilai Story Drift Arah Y

ARAH Y							
STORY	h (m)	Δh (mm)	δxe (mm)	δy (mm)	Δy (mm)	Δa/ρ (mm)	STATUS
Rumah Lift	18,5	2500	12.807	46.96	2.391	19.231	Oke
Lantai Atap	16	4000	12.155	44.57	8.133	30.769	Oke
Lantai 4	12	4000	9.937	36.44	12.540	30.769	Oke
Lantai 3	8	4000	6.517	23.90	14.509	30.769	Oke

Lantai 2	4	4000	2.560	9.39	9.387	30.769	Oke
Lantai 1	0	4000	0.000	0.00	0.000	30.769	Oke

Berdasarkan hasil yang sudah didapatkan, simpangan antar lantai yang paling besar terjadi di arah X dengan nilai sebesar 18,542 mm yang terjadi pada lantai 2 ke 3 dan masih memenuhi batas dari simpangan antar lantai.

Gaya Geser

Berdasarkan output ETABS, berikut ini merupakan nilai gaya geser yang terjadi:

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kN	FY kN	FZ kN
Ex	LinRespSpec	Max		3392,0437	83,0141	0
Ey	LinRespSpec	Max		81,3589	3391,9171	0
Sx	LinStatic	Step By Step	1	-3391,8943	0	0
Sx	LinStatic	Step By Step	2	-3391,8943	0	0
Sx	LinStatic	Step By Step	3	-3391,8943	0	0
Sy	LinStatic	Step By Step	1	0	-3391,8943	0
Sy	LinStatic	Step By Step	2	0	-3391,8943	0
Sy	LinStatic	Step By Step	3	0	-3391,8943	0

Gambar 3.10 Gaya Geser Gedung

Sumber: Pribadi

Berdasarkan nilai tersebut, dapat diketahui bahwa, nilai gaya geser yang terjadi pada struktur tersebut sudah memenuhi persyaratan nilai $V_d > 100\% V_s$, sesuai dengan SNI.

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya yang dihitung pada perencanaan struktur gedung ini adalah rencana pekerjaan struktur baja. Harga alat, upah, dan bahan yang digunakan adalah harga satuan alat, upah, dan bahan daerah Jember tahun 2024. Sebelum memperoleh rencana anggaran biaya, diperlukan beberapa aspek sebagai berikut:

1. Menghitung *Bill Of Quantity*

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	KOEF	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,0600	Rp 110.000,00	Rp 6.600,00
	Tukang Las	OH	0,06	Rp 121.000,00	Rp 7.260,00
	Kepala Tukang	OH	0,01	Rp 148.000,00	Rp 888,00
	Mandor	OH	0,003	Rp 158.000,00	Rp 474,00
	Jumlah Harga Tenaga Kerja				Rp 15.222,00
B	BAHAN				
	Baja H	Kg	1,150	Rp 21.000,00	Rp 24.150,00
	Jumlah Harga Bahan				Rp 24.150,00
C	PERALATAN				
	Jumlah Harga Peralatan				
D	Jumlah Harga Tenaga Bahan dan Peralatan (A+B+C)				Rp 39.372,00
E	Overhead + Profit (15%)				Rp 5.905,80
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				Rp 45.277,8

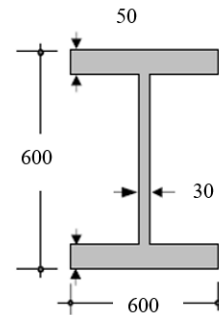
Gambar 3.12 Hasil Analisa Harga Satuan Pekerjaan 1 Kg Baja Profil H

3. Hasil Perencanaan Anggaran

Rencana anggaran biaya merupakan rencana kebutuhan biaya yang harus dianggarkan untuk melaksanakan item pekerjaan konstruksi. Besarnya biaya yang dianggarkan diperoleh dari perkalian antara volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan termasuk pajak. AHSP yang digunakan

Bill of Quantity merupakan jumlah kuantitas pada setiap item pekerjaan yang akan dikerjakan. Berikut merupakan penyusunan *Bill of Quantity* hasil perencanaan gedung di daerah Jember.

Contoh sampel pada kolom lantai 1



Gambar 3.11 Dimensi Penampang Kolom

Dimensi profil = H 600x600x30x50

Tinggi kolom = 4 m

Jumlah kolom = 52 kolom

Kuantitas = tinggi x jumlah x berat profil
 = 4 m x 52 x 2064 kg/m
 = 429312 kg

2. Menentukan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Analisa harga satuan mengacu pada Permen PUPR No.28 tahun 2016. Harga satuan pekerjaan terdiri dari biaya langsung yang meliputi upah, bahan, serta alat dan biaya tidak langsung meliputi overhead, biaya overhead belum termasuk pajak yang harus dibayarkan. Menurut Permen PUPR No.28 Tahun 2016 menyatakan bahwa biaya overhead tidak boleh melebihi 15% dari biaya langsung.

berdasarkan AHSP Wilayah Jember, namun terdapat beberapa pekerjaan yang tidak ada dalam AHSP wilayah tersebut, sehingga sebagai alternatif, digunakan analisa pribadi berdasarkan harga dari *supplier*. Berikut ini merupakan rekapitulasi rencana anggaran biaya untuk perencanaan struktur gedung baja di Jember:

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA GEDUNG KAB. JEMBER					
NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
1	Pekerjaan Lantai				
a	Floordeck	m ²	51651	Rp 273.985,73	Rp 14.151.636.769,78
b	Wiremesh	Kg	158323,54	Rp 100.500,42	Rp 15.911.582.109,48
c	Ready mix	m ³	783	Rp 1.251.095,61	Rp 979.607.864,17
2	Pekerjaan Kolom				
a	H600x600x30x50	Kg	2304084	Rp 45.277,80	Rp 104.323.876.268,54
3	Pekerjaan Balok				
a	B. Induk WF550x300x12x25	Kg	48233,4	Rp 45.277,80	Rp 2.183.902.238,52
b	B. Anak WF 350x175x7x11	Kg	15897,2	Rp 29.931,89	Rp 475.833.241,71
4	Pekerjaan Sambungan				
	Baut Ø22, A325	bh	5864	Rp 29.931,89	Rp 175.520.602,96
	Anchor Ø36, A325	bh	448	Rp 45.229,80	Rp 20.262.950,40
					Rp 138.222.222.045,56
TOTAL					Rp138.222.222.045,56
PPN 10%					Rp 13.822.222.204,56
TOTAL + PPN 10%					Rp 152.044.444.250
PEMBULATAN					Rp 152.044.445.000

Gambar 3.13 Rencana Anggaran Biaya

4. KESIMPULAN

Berdasarkan modifikasi perencanaan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Hasil perencanaan struktur didapatkan sebagai berikut:
 - a. Plat lantai komposit memiliki tebal 120 mm dengan tebal floordeck 0,70 mm dan tulangan wiremesh Ø10-150 mm.
 - b. Kolom dengan dimensi profil H600x600x30x50, dengan
 - c. Balok induk yaitu WF550x300x12x25 untuk seluruh lantai, serta balok anak dengan dimensi WF300x150x9x14 untuk keseluruhan lantai.
 - d. Desain sambungan menggunakan software IdeaStatica dengan 6 macam jenis sambungan, yaitu sambungan 1 pada balok induk-kolom dengan total 48 baut Ø22, sambungan 2 pada balok induk balok anak dengan total 8 baut Ø22, sambungan 3 pada kolom balok sudut dengan total 10 baut Ø22, sambungan 4 pada kolom-balok induk (sumbu kuat) dengan total 24 baut Ø22, sambungan 5 pada base plate dengan total 8 baut Ø36.
2. Berdasarkan performa struktur setelah proses running dan analisis, berikut ini merupakan hasil analisisnya:
 - a. Periode struktur pada arah X dan Y sebesar 0,747 s
 - b. Simpangan antar lantai yang di dapatkan pada arah X dan Y, nilai rata-rata story drift pada struktur ini adalah 9,4 mm di arah X, sementara 7,33 mm di arah Y
3. Rencana anggaran biaya untuk perencanaan struktur gedung baja yang terdiri dari kolom, balok, pelat dan sambungan sebesar Rp152.044.445.000

- [1] SNI 1727:2020 (2020) Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [2] SNI 1726:2019 (2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [3] Bahruddin, I., Syam, M. A., & Rahman, A. (2019). Analisis Kinerja Struktur Baja terhadap Beban Gempa. Jurnal Konstruksi, 8(1), 45–52.
- [4] Salmon, C. G., Johnson, J. E., & Malhas, F. A. (2009). Steel Structures: Design and Behavior (5th ed.). Pearson Education.
- [5] Priestley, M. J. N., Seible, F., & Calvi, G. M. (1996). Seismic Design and Retrofit of Bridges. John Wiley & Sons.
- [6] Putra, R. A., Nurhadi, I., & Santoso, R. (2021). Studi Pushover pada Kolom Baja WF dengan Beban Gempa. Jurnal Teknik Sipil, 28(3), 145–152.
- [7] Rahardjo, S. & Wibowo, A. (2020). Evaluasi Desain Kolom Baja dengan Konsep Strong Column Weak Beam pada Bangunan Tahan Gempa. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil.
- [8] Sari, A. F., Wibowo, A., & Nugroho, A. (2021). Eksperimen Balok Baja Kompak dalam Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Jurnal Struktur dan Konstruksi, 9(2), 122–130.
- [9] Setiawan, T., & Tavio. (2020). Pengaruh Panjang Bebas Balok terhadap Tekuk Lateral-Torsi. Jurnal Teknik Sipil ITS, 19(1).
- [10] Nie, Jianguo & Jiaji, Wang & Gou, Shuangke & Zhu, Yaoyu & Fan, Jiansheng. (2018). Technological development and engineering applications of novel

DAFTAR PUSTAKA

steel-concrete composite structures. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*. 13.

- [11] Rahnavard, Rohola & Thomas, Robert. (2018). Numerical Evaluation of the Effects of Fire on Steel Connections; Part 1: Simulation Techniques. *Case Studies in Thermal Engineering*. 12.
- [12] Astaneh-Asl, Abolhassan & Qian, Xin. (2016). Development of a high-performance steel plate shear wall system. *International Journal of Earthquake and Impact Engineering*. 1. 57.
- [13] K. Ohi, X.G. Lin. (1998). Pseudo-Dynamic Tests and Analysis on Semi-Rigidly Jointed Steel Frames. *Stability and Ductility of Steel Structures (SDSS'97)*. 131-140.
- [14] Dewobroto, Wiryanto. (2015). *Struktur Baja - Perilaku, Analisis & Desain - AISC 2010*.
- [15] Sampakang, dkk. 2013. Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Komponen Balok-Kolom dan Sambungan Struktur Baja Gedung BPJN XI. *Jurnal Sipil Statik Vol.1No.10:653-663*. Manado
- [16] Moestopo, Muslinang. (2007). Seminar Dan Pameran Haki 2007 - Konstruksi Tahan Gempa Di Indonesia Beberapa Ketentuan Baru Mengenai Desain Struktur Baja Tahan Gempa.
- [17] Prasetyo, Totok Andi, dkk (2024). Perencanaan Struktur Baja Bangunan Bertingkat: Special Moment Frames dan Sambungan Terpraktualifikasi.
- [18] Bhoite, Rahul & Patil, Seema & Pote, Nilima. (2021). Numerical Study on Seismic Behaviour of Stiffened Steel Plate Shear Wall. 9. 6.
- [19] Riantama, A., & Koespiadi. (2018). Analisis Pola Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pada Proyek Pembangunan Pergudangan Berdasarkan Hspk Kota Mojokerto