

Journal homepage: <http://jurnal.polinema.ac.id/>

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR HOTEL DI LUMAJANG MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN

Ahmad Fakhi Zukhruf Aulana¹, Kartika Purwitasari²

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{1,2}

ahmadfakhi69@gmail.com¹, kartika.purwitasari@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Hotel di Lumajang dibangun untuk mendukung potensi wisata alam setempat, namun menghadapi kendala berupa struktur yang kompleks dan keterbatasan lahan yang memengaruhi kekuatan serta kestabilan bangunan. Penelitian ini bertujuan memodifikasi desain struktur agar memenuhi kriteria kekuatan, stabilitas, dan ketahanan gempa, selain itu untuk memperoleh hasil parameter desain (ragam getar, periode, dan simpangan antar tingkat). Peraturan yang digunakan adalah SNI 2847-2019, SNI 1727-2020, dan SNI 1726-2019. Metode yang dipakai adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan analisis struktur menggunakan perangkat lunak ETABS Versi Percobaan. Dari hasil perencanaan diperoleh: Balok didesain 4 tipe dengan variasi dimensi dan penulangan sesuai beban. Contohnya, balok utama B2 (600x800 mm) menggunakan tulangan tumpuan 9S22 atas, 6S22 bawah, dan sengkang 4S13-100 (tumpuan), 4S13-150 (lapangan). Pelat lantai dan tangga tebal 130 mm; pelat lantai bertulangan lapangan S10-200 dan tumpuan S10-150 (arah x dan y), sedangkan pelat tangga bertulangan lapangan S10-150 dan tumpuan S10-100. Kolom didesain 12 tipe dengan variasi dimensi dan penulangan. Ukuran bervariasi dari besar hingga kecil. Contohnya dengan dimensi terbesar, K1-1 (1000x1300 mm) menggunakan tulangan utama 32S25 dengan sengkang 6S13-100 dan 6S13-150. Nilai parameter desain gempa yang diperoleh adalah: Kategori Risiko II dengan Faktor Keutamaan (I_e) 1,00 dan klasifikasi situs SD (Tanah Sedang), $S_s = 0,8897$ g, $SDS = 0,68$ g, dan $SD1 = 0,52$ g. Struktur mengalami translasi arah X pada ragam 1 dan arah Y pada ragam 2. Periode maksimum (T_{max}) = 1,4513 detik, dengan periode desain $T_x = 1,141$ detik dan $T_y = 1,071$ detik. Kontrol simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat dimana simpangan terbesar arah X = 47,905 mm kurang dari batas izin = 52,307 mm dan simpangan terbesar arah Y = 36,525 mm kurang dari batas izin = 52,307 mm

Kata kunci : Modifikasi, konfigurasi denah, SNI, Struktur Gedung

ABSTRACT

The Hotel in Lumajang was constructed to support the region's ecotourism potential, but it faces challenges due to its complex structural system and limited land area, which affect both the strength and stability of the building. This study aims to modify the structural design to meet the criteria of strength, stability, and seismic resistance, as well as to obtain key design parameters (mode shapes, periods, and story drifts). The design follows the standards SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, and SNI 1726:2019. The structural system employed is a Special Moment Resisting Frame (SMRF), and the analysis was carried out using the ETABS Trial Version software. The results of the design are as follows: the beams are designed in four types with varying dimensions and reinforcement according to the applied loads. For instance, the main beam B2 (600x800 mm) is reinforced with 9D22 top bars and 6D22 bottom bars, with stirrups of 4D13-100 mm spacing at the supports and 4D13-150 mm spacing in the span. The floor slabs and stairs are 130 mm thick; floor slabs are reinforced with D10-200 mm in the span and D10-150 mm at the supports in both X and Y directions, while stair slabs are reinforced with D10-150 mm in the span and D10-100 mm at the supports. Twelve types of columns are designed with variations in size and reinforcement. Dimensions vary from large to small. For example, the largest column, K1-1 (1000x1300 mm), uses 32D25 longitudinal bars with stirrups of 6D13-100 mm and 6D13-150 mm spacing. The obtained seismic design parameters are: Risk Category II with Importance Factor (I_e) = 1.00, and Site Class SD (Medium Soil); $S_s = 0.8897$ g, $SDS = 0.68$ g, and $SD1 = 0.52$ g. The structure exhibits translational motion in the X-direction for mode 1 and Y-direction for mode 2. The maximum fundamental period (T_{max}) is 1.4513 seconds, with directional periods $T_x = 1.141$ seconds and $T_y = 1.071$ seconds. The story drift control requirements are satisfied, with the maximum drift in the X-direction being 47.905 mm (less than the allowable limit of 52.307 mm), and in the Y-direction being 36.525 mm (less than the allowable limit of 52.307 mm).

Keywords : Modification, plan configuration, SNI, Building Structure

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Lumajang, Jawa Timur, dikenal sebagai daerah yang kaya akan potensi wisata alam. Lumajang punya ratusan destinasi wisata yang cukup diunggulkan, pun ribuan wisatawan datang setiap bulannya ke daerah di lereng Semeru ini. Sayangnya selama ini ketersediaan penginapan khususnya hotel berskala internasional belum ada.

Hotel di Lumajang dibangun untuk mendukung potensi wisata alam setempat, namun menghadapi kendala berupa struktur yang kompleks dan keterbatasan lahan yang memengaruhi kekuatan serta kestabilan bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi desain struktur agar memenuhi kriteria kekuatan, stabilitas, dan ketahanan terhadap gempa. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk memperoleh parameter desain, seperti ragam getar, periode, dan simpangan antar tingkat. Peraturan yang digunakan dalam perancangan meliputi SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 1726:2019. Dalam perancangan ini digunakan tipe struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dengan analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS V.21 *Trial Version*.

2. METODE

Adapun rencana yang digunakan dalam tahapan penelitian ini dimulai dari perhitungan desain awal (*preliminary design*) pada pelat, balok, dan kolom untuk memperkirakan dimensi awal berdasarkan gambar struktur dan arsitektur. Penggambaran gambar arsitektural dan struktural menggunakan software BIM karena kelebihanannya dalam meningkatkan akurasi perencanaan, mitigasi resiko konstruksi, serta merencanakan seluruh siklus konstruksi [Wahiddin et al., 2023]. Selanjutnya dilakukan pemodelan struktur tiga dimensi (3D) menggunakan perangkat lunak ETABS V.21 *Trial Version*. Tahap berikutnya adalah evaluasi struktur, dan yang terakhir adalah desain elemen struktur.

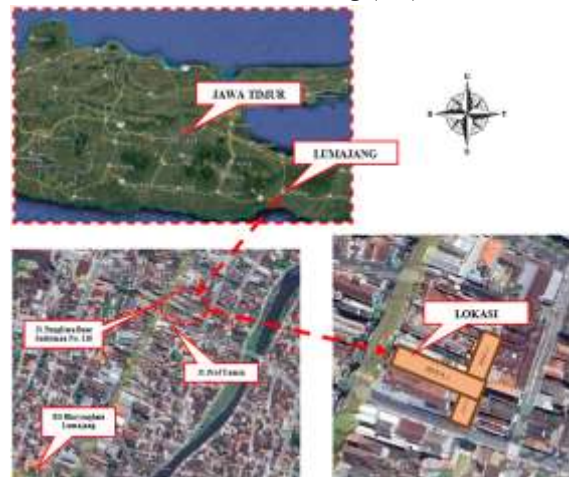
Secara garis besar dalam analisis struktur bangunan ini menggunakan metode sebagai berikut.

- 1) Untuk sistem lateral struktur, perhitungannya memakai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- 2) Elemen-elemen yang termasuk dalam perencanaan struktur beton adalah pelat lantai, balok, kolom, dan tangga.
- 3) Peraturan yang digunakan untuk perancangan struktur beton bertulang adalah SNI 1726:2019.
- 4) Pedoman perencanaan ketahanan gempa bangunan gedung berlandaskan pada SNI 1727:2020.
- 5) Untuk menentukan beban minimum dalam perancangan bangunan gedung, mengacu pada SNI 2847:2019.
- 6) Metode RSA diterapkan untuk menganalisis respons struktur terhadap gaya gempa.

Data Umum Gedung

Data umum gedung yang dipakai dalam pemodelan disajikan berikut ini.

1. Nama gedung: Hotel di Lumajang
2. Fungsi gedung: Hotel atau Hunian
3. Lokasi gedung: Kec. Lumajang, Kab. Lumajang, Jawa Timur 67316.
4. Tipe struktur: Konstruksi Beton Bertulang
5. Klasifikasi situs: Tanah Sedang (SD)



Gambar 2.1 Lokasi Proyek Pembangunan Hotel
Sumber: Google Earth

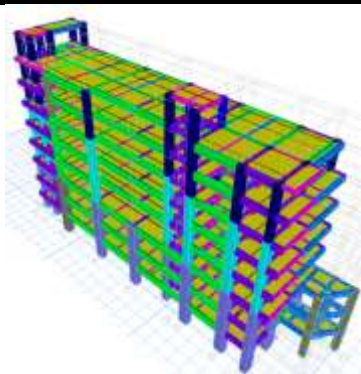
Data Teknis Gedung

Data teknis gedung yang dipakai dalam pemodelan disajikan di bawah ini

1. Luas area : 1350 m²
2. Luas bangunan : 4130 m²
3. Jumlah lantai : 8 Lantai
4. Tinggi per-Lantai : ±3,4 meter
5. Tinggi total bangunan : 31,4 meter
6. Mutu Beton (f'c) : 25 MPa (Balok & Pelat)
30 MPa (Kolom)
7. Mutu Baja (fy) : 280 dan 420 MPa



Gambar 2.2 Tampak Depan Gedung
Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 2.3 Pemodelan 3D Struktur
Sumber: Dokumen Pribadi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

PRELIMINARY DESIGN STRUKTUR

Tahap awal perancangan, atau desain pendahuluan, bertujuan memperkirakan dimensi awal berdasarkan gambar arsitektur dan struktur. Dimensi penampang struktur yang akan diperkirakan yaitu elemen balok, pelat dan kolom. Berikut ini adalah *preliminary design* struktur berdasarkan SNI 2847:2019:

Balok

Contoh perhitungan *preliminary design* balok utama, Panjang grid balok yang ditinjau $L = 600$ cm

$$\begin{aligned} \text{Tinggi B1} &= \frac{L}{12} \\ &= \frac{600}{12} \\ &= 35 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar B1} &= \frac{2}{3} \cdot \text{Tinggi} \\ &= \frac{2}{3} \cdot 35 \\ &= 25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Didapatkan dimensi Balok (B1) 25/35cm

Contoh perhitungan *preliminary design* balok anak, Panjang grid balok yang ditinjau $L = 507,5$ cm

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Ba1} &= \frac{L}{16} \\ &= \frac{507,5}{16} \\ &= 31,71 \approx 35 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Ba1} &= \frac{2}{3} \cdot \text{Tinggi} \\ &= \frac{2}{3} \cdot 35 \\ &= 25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Didapatkan dimensi Balok (Ba1) 25/35cm

Tabel 3.1 Rekapitulasi Awal Dimensi Balok

Tipe Balok	L balok (cm)	b (cm)	h (cm)
B1	600	25	35

Tipe Balok	L balok (cm)	b (cm)	h (cm)
B2	1049,3	50	75
Ba1	507,5	25	35
Ba2	792,5	35	50

Sumber: Hasil Analisis

Pelat

Berdasarkan gambar rencana, pelat yang ditinjau merupakan pelat dengan luas terbesar. Berikut ini adalah rekapitulasi luas pelat terbesar dari setiap lantai.

Tabel 3.2 Rekapitulasi luasan pelat dari luasan maksimal setiap lantai

Rekapitulasi		
Lantai	Luas (mm ²)	Luas Max (mm ²)
1	17255875	
2	20618683.54	
3	25605695.46	
4	25605695.46	25605695.5
5,6,7	25605695.46	
Rooftop 1	25605695.46	
Rooftop2	17290000	

Sumber: Hasil Analisis

Dari tabel tersebut pelat dengan luas terbesar terdapat pada Lantai 3, 4, 5, 6, 7, dan Rooftop 1. Untuk pelat yang ditinjau adalah pelat lantai 3 dengan dimensi $L_y = 4775$ mm dan $L_x = 3875$ mm, agar mempermudah perhitungan dimensi pelat dibulatkan menjadi 4800.

$$\begin{aligned} h &= L / 40 \\ &= 4800 / 40 \\ &= 128,042 \text{ mm} > 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ketebalan pelat ditetapkan sebesar 130 mm.

Kolom

Rumus pendekatan yang digunakan untuk menentukan dimensi kolom yaitu dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Ag perlu} &= \frac{P_u}{0,2 f_c'} \\ &= \frac{4658,74}{0,2 \times 0,030} = 776455,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$b \times h > \text{Ag perlu}$$

Berikut ini adalah rekapitulasi hasil *preliminary desain* dari kolom:

Tabel 3.3 Rekapitulasi Awal Dimensi Kolom

Tipe Kolom	b (mm)	h (mm)	Ag hitung (mm ²)	Ag perlu (mm ²)	Cek
K1	800	1000	80000	776455	Oke
K2	950	950	902500	901956	Oke
K3	550	900	450000	449923	Oke
K4	750	750	562500	549691	Oke
K5	650	750	487500	486220	Oke

Sumber: Hasil Analisis

PERHITUNGAN PEMBEBANAN

Beban mati

Berat sendiri struktur bangunan suatu Gedung (DL) merupakan berat sendiri struktur yang diambil pada *software* ETABS V.21 *Trial Version*. Selain itu ada beban mati tambahan yaitu sebagai berikut ini:

Beban pelat lantai:

Keramik (13 mm) dll.	= 0,77	kN/m ²
Plaffond + Penggantung	= 0,172	kN/m ²
Instalasi MEP	= 0,19	kN/m ² +
Total (SDL)	= 1,132	kN/m ²

Beban garis pada balok:

Pas. Dinding bata ringan	= 6,732 kN/m ²
Plesteran	= 0,016 kN/m ² +
Total (SDL)	= 6,748 kN/m ²

Beban Pada Langit-Langit atau plat atap (SDL)

Plaffond + Penggantung	= 0,172 kN/m ²
Waterproofing	= 0,26 kN/m ²
Instalasi MEP	= 0,19 kN/m ² +
Total (SDL)	= 0,622 kN/m ²

Beban AC (LG MULTI V I ARUN200LTE6)

Berat komponen AC = 263 kg

Panjang = 1,240 m

Lebar = 1,745 m

Tinggi = 1,745 m

Luas = 2,1638 m²

Hitung beban AC

$$F = m \times A$$

$$m = 263 \text{ kg}$$

$$a = 10 \text{ g/s}^2$$

$$F = 263 \times 10 = 2000 \text{ N} = 2 \text{ kN}$$

$$\text{SDL} = F / \text{luas} = 2 / 2,1638 = 1,215 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 3.1 Brosur AC LG MULTI V I ARUN200LTE6
Sumber: Brosur AC LG MULTI V I ARUN200LTE6

Beban Lift (Merk Fujitec)

Mengacu pada data resultan gaya (R) dari brosur lift Fujitec, pembebanan pada ruang mesin lift diinput ke ETABS V.21 *Trial Version* sebagai beban terpusat yang bekerja pada balok struktur lift. Ilustrasi skema pembebanan pada balok lift dapat dilihat di Gambar.

Ukuran = 2430 mm × 2350 mm

Machine room reaction

R1 = 106 kN R2 = 56 kN

Lift 2

Ukuran = 2480 mm × 2180 mm

Machine room reaction

R1 = 115 kN R2 = 64 kN

Lift 3

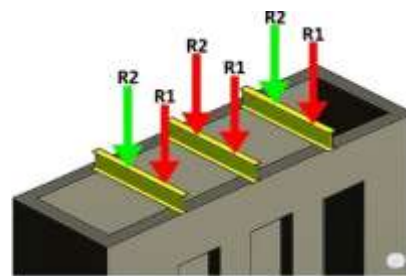
Ukuran = 1490 mm × 2180 mm

Machine room reaction

R1 = 40 kN R2 = 25 kN

Counterweight at the rear										
Capacity (kg)	Speed (m/s)	Opening Size (mm)	Car Inside A x B (mm)	Opening W x H (mm)	Roostway A x B (mm)	Machine Room Size (mm)	PK Depth (mm)	Overhead (mm)	Machine room reaction (kN)	
									R1	R2
1000	1	200	2000x1700	1100x2100	2400x2350	2400x2350x2200	1200	2000	106	56
	1.5						1300	4030		
	1.75						1300	4080		
	2						1300	4170		
	2.5						1300	4270		
	3	2400x2350	2400x2350x2200	1300	4300					
	3.5	2400x2350	2400x2350x2200	1300	4370					
	4	2400x2350	2400x2350x2200	1300	4470					
	5	2400x2350	2400x2350x2200	1300	4570					
	1200	1.75	300	2000x1800	1100x2100	2400x2350	2400x2350x2200	1100	1700	60
2	1200	3600								
2.5	1200	3650								
3	1200	3700								
3.5	1200	3750								
4	2400x2350	2400x2350x2200	1200	3800						
400	1.75	100	1000x1200	800x1200	1400x1800	1400x1800x2200	500	1100	40	25
2	500						2200			
2.5	500						2250			
3	500						2300			
3.5	500						2350			
4	1400x1800	1400x1800x2200	500	2400						

Gambar 3.2 Brosur Lift Fujitec
Sumber: Brosur Lift Fujitec



Gambar 3.3 Ilustrasi Beban Lift
Sumber: Dokumen Pribadi

Berikut hasil analisis pembebanan mati pada struktur menggunakan *software* ETABS V.21 *Trial Version*:

Tabel 3.4 Ringkasan Total Beban Mati

Lantai	Beban Mati kN
Rooflootop 2	1042.62
Rooflootop 1	4862.07
Story 7	6769.46
Story 6	6987.24
Story 5	6987.24
Story 4	7314.90
Story 3	8017.42
Story 2	7288.53
Story1	7458.26
Semi Basement	1200.08

Sumber: Dokumen Pribadi

Beban hidup

Beban hidup yang digunakan diambil berdasarkan dari SNI 1727:2020, setelah itu dimasukkan ke dalam aplikasi analisis struktur. Beban hidup yang digunakan adalah sebagai berikut:

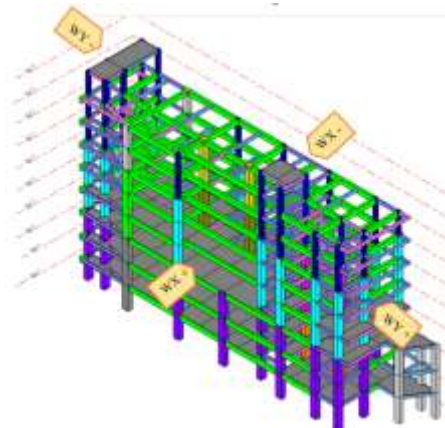
Tabel 3.5 Beban hidup yang dipakai dalam model

No	Fungsi Ruangan	Beban
1	Kamar Hotel	1,92 kN/m ²
2	Lobby	4,79 kN/m ²
3	Ruang pertemuan lainnya	4,79 kN/m ²
4	Koridor Lantai pertama	4,79 kN/m ²
5	Koridor di atas lantai pertama	2,87 kN/m ²
6	Balkon	4,79 kN/m ²
7	Ruang panel	4,79 kN/m ²
8	Atap datar, berbubung, dan lengkung	0,96 kN/m ²
9	Tangga dan jalan keluar	4,79 kN/m ²
10	Toilet	2,87 kN/m ²
11	Beban Atap	0,96 kN/m ²
12	Beban Air Hujan	0,49 kN/m ²

Sumber : SNI 1727:2020

Beban Angin

Beban angin yang dipakai dalam perencanaan gedung ini mengacu pada SNI 1727:2020. Berikut adalah ilustrasi beban angin pada gedung:

**Gambar 3.4** Ilustrasi Beban Angin Pada Gedung

Sumber: Dokumen Pribadi

Berikut contoh hasil analisis pembebanan beban angin datang WX dan WY.

Tabel 3.6 Rekapitulasi Beban Angin datang

Lantai	Elevasi (m)	P(kN/m ²)
Semi basement	0	-0.020
Lantai 1	3.85	-0.020
Lantai 2	7.25	-0.023
Lantai 3	10.95	-0.026
Lantai 4	14.35	-0.028
Lantai 5	17.75	-0.029
Lantai 6	21.15	-0.031
Lantai 7	24.55	-0.032
Rooftop 1	27.95	-0.033
Rooftop 2	31.4	-0.036

Sumber: Hasil Analisis

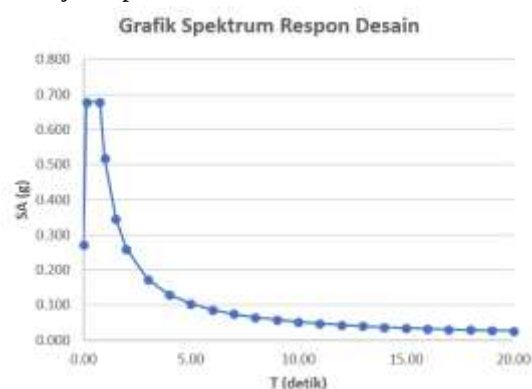
Beban Gempa

Berdasarkan hasil pengujian SPT yang menunjukkan klasifikasi situs tanah sedang (SD), parameter desain dan geser dasar beban gempa untuk struktur Gedung ditetapkan dengan kategori risiko II dan faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1.

Respons spektrum desain

$$S_s = 0,8897 \text{ g} \quad S_1 = 0,4121 \text{ g}$$

Berdasarkan nilai parameter yang diperoleh, grafik spektrum desain disajikan pada Gambar berikut:

**Gambar 3.5** Grafik Respon Spektrum

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan SNI 1726:2019, parameter struktur SRPMK adalah sebagai berikut:

- Koefisien modifikasi respon (R) : 8
- Faktor kuat lebih sistem (Ω_0^b) : 3
- Faktor pembesaran defleksi (C_{dc}) : 5,5

Perhitungan dan parameter gaya lateral ekuivalen yang dipakai adalah sebagai berikut:

$$T_a = 1,037 \text{ detik}; T_{\max} = 1,4513 \text{ detik}$$

$$T_x = 1,141 \text{ detik}; T_y = 1,071 \text{ detik}$$

Gaya dasar seismik (V) SRPMK

$$S_{DS} = 0,678 \text{ g}; S_1 = 0,4121 \text{ g}; I_e = 1; R = 8$$

Berdasarkan data di atas, diperoleh:

$$C_{S_{\min}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,0298$$

$$C_{S_{\max}} = \frac{S_{D1}}{T_a \frac{R}{I_e}} = 0,0848$$

$$C_s \text{ hitung} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = 0,0848$$

$$C_{S_{\text{pakai}}} = 0,0848$$

Berdasarkan analisis koefisien respons seismik (C_s) dan berat seismik efektif (W), sesuai ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 8.7.3 yang mensyaratkan (W) menyertakan semua beban mati dan beban lain, diperoleh gaya geser dasar seismik (V) senilai 5206,30 kN.

Skala Gaya Terhadap Beban Gempa Statik – Dinamik

Mengacu pada Pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019, apabila nilai gaya geser dasar dari analisis respons modal (V_t) tidak mencapai 100% dari gaya geser dasar hasil analisis statik ekuivalen (V), maka nilai tersebut harus dikalibrasi dengan faktor pengali V/V_t .

$$g = 9,80665 \text{ m/s}^2$$

$$R = 8$$

$$I_e = 1,0$$

$$\text{Faktor Skala Awal (SF)} = \frac{g}{R/I_e} = \frac{9,80665}{8/1}$$

$$= 1,125 \text{ m/s}^2$$

Setelah diperoleh nilai faktor skala awal, langkah berikutnya adalah menghitung nilai faktor skala yang baru untuk masing-masing arah.

$$\text{New Scale Factor} = \frac{V}{V_t}$$

Perhitungan skala arah X

$$V_{\text{statik}} = 5206,30 \text{ kN}$$

$$V_{t \text{ spektrum}} = 4463,35 \text{ kN}$$

$$\text{Scale Factor} = \frac{5206,30}{4463,35} = 1,166455689$$

Perhitungan skala arah Y

$$V_{\text{statik}} = 5206,30 \text{ kN}$$

$$V_{t \text{ spektrum}} = 4723,8592 \text{ kN}$$

$$\text{Scale Factor} = \frac{5206,30}{4723,8592} = 1,102128530$$

The screenshot shows the 'Base Reactions' window in ETABS. It displays two tables: one for static reactions (EQx, EQy, EQz) and one for dynamic reactions (Spekta Ex, Spekta Ey, Spekta Ez). The static reactions are for cases 1, 2, and 3, all showing a value of -5206.3022 kN. The dynamic reactions are for case 3, showing values of 288.7087 kN for Spekta Ex and 5206.3022 kN for Spekta Ey.

Gambar 3.6 Base Reactions Beban Gempa Statik Dan Dinamis
Sumber: Dokumen Pribadi

Parameter respons terkomposisi

SNI 1726 tahun 2019 pasal 7.9.1.4.1 menyebutkan bahwa Nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam.

Berikut ini adalah perhitungan *Modal Periods and Frequencies* untuk menentukan metode SRSS atau CQC.

Tabel 3.7 Perhitungan *Modal Periods and Frequencies*

Case	Mode	Period (Sec)	selisih (%)
Modal	1	1.141	6.13%
Modal	2	1.071	8.50%
Modal	3	0.98	62.35%
Modal	4	0.369	3.79%
Modal	5	0.355	9.58%
Modal	6	0.321	36.76%
Modal	7	0.203	1.97%
Modal	8	0.199	12.06%
Modal	9	0.175	16.57%

Case	Mode	Period (Sec)	selisih (%)
Modal	10	0.146	3.42%
Modal	11	0.141	17.73%
Modal	12	0.116	0.00%

Sumber: Hasil Analisis

Dari tabel tersebut pada perhitungan selisih apabila dijumlahkan dan di cari rata-ratanya adalah: $\frac{178,87\%}{12} = 14,91\% < 15\%$ yang artinya struktur dengan waktu getar alami yang berjauhan dan digunakan metode CQC.

Evaluasi jumlah ragam

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.1 mengenai jumlah ragam, analisis harus dilakukan untuk menetapkan mode getar alami suatu struktur. Analisis ini harus mencakup jumlah mode yang cukup untuk memastikan partisipasi massa gabungan mencapai 100% dari massa keseluruhan struktur.

Hasil analisis menggunakan perangkat lunak ETABS V.21 Trial Version menunjukkan bahwa jumlah ragam telah melampaui 90%, sehingga memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Evaluasi jumlah ragam ini bertujuan untuk mengukur seberapa besar kontribusi massa seluruh struktur terhadap respons gempa.

The screenshot shows the 'Modal Participating Mass Ratios' window in ETABS. It displays a table with columns for Case, Mode, Period (sec), X, Y, Z, and MassX, MassY, MassZ. The table shows the mass participation ratios for modes 1 through 12. The mass participation ratios for modes 1 through 12 are: 0.7209, 0.7247, 0.7251, 0.7252, 0.7253, 0.7254, 0.7255, 0.7256, 0.7257, 0.7258, 0.7259, 0.7260.

Gambar 3.7 Modal Participating Mass Ratios

Sumber: Dokumen Pribadi

Analisis Simpangan Antar Tingkat

Dengan mengontrol simpangan antar tingkat, SNI memastikan bahwa struktur tetap berada dalam batas deformasi yang aman dan tidak mencapai batas keruntuhan getas.

Tabel 3.8 Simpangan Antar Tingkat Arah y

Lantai	h mm	δ_y (mm)	Δ (mm)	Δa	$\Delta a/p$ (mm)	Cek
Rooftop 2	3450	268.7	13.8	69	53.0	OK
Rooftop 1	3400	254.8	19.2	68	52.3	OK
Story 7	3400	235.5	25.9	68	52.3	OK
Story 6	3400	209.6	34.3	68	52.3	OK
Story 5	3400	175.2	41.2	68	52.3	OK
Story 4	3400	133.9	39.8	68	52.3	OK
Story 3	3700	94.0	41.8	74	56.9	OK
Story 2	3400	52.2	33.5	68	52.3	OK
Story1	3850	18.7	18.7	77	59.2	OK

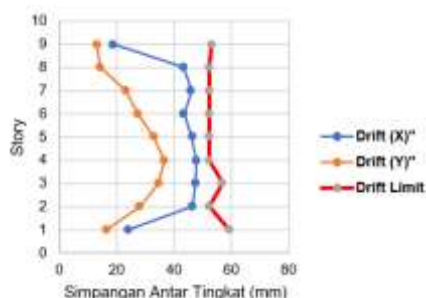
Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3.9 Simpangan Antar Tingkat Arah x

Lantai	h mm	δ_x (mm)	Δ (mm)	Δa	$\Delta a/p$ (mm)	Cek
Rooftop 2	3450	333.1	12.9	69	53.0	OK

Lantai	h mm	δ_x (mm)	Δ (mm)	Δa	$\Delta a/p$ (mm)	Cek
Rooftop 1	3400	320.1	25.1	68	52.3	OK
Story 7	3400	294.9	33.7	68	52.3	OK
Story 6	3400	261.2	43.1	68	52.3	OK
Story 5	3400	218.0	50.8	68	52.3	OK
Story 4	3400	167.1	50.3	68	52.3	OK
Story 3	3700	116.8	53.5	74	56.9	OK
Story 2	3400	63.2	40.9	68	52.3	OK
Story1	3850	22.3	22.3	77	59.2	OK

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 3.8 Grafik Simpangan Antar Tingkat
Sumber: Dokumen Pribadi

Analisis pengaruh P Delta

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.8.7, analisis pengaruh P-Delta bisa diabaikan jika koefisien stabilitas (θ) memiliki nilai kurang dari atau sama dengan 0,1. Perhitungan koefisien stabilitas dapat dilakukan sebagai berikut.

Tabel 3.10 Hasil analisa efek P- Δ arah y

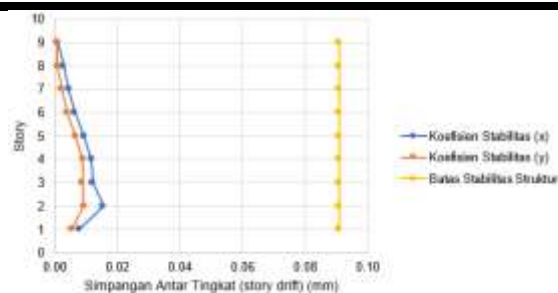
Lantai	h mm	Kum DL + LL	Δ (mm)	Stabilitas Ratio θ_i	θ_{Max}	Cek
Rof 2	3450	1042.63	13.07	0.0007	0.09	OK
Rof 1	3400	5908.98	14.15	0.0009	0.09	OK
Story 7	3400	12971.85	23.20	0.0023	0.09	OK
Story 6	3400	20252.51	27.41	0.0041	0.09	OK
Story 5	3400	27533.16	33.02	0.0067	0.09	OK
Story 4	3400	35141.46	36.53	0.0090	0.09	OK
Story 3	3700	43472.13	34.67	0.0089	0.09	OK
Story 2	3400	51756.56	28.18	0.0094	0.09	OK
Story1	3850	60600.10	16.62	0.0054	0.09	OK

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3.11 Hasil analisa efek P- Δ arah x

Lantai	h mm	Kum DL + LL	Δ (mm)	Stabilitas Ratio θ_i	θ_{Max}	Cek
Rof 2	3450	1042.63	18.79	0.0010	0.09	OK
Rof 1	3400	5908.98	43.26	0.0028	0.09	OK
Story 7	3400	12971.85	46.00	0.0045	0.09	OK
Story 6	3400	20252.51	43.49	0.0065	0.09	OK
Story 5	3400	27533.16	46.24	0.0094	0.09	OK
Story 4	3400	35141.46	47.91	0.0118	0.09	OK
Story 3	3700	43472.13	47.49	0.0122	0.09	OK
Story 2	3400	51756.56	46.31	0.0155	0.09	OK
Story1	3850	60600.10	24.04	0.0078	0.09	OK

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 3.9 Grafik pengaruh P Delta
Sumber : Dokumen Pribadi

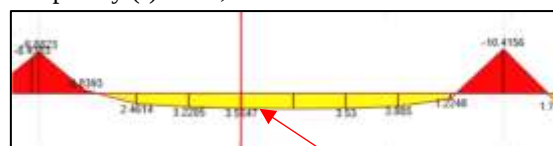
DESAIN ELEMEN STRUKTUR

PELAT

Pelat Lantai

Pelat lantai telah direncanakan dengan ketebalan 130 mm dan selimut beton 30 mm. Berdasarkan analisis struktur, momen berfaktor yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Lapangan x (+) = 10,055 kN.m
- Lapangan y (+) = 3,5547 kN.m
- Tumpuan x (-) = 18,2827 kN.m
- Tumpuan y (-) = 10,4151 kN.m



Gambar 3.10 Output Hasil Analisis Momen Pelat Lapangan Y
(Kombinasi U2)

Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil akhir penulangan pada pelat lantai dapat dilihat sebagai berikut:

Pelat lantai tebal 130 mm; bertulangan lapangan S10-200 dan tumpuan S10-100 (arah x dan y).



Gambar 3.11 Detail penulangan pelat lantai
Sumber: Dokumen Pribadi

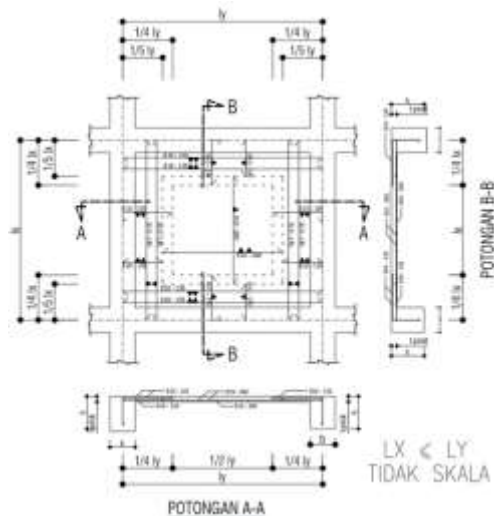
Pelat Lantai Atap

Pelat lantai atap telah direncanakan dengan ketebalan 110 mm dan selimut beton 30 mm. Berdasarkan analisis struktur, momen berfaktor yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Lapangan x (+) = 2,254 kN.m
- Lapangan y (+) = 5,397 kN.m
- Tumpuan x (-) = 3,417 kN.m
- Tumpuan y (-) = 6,490 kN.m

Hasil akhir penulangan pada pelat lantai atap dapat dilihat sebagai berikut:

Pelat lantai atap tebal 110 mm; bertulangan lapangan S10-200 dan tumpuan S10-150 (arah x dan y).



Gambar 3.12 Detail Penulangan Pelat Atap
Sumber: Dokumen Pribadi

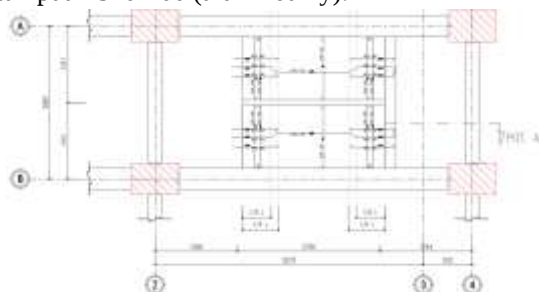
Pelat tangga

Pelat tangga telah direncanakan dengan ketebalan 130 mm dan selimut beton 20 mm. Berdasarkan analisis struktur, momen berfaktor yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Tumpuan = 17,69 kN.m
- Lapangan = 27,07 kN.m

Hasil akhir penulangan pada pelat tangga dapat dilihat sebagai berikut:

Pelat tangga tebal 130 mm; bertulangan lapangan S10-150 dan tumpuan S10-100 (arah x dan y).



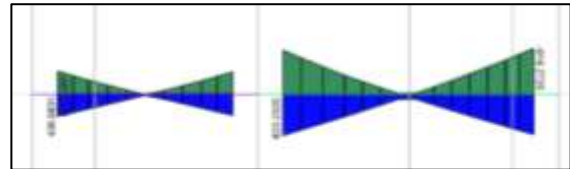
Gambar 3.13 Penulangan Tipikal Tangga
Sumber: Dokumen Pribadi

BALOK

Balok (B1 45/65cm)

Dari hasil analisis statika menggunakan *software* diperoleh data sebagai berikut:

- Mmax lapangan = 290,370 kN.m
- Mmax tumpuan = 439,980 kN.m
- Dki = 293,089 kN
- Dka = 431,348 kN
- Vumax = 293,089 kN

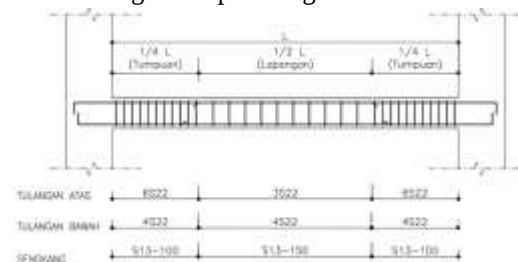


Gambar 3.14 Output Hasil Analisis Balok (Kombinasi U7A)
Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil akhir penulangan pada balok B1 dapat dilihat sebagai berikut:

Tulangan longitudinal: Tumpuan (-) 4S22, Tumpuan (+) 6S22, Lapangan (-) 3S22, Lapangan (+) 4S22. Tulangan sengkang: Tumpuan 3S13-100, Lapangan 3S13-150.

Dibawah ini adalah gambar penulangan balok B1



Gambar 3.15 Detail Penulangan Balok Induk B1
Sumber: Dokumen Pribadi

Berikut merupakan hasil rekapitulasi analisis balok pada semua tipe, dimana momen-momen yang terjadi didapat dari analisis struktur menggunakan *software* ETABS V.21 Trial Version.

Tabel 3.12 Hasil Analisa Tulangan Utama Struktur Balok

Tipe Balok	Tulangan Utama					
	Daerah Tumpuan					
	Tulangan Momen (-)	Tulangan Momen (+)	Mu kN.m	φMn kN.m	Mu/φMn	Cek
B1 (45/60)	4S22	6S22	439	513	0.95	Oke
B2 (60/80)	6S22	9S22	823	976	0.94	Oke
Ba1 (25/45)	2S19	3S19	79	117	0.39	Oke
Ba2 (40/60)	4S19	7S19	309	405	0.85	Oke
Tipe Balok	Tulangan Utama					
	Daerah Lapangan					
	Tulangan Momen (-)	Tulangan Momen (+)	Mu kN.m	φMn kN.m	Mu/φMn	Cek
B1 (45/60)	4S22	3S22	290	368	0.88	Oke
B2 (60/80)	6S22	4S22	519	694	0.83	Oke
Ba1 (25/45)	3S19	2S19	41	117	0.39	Oke
Ba2 (40/60)	4S19	3S19	185	251	0.82	Oke

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3.13 Hasil Analisa Tulangan Senggang Balok

Tipe Balok	Tulangan Utama					
	Daerah Tumpuan					
	Tulangan	S _{max} mm	V _u kN	φV _n kN	V _u / φV _n	Cek
B1 (45/60)	3S13 - 100	140	323	490	0.66	Oke
B2 (60/80)	4S13 - 100	140	538	821	0.66	Oke
Ba1 (25/45)	2S13 - 100	140	115	115	0.55	Oke
Ba2 (40/60)	3S13 - 100	140	265	448	0.59	Oke

Tipe Balok	Tulangan Utama					
	Daerah Lapangan					
	Tulangan	S _{max} mm	V _u kN	φV _n kN	V _u /φ V _n	Cek
B1 (45/60)	3S13 - 150	150	293	377	0.78	Oke
B2 (60/80)	4S13 - 150	150	431	631	0.68	Oke
Ba1 (25/45)	2S13 - 150	150	53	134	0.39	Oke
Ba2 (40/60)	3S13 - 150	150	201	345	0.58	Oke

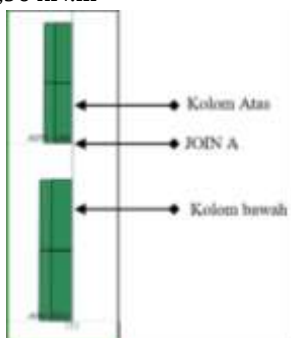
Sumber: Hasil Analisis

KOLOM

Kolom K1-1 (1100/1300 mm)

Hasil analisis menggunakan perangkat lunak menunjukkan nilai-nilai beban berfaktor yang bekerja pada kolom K1-1 adalah sebagai berikut:

- $P_u = 4198,08 \text{ kN}$
- $M_{ux} = 2685,24 \text{ kN.m}$
- $M_{uy} = 2392,96 \text{ kN.m}$

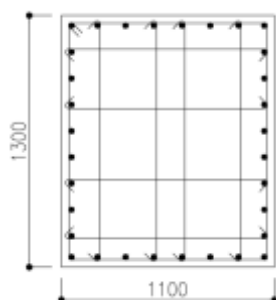
**Gambar 3.16** Output Nilai Pu (Kombinasi U6B)

Sumber: Dokumen Pribadi

Dengan demikian, penulangan kolom K1-1 didapatkan sebagai berikut:

- Tulangan utama = 3S25
- Senggang tumpuan = 6S13 - 100
- Senggang lapangan = 6S13 - 150

Berikut merupakan ilustrasi penulangan kolom K1-1:

**Gambar 3.17** Penulangan kolom K1-1

Sumber : Dokumen Pribadi

Berikut merupakan hasil rekapitulasi analisis kolom pada semua tipe, dimana momen-momen yang terjadi didapat dari analisis struktur menggunakan *software* ETABS V.21 *Trial Version* pada kombinasi beban gempa.

Tabel 3.14 Hasil Analisa Tulangan Utama Pada Kolom

Tipe Kolom	Tulangan	Kontrol			Cek
		Pu/ φPn	Muy/ φMn(y)	Mux/ φMn(x)	
K1-1 (1100/1300)	3S25	0.71	0.53	0.85	Oke
K2-1 (1200/1200)	3S25	0.66	0.28	0.43	Oke
K3-1 (900/1300)	3S25	0.52	0.19	0.29	Oke
K4-1 (1000/1000)	24S25	0.67	0.33	0.28	Oke
K1-2 (700/900)	16S25	0.43	0.24	0.23	Oke
K2-2 (900/900)	20S25	0.43	0.20	0.20	Oke
K3-2 (700/1000)	18S25	0.57	0.09	0.34	Oke
K4-2 (800/800)	16S25	0.35	0.15	0.17	Oke
K1-3 (600/800)	10S25	0.30	0.11	0.10	Oke
K2-3 (700/700)	12S25	0.45	0.19	0.20	Oke
K3-3 (600/900)	12S25	0.37	0.03	0.20	Oke
K4-3 (600/600)	8S25	0.51	0.17	0.23	Oke

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3.15 Hasil Analisa Tulangan Senggang Pada Kolom

Jenis Kolom	Senggang	Ash	Jarak	Jarak
	Pakai	mm ²	Tumpuan	Lapangan
K1-1 (1100/1300)	6S13	796	100	150
K2-1 (1200/1200)	6S13	796	100	150
K3-1 (900/1300)	4S13	531	100	150
K4-1 (1000/1000)	5S13	664	100	150
K1-2 (700/900)	4S13	531	100	150
K2-2 (900/900)	4S13	531	100	150
K3-2 (700/1000)	4S13	531	100	150
K4-2 (800/800)	4S13	531	100	150
K1-3 (600/800)	3S13	398	100	150
K2-3 (700/700)	3S13	398	100	150
K3-3 (600/900)	4S13	531	100	150
K4-3 (600/600)	3S13	398	100	150
K1-1 (1100/1300)	6S13	796	100	150
K2-1 (1200/1200)	6S13	796	100	150

Sumber: Hasil Analisis

4. KESIMPULAN

Mengacu pada modifikasi yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, hasil analisis perhitungan struktur untuk plat lantai, tangga, balok, dan kolom pada proyek gedung Hotel di Kabupaten Lumajang telah diperoleh:

1) Hasil preliminary design

Diperoleh dimensi penampang berikut:

a. Balok

Balok B1= 250/350 mm ; Balok B2= 500/750 mm ;

Balok Ba1= 250/350 mm ; Balok Ba2= 350/500 mm

b. Pelat

Tebal pelat lantai 130 mm

c. Kolom

Kolom K1= 800/1000 mm ; Kolom K2= 950/950

mm ; Kolom K3= 550/900 ; mm Kolom K4 =

750/750 mm ; Kolom K5 = 650/750 mm.

2) Berikut adalah parameter struktur yang diperoleh:

Kategori Risiko = II; Faktor Keutamaan (I_e) = 1,00 ;

Klasifikasi Situs = SD (Tanah Sedang); Percepatan Gempa Terpetakan Periode Pendek (S_s) = 0,8897 g ; Percepatan Desain Pada Periode Pendek (S_{DS}) = 0,68 g ; Percepatan Desain Pada Periode 1 Detik (S_{D1}) = 0,52 g ; Ragam Getar Struktur mengalami translasi pada arah X pada ragam 1 dan struktur mengalami translasi pada arah Y pada ragam 2.; Periode Periode Getar yang diperoleh yaitu periode maksimum (T_{max}) = 1,4513 detik , dan periode yang digunakan yaitu T_x = 1,141 detik dan T_y = 1,071 detik. Kontrol simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat dimana simpangan terbesar arah X = 47,905 mm kurang dari batas izin = 52,307 mm dan simpangan terbesar arah Y = 36,525 mm kurang dari batas izin = 52,307 mm.

3) Hasil desain elemen struktur

Didapatkan dimensi penampang dan tulangan sebagai berikut:

a. Balok

Balok B1 dengan dimensi 450/650 mm dengan penulangan:

Tulangan longitudinal: Tumpuan (-) 4S22, Tumpuan (+) 6S22, Lapangan (-) 3S22, Lapangan (+) 4S22. Tulangan sengkang: Tumpuan 3S13-100, Lapangan 3S13-150.

Balok B2 dengan dimensi 600/800 mm dengan penulangan:

Tulangan longitudinal: Tumpuan (-) 6S22, Tumpuan (+) 9S22, Lapangan (-) 4S22, Lapangan (+) 6S22. Tulangan sengkang: Tumpuan 4S13-100, Lapangan 4S13-150.

Balok Ba1 dengan dimensi 250/450 mm dengan penulangan:

Tulangan longitudinal: Tumpuan (-) 2S19, Tumpuan (+) 3S19, Lapangan (-) 2S19, Lapangan (+) 3S19. Tulangan sengkang: Tumpuan 2S13-100, Lapangan 2S13-150.

Balok Ba2 dengan dimensi 400/600 mm dengan penulangan:

Tulangan longitudinal: Tumpuan (-) 4S19, Tumpuan (+) 7S19, Lapangan (-) 3S19, Lapangan (+) 4S19. Tulangan sengkang: Tumpuan 2S13-100, Lapangan 2S13-150.

b. Pelat

Pelat lantai dan tangga tebal 130 mm; pelat lantai bertulangan lapangan S10-200 dan tumpuan S10-150 (arah x dan y), sedangkan pelat tangga bertulangan lapangan S10-150 dan tumpuan S10-100

c. Kolom

Ukuran kolom bervariasi, Kolom terbesar K1-1

(1000x1300 mm), K2-1 (1200x1200 mm), dan K3-1 (900x1300 mm) menggunakan tulangan utama 32S25. K1-1, K2-1 menggunakan sengkang 6S13-100 di tumpuan, 6S13-150 di lapangan, sedangkan K3-1 menggunakan sengkang 4S13-100 dan 4S13-150. K4-1 (1000x1000 mm) tulangan utama 24D25 sengkang 5D13-100 untuk tumpuan, 5S13-150 untuk lapangan. K1-2 (700x900 mm), K2-2 (900x900 mm), K3-2 (700x1000 mm), dan K4-2 (800x800 mm), digunakan tulangan utama antara 16S25 hingga 20S25, dengan pola sengkang yang konsisten yaitu 4S13-100 untuk tumpuan dan 4S13-150 untuk lapangan. K1-3 (600x800 mm), K2-3 (700x700 mm), K3-3 (600x900 mm), dan K4-3 (600x600 mm), menggunakan tulangan utama 8S25 hingga 12S25. Sengkang yang digunakan adalah 3S13 hingga 4S13, jarak 100 mm di tumpuan dan 150 mm di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional 2020. "Beban desain minimum dan kriteria untuk bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727-2020". Jakarta : BSN
- [2] Badan Standarisasi Nasional 2019. "Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan, SNI 2847-2019". Jakarta : BSN.
- [3] Badan Standarisasi Nasional 2019. "Tata cara perencanaan bangunan tahan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, SNI 1726-2019". Jakarta : BSN.
- [4] Badan Standarisasi Nasional 2020. "Panduan desain sederhana untuk bangunan beton bertulang, SNI 8900-2020". Jakarta : BSN.
- [5] Wahiddin, Sugiarto, A., Naibaho, A., & Purwitasari, K. (2023). Implementasi Building Information Modelling (Bim) Pada Desain Sambungan Balok-Kolom Struktur Baja. Jurnal Online Skripsi ..., 4, 350–354. Retrieved from <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/view/4534>
- [6] Setiawan, Agus, 2016, "Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847:2013)", Jakarta: Erlangga
- [7] Kadhim, M. M., & Al-Mahaidi, R. S. (2020). Selection of Optimum Structural System in the Design of Reinforced Concrete High-Rise Building under the Effect of Seismic Load. International Journal of Structural Engineering, 9(4), 345-360
- [8] Darwin, D, Dolan, CW, Nilson, AH. (2016). Design of Concrete Structures. United States. McGraw-Hill Education.

- [9] Nurul Hidayati, Hariyadi, dan Mukhta Riqi Sab'it Tibaq. 2023. Skripsi : Analisa ketidakberaturan horizontal dan vertikal pada struktur gedung beton bertulang. PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, 12 (2) : 235-243
- [10] Sarjana, P., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Islam, U., Agung, S., ... Satriavi, D. N. (2023). Skripsi : PERANCANGAN ULANG BANGUNAN GEDUNG STRUKTUR 4 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726 : 2019 Usulan Proposal Tugas Akhir REDESAIN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG 4 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726 : 2019.
- [11] Faisal, A, Darsono, A. (2019). Perilaku Non Linier Struktur Gedung Baja dengan Bentuk Denah L, T dan U Akibat Gempa. Progress in Civil Engineering Journal, 1(1), 63-73.
- [12] Yansiku. S, Dala. S, (2017). Perilaku Struktur Dual System Penahan Gempa Akibat Ketidakberaturan Horisontal Struktur Gedung Bertingkat. SIARTEK, 3(2), 23-31.