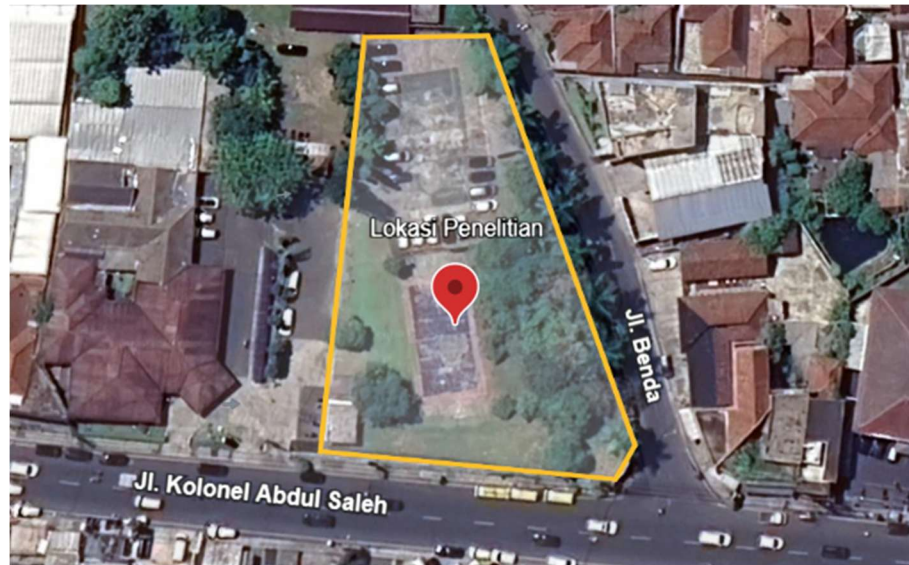


BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini berada di Jl. Sutisna Senjaya No. 88, Kel. Cikalang, Kec. Tawang, Kota Tasikmalaya, Jawa Barat. Lokasi tersebut dapat dilihat melalui tampilan citra *Google Earth* pada Gambar 3. 1.



Gambar 3. 1 Lokasi penelitian

Sumber : *Google Earth*

3.2 Teknik Pengumpulan Data

3.2.1 Data Penelitian

Data sekunder yang digunakan meliputi *Detail Engineering Design* (DED) dari proyek gedung Mandiri di Kota Tasikmalaya serta data *respons spektrum* dari PUPR Cipta Karya melalui situs resminya.

3.3 Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan perangkat laptop dengan dukungan perangkat lunak seperti *software* struktur, *software* gambar, dan *Microsoft Office* untuk mendukung proses perancangan dan penyusunan tugas akhir.

3.4 Data Teknis Bangunan

Berikut disajikan data teknis bangunan yang digunakan sebagai dasar dalam analisis dan perencanaan struktur pada penelitian ini.

Jenis Bangunan = Gedung Perkantoran Pelayanan Bank Mandiri

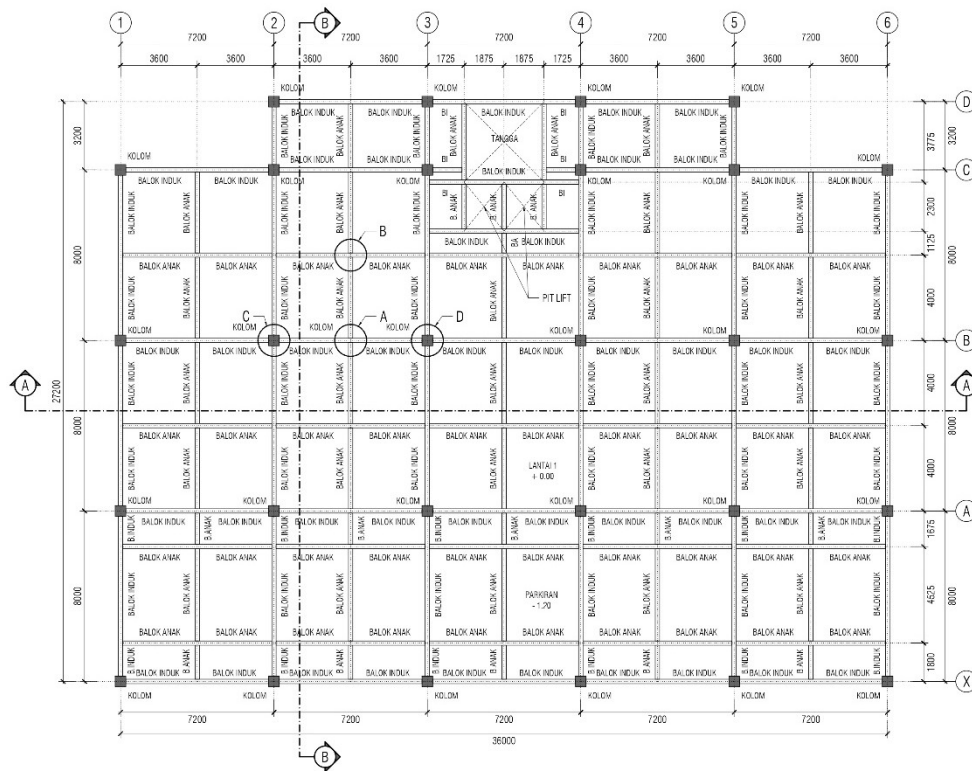
Jumlah Lantai = 6 Lantai

Luas Bangunan = 24 m x 36 m

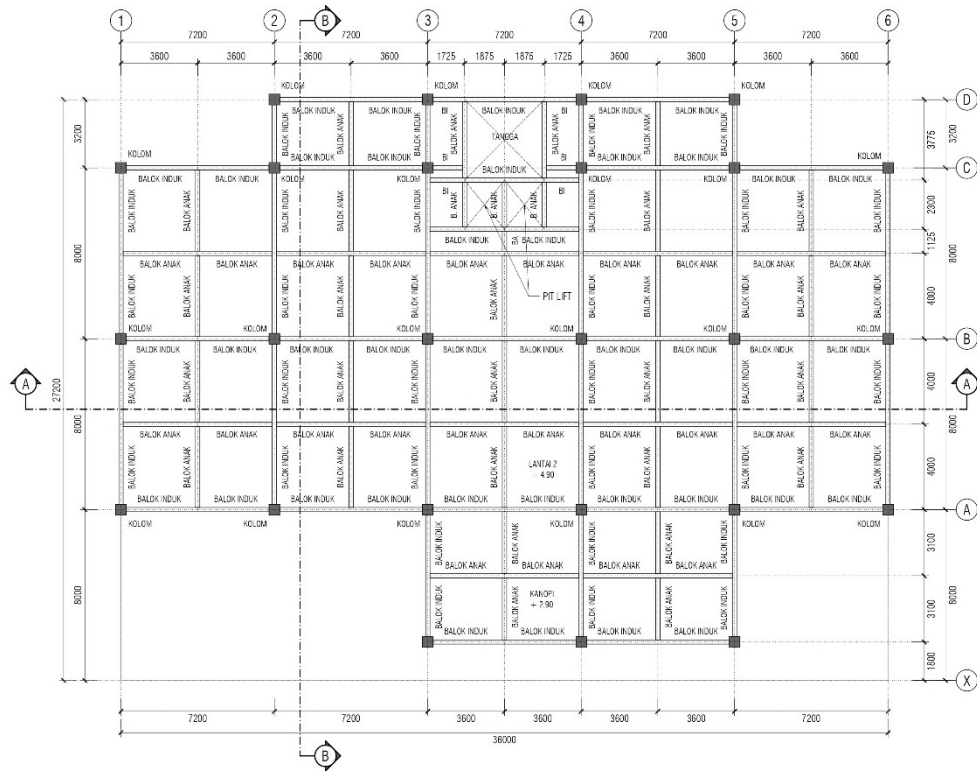
Tinggi Bangunan = 22,7 m

Jenis Struktur = Baja dan Beton Bertulang

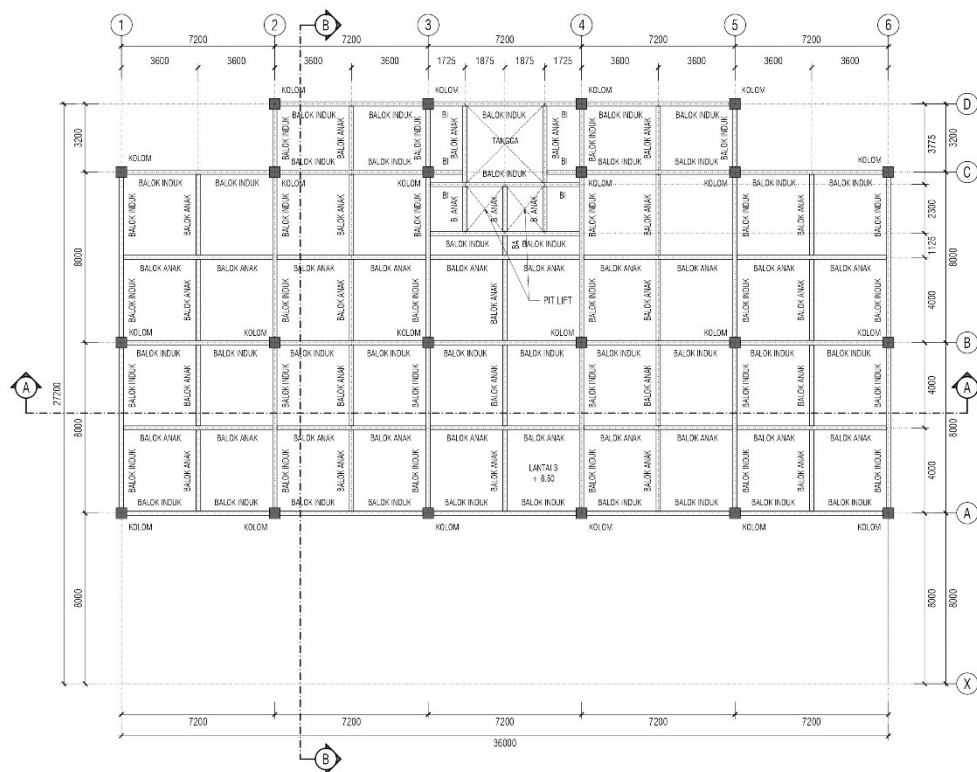
Denah struktur yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 3. 2, Gambar 3. 3, Gambar 3. 4, Gambar 3. 5, Gambar 3. 6 dan Gambar 3. 7.



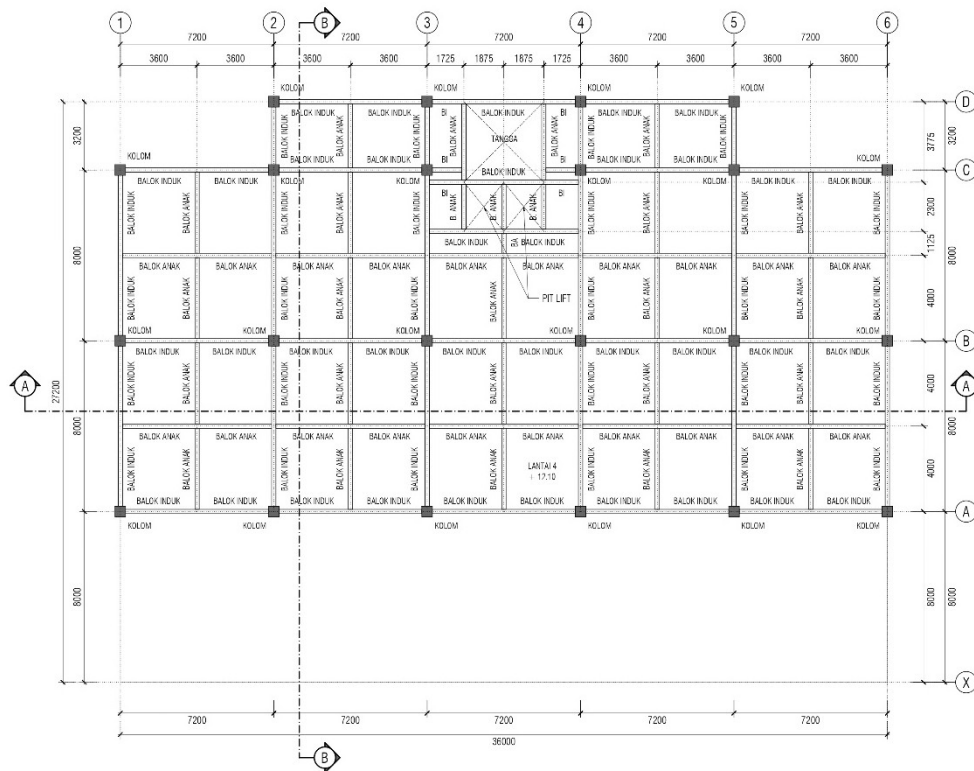
Gambar 3. 2 Denah balok lantai 1



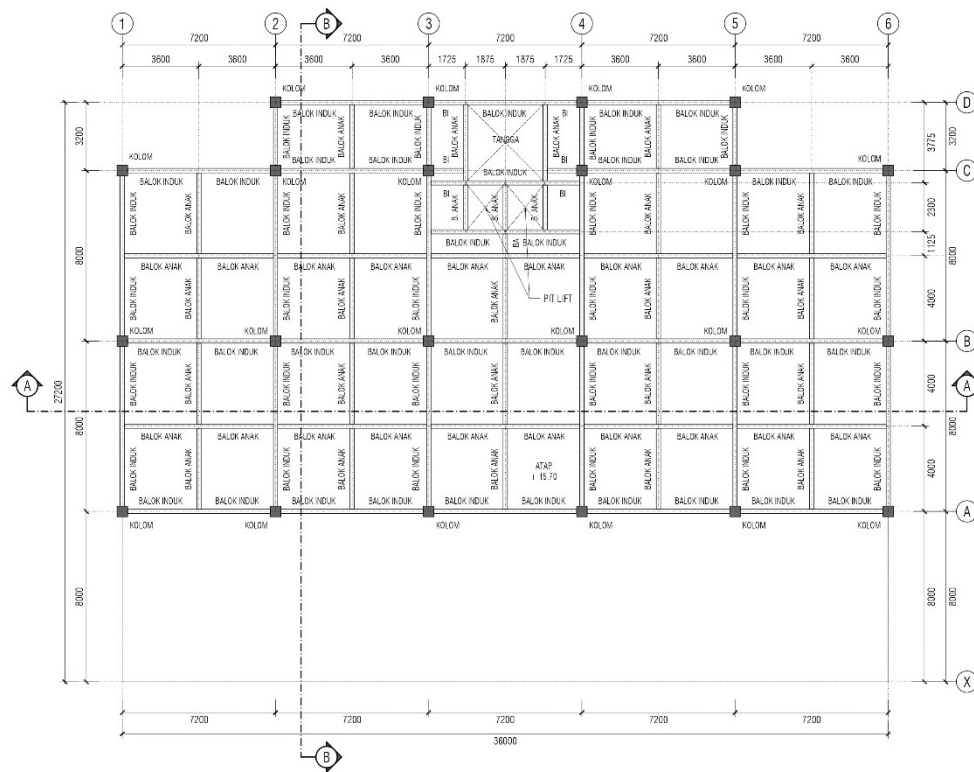
Gambar 3. 3 Denah balok lantai 2



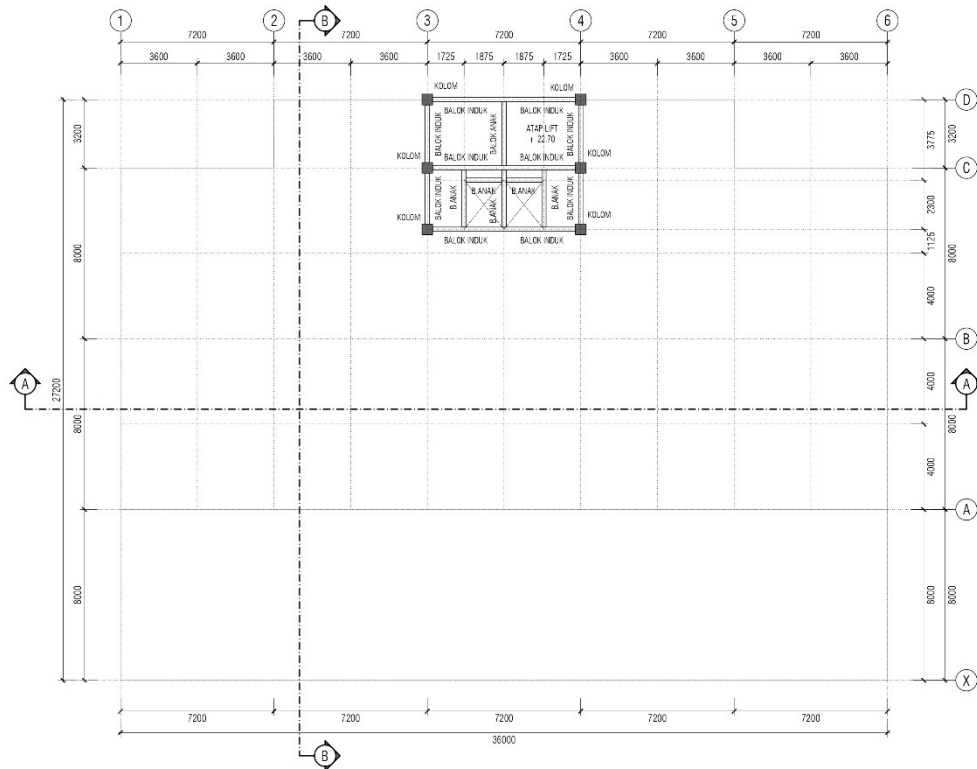
Gambar 3. 4 Denah balok lantai 3



Gambar 3. 5 Denah balok lantai 4



Gambar 3. 6 Denah balok dak atap



Gambar 3. 7 Denah balok dak atap lift

3.5 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Tahap ini merupakan langkah awal penelitian yang meliputi pengumpulan data teknis bangunan, data gempa sesuai lokasi Studi, serta Studi literatur yang relevan untuk mendukung pemahaman topik penelitian.

3.6 Analisis Penelitian

3.6.1 Analisis Pembebanan

3.6.1.1 Beban Mati

1. Berat mati sendiri (DL)

Berat sendiri elemen struktur seperti pelat, balok, kolom, dan lainnya akan dihitung secara otomatis oleh *Software* struktur.

2. Beban mati tambahan (SIDL)

Beban mati tambahan minimum yang bekerja pada elemen pelat lantai, pelat atap, dan balok dicantumkan pada Tabel 3. 1.

Tabel 3. 1 SIDL yang digunakan dalam perencanaan (kN/m²)

Beban Mati Tambahan		kN/m²
Beban Mati Tambahan Pelat Lantai		
1.	Berat adukan spasi 3 cm	0,63
2.	Keramik tebal 1 cm	0,24
3.	Plafond + penggantung	0,18
4.	<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	0,25
5.	Partisi	0,79
Beban Mati Tambahan Pelat Atap		
1.	Lapisan water proofing tebal 1,5 cm	0,21
2.	Plafond + penggantung	0,18
3.	<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	0,25
Beban Mati Tambahan Parkir		
1.	Aspal	0,14
2.	Plafond + penggantung	0,18
3.	<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	0,25
Beban Mati Tambahan Tangga		
1.	Berat adukan spasi 3 cm	0,63
2.	Keramik tebal 1 cm	0,24
Beban Mati Tambahan Pada Balok		
1.	Pasangan setengah batu	2,5

Sumber : (Badan Standarisasi Nasional, 2019)

3.6.1.2 Beban Hidup

Beban hidup minimum yang bekerja pada pelat lantai dan pelat atap tercantum pada Tabel 3. 2.

Tabel 3. 2 LL yang digunakan dalam perencanaan (kN/m²)

Beban Hidup		kN/m²
Beban Hidup Pelat Lantai		
1.	lobi dan kantor lantai pertama	4,79

Beban Hidup		kN/m²
2.	kantor	2,4
3.	kantor diatas lantai pertama	3,83
Beban Hidup Pelat Atap		
1.	Atap datar, berbubung, dan lengkung	0,96
Beban Hidup Awning dan kanopi		
1.	Atap konstruksi yang didukung oleh struktur	0,24
Beban Hidup Parkir		
1.	Mobil penumpang saja	1,92
Beban Hidup Tangga		
1.	Tangga dan Jalan Keluar	4,79

Sumber : (Badan Standarisasi Nasional, 2019)

3.6.1.3 Beban Angin

1. Kecepatan angin dasar

Pada kondisi batas desain yang ditetapkan untuk perencanaan beban angin, digunakan nilai kecepatan angin rencana sebesar $V = 40 \text{ m/s}$ sebagai dasar dalam melakukan seluruh tahapan perhitungan terkait pembebanan angin.

2. Faktor arah angin

Nilai faktor arah angin (K_d) untuk struktur Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) ditetapkan sebesar 0,85.

3. Kategori *Eksposur*

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berada di wilayah perkotaan atau pinggiran kota, sehingga termasuk ke dalam kategori *Eksposur* B.

4. Faktor topografi

Berdasarkan kondisi topografi pada lokasi penelitian, tidak terdapat pengaruh peningkatan kecepatan angin akibat kontur medan. Oleh karena itu, nilai faktor topografi K_{zt} diambil sebesar 1.

5. Faktor elevasi permukaan tanah

Lokasi penelitian pada Tugas Akhir ini berada pada ketinggian 351 meter di atas permukaan laut. Maka nilai faktor topografi K_e ditentukan besarnya 0,96.

6. Koefisien *Eksposur* tekanan kecepatan

Koefisien *Eksposur* tekanan kecepatan ditentukan dengan menggunakan nilai g untuk kategori *Eksposur* B. Dari parameter tersebut diperoleh nilai faktor topografi Z_g sebesar 365,76 meter dan nilai α sebesar 7. Hasil perhitungan koefisien *Eksposur* tekanan kecepatan pada setiap lantai sesuai dengan ketinggiannya masing-masing disajikan pada Tabel 3. 3.

Tabel 3. 3 Hasil perhitungan koefisien *eksposur* tekanan kecepatan

Lantai ke-	Z_g	K_z
1	4	0
2	8,9	0,69
3	12,5	0,77
4	16,1	0,82
5	19,7	0,87
6	22,7	0,91

Koefisien tekanan kecepatan pada tinggi atap rata-rata (K_h) dihitung dengan metode yang sama seperti penentuan nilai K_z . Pada tinggi atap rata-rata $h = 22,7$ meter, diperoleh nilai K_h sebesar 0,91.

7. Tekanan kecepatan

Tekanan kecepatan ditentukan berdasarkan parameter *eksposur* dan kecepatan angin rencana. Nilai tekanan kecepatan yang dihasilkan untuk setiap ketinggian bangunan disajikan pada Tabel 3. 4.

Tabel 3. 4 Hasil perhitungan tekanan kecepatan setiap lantai (N/m^2)

Lantai ke-	q_z
1	0

Lantai ke-	qz
2	553,34
3	609,37
4	655,46
5	693,49
6	723,33

Tekanan kecepatan pada tinggi atap rata-rata (q_h) dihitung dengan menggunakan metode yang sama seperti pada penentuan nilai q_z . Pada tinggi atap rata-rata $h = 22,7$ meter, diperoleh nilai q_h sebesar $723,33 \text{ N/m}^2$.

8. Efek hembusan angin

Faktor efek hembusan angin ditentukan berdasarkan kategori kekakuan struktur, di mana bangunan dianggap sebagai struktur kaku apabila memiliki frekuensi alami sebesar 1 Hz atau lebih.

$$\begin{aligned} \text{Sistem penahan gaya lateral} &= \text{Rangka baja pemikul momen khusus} \\ \text{Frekuensi alami pendekatan } n_a &= 22,2/h^{0,9} = 22,2/12,16 \\ &= 1,83 > 1 \text{ Hz (Kaku)} \end{aligned}$$

9. Koefisien tekanan internal

Ditentukan berdasarkan klasifikasi tingkat ketertutupan gedung.

$$\begin{aligned} \text{Klasifikasi ketertutupan gedung} &= \text{Gedung Tertutup} \\ \text{Koefisien tekanan internal positif} &= 0,18 \\ \text{Koefisien tekanan internal negatif} &= -0,18 \end{aligned}$$

10. Koefisien tekanan eksternal

a. Arah angin tegak lurus sumbu X

$$\begin{aligned} \text{Dimensi horizontal gedung tegak lurus arah angin } B &= 27,2 \text{ m} \\ \text{Dimensi horizontal gedung sejajar arah angin } L &= 36 \text{ m} \\ L/B &= 0,76 \end{aligned}$$

Koefisien tekanan eksternal untuk arah angin tegak lurus sumbu X :

$$\begin{aligned} \text{Dinding di sisi angin datang} &= 0,8 \\ \text{Dinding di sisi angin pergi} &= -0,5 \end{aligned}$$

b. Arah angin tegak lurus sumbu Y

Dimensi horizontal gedung tegak lurus arah angin $B = 36 \text{ m}$

Dimensi horizontal gedung sejajar arah angin $L = 27,2 \text{ m}$

$L/B = 1,32$

Koefisien tekanan eksternal untuk arah angin tegak lurus sumbu Y :

Dinding di sisi angin datang $= 0,8$

Dinding di sisi angin pergi $= -0,44$

11. Tekanan angin desain

Tekanan angin desain ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Nilai $q = q_z$ untuk dinding di sisi angin datang dan $q = q_h$ untuk dinding di sisi angin pergi dan dinding tepi.
- Nilai $q_i = q_h$ untuk dinding di sisi angin datang, dinding di sisi angin pergi, dan dinding tepi.

Hasil perhitungan tekanan angin desain untuk setiap ketinggian lantai tercantum pada Tabel 3. 5, Tabel 3. 6 dan Tabel 3. 7.

Tabel 3. 5 Tekanan angin desain dinding arah sumbu X dan Y (N/m^2)

Lantai ke -	q	G	Cp	qi	GCpi	p
1	0	0	0	0	0	0
2	553,34	0,85	0,80	723,33	-0,18	506,47
3	609,37	0,85	0,80	723,33	-0,18	544,57
4	655,46	0,85	0,80	723,33	-0,18	575,91
5	693,49	0,85	0,80	723,33	-0,18	601,77
6	723,33	0,85	0,80	723,33	-0,18	622,06

Tabel 3. 6 Tekanan angin dinding sisi pergi sumbu X (N/m^2)

Lantai ke -	q	G	Cp	qi	GCpi	p
1	0	0	0	0	0	0
2	723,33	0,85	-0,50	723,33	-0,18	177,22
3	723,33	0,85	-0,50	723,33	-0,18	177,22

Lantai ke -	q	G	Cp	qi	GCpi	p
4	723,33	0,85	-0,50	723,33	-0,18	177,22
5	723,33	0,85	-0,50	723,33	-0,18	177,22
6	723,33	0,85	-0,50	723,33	-0,18	177,22

Tabel 3. 7 Tekanan angin dinding sisi pergi sumbu Y (N/m²)

Lantai ke-	q	G	Cp	qi	GCpi	p
1	0	0	0	0	0	0
2	723,33	0,85	-0,44	723,33	-0,18	137,43
3	723,33	0,85	-0,44	723,33	-0,18	137,43
4	723,33	0,85	-0,44	723,33	-0,18	137,43
5	723,33	0,85	-0,44	723,33	-0,18	137,43
6	723,33	0,85	-0,44	723,33	-0,18	137,43

3.6.1.4 Beban Gempa

1. Kategori risiko bangunan

Berdasarkan klasifikasi kategori risiko, gedung perkantoran termasuk Kategori Risiko II, sehingga faktor keutamaan gempa yang digunakan $I_e = 1$.

2. Parameter percepatan batuan dasar

Parameter percepatan batuan dasar pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa nilai percepatan untuk periode pendek (S_s) adalah 0,9914, sedangkan nilai percepatan untuk periode 1 detik (S_1) adalah 0,4485.

3. Kelas situs dan koefisien situs

Berdasarkan hasil penyelidikan kondisi tanah di lokasi penelitian, kelas situs pada area tersebut termasuk dalam kategori tanah sedang. Dengan menggunakan kelas situs tersebut serta nilai parameter percepatan batuan dasar S_s dan S_1 , diperoleh koefisien respons gempa untuk periode pendek (F_a) sebesar 1,1034 dan untuk periode 1 detik (F_v) sebesar 1,8515.

4. Parameter percepatan spectral desain

Percepatan spektral desain diperoleh dari percepatan batuan dasar dikalibrasi koefisien situs.

$$\begin{aligned}\text{Periode pendek } S_{DS} &= 2/3 \times F_a \times S_s = 2/3 \times 1,1034 \times 0,9914 \\ &= 0,7293\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Periode 1 detik } (S_{D1}) &= 2/3 \times F_v \times S_1 = 2/3 \times 1,8515 \times 0,4485 \\ &= 0,5536\end{aligned}$$

5. Periode fundamental struktur

Nilai periode panjang T_L untuk lokasi penelitian ini ditetapkan sebesar 20 detik. Selain itu, nilai T_0 dan T_s ditentukan :

$$\begin{aligned}T_0 &= 0,2 \times S_{D1}/S_{DS} = 0,2 \times 0,55/0,73 \\ &= 0,1518\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_s &= S_{D1}/S_{DS} = 0,55/0,73 \\ &= 0,7591\end{aligned}$$

6. Kategori desain seismik

Berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1} dapat diketahui kategori desain seismik untuk Lokasi penelitian ini termasuk ke dalam kategori desain seismik D.

7. Parameter sistem pemikul gaya seismik

Tugas akhir ini menggunakan sistem pemikul gaya seismik berupa rangka momen khusus dengan kolom baja konvensional dan kolom komposit.

$$\text{Koefisien modifikasi response } R = 8$$

$$\text{Faktor kuat lebih sistem } \Omega_0 = 3$$

$$\text{Faktor pembesaran defleksi } C_d = 5,5$$

8. Faktor skala beban gempa

Faktor skala beban gempa dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Faktor Skala (Rangka baja pemikul momen khusus)} &= g/(R/I_e) \\ &= 9806,67/(8/1,0) \\ &= 1225,83\end{aligned}$$

3.7 Preliminary Design

3.7.1 Balok induk

1. Data perencanaan :

Material baja (BJ 41) $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
Modulus elastisitas baja $E = 200000 \text{ Mpa}$
Panjang bentang $L = 8000 \text{ mm}$

2. Perhitungan beban :

Beban balok induk dihitung berdasarkan luas tributari yang menentukan beban mati, tambahan, dan hidup tiap lantai.

a. Beban mati akibat berat sendiri struktur (DL)

Dengan tebal pelat yang sama pada setiap lantai, beban mati yang dipikul oleh balok menjadi seragam dan disajikan pada Tabel 3. 8.

Tabel 3. 8 DL pelat lantai yang dipikul balok induk (kN)

Jenis Plat	Luas Area (m ²)	t (m)	Bj (kN/m ³)	P (kN)
Lantai	16	0,125	24	48

b. Beban mati tambahan (SIDL)

Beban mati tambahan berasal dari material non-struktural pada lantai dan dihitung sebagai beban merata (q) dikalikan luas tributari balok. Rinciannya disajikan pada Tabel 3. 9 berikut.

Tabel 3. 9 SIDL pelat lantai yang dipikul balok induk (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/ m ²)	P (kN)
Adukan spasi 3 cm	16	0,63	9,98
Keramik tebal 1 cm	16	0,24	3,80
Plafond + penggantung	16	0,18	2,85
<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	16	0,25	3,96
Partisi	16	0,79	11,40

c. Beban hidup (LL)

Beban hidup ditentukan berdasarkan fungsi ruang pada lantai dan dikalikan dengan luas tributari balok. Nilainya disajikan pada Tabel 3. 10.

Tabel 3. 10 LL pelat lantai yang dipikul balok induk (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
lobi dan kantor lantai pertama	16	4,79	75,87

3. Cek momen *Ultimate* (Mu) yang terjadi :

Beban merata pada balok (q_u) dihitung dengan menggunakan kombinasi beban 1,2DL + 1,6LL. Dari perhitungan Beban merata pada balok (q_u) dapat diketahui yaitu sebesar 27 kN/m.

$$M_u = 1/8 \times q_u \times L^2 = 1/8 \times 27 \times 8^2 = 216 \text{ kN/m}$$

4. Perhitungan modulus penampang :

$$Z_x \geq M_u / (0,9 \times F_y) = 216 / (0,9 \times 2500) = 0,00096 \text{ m}^3 \approx 964 \text{ cm}^3$$

5. Untuk modulus penampang plastis dan elastis berlaku hubungan :

$$S_x \geq Z_x / 1,12 = 964 / 1,12 = 860 \text{ cm}^3$$

Modulus penampang minimum balok induk yang disyaratkan sebesar 964 cm³, sedangkan balok induk yang digunakan memiliki modulus penampang 2590 cm³. Nilai dan bentuk penampang balok baja profil *IWF* ditampilkan pada Tabel 3. 11 dan Gambar 3. 8.

Tabel 3. 11 *Preliminary design* balok induk

Balok Induk	IWF 600 x 200 x 11 x 17							
Gambar 3. 8 Balok Induk	d	=	600	mm	Ix	=	77600	cm ⁴
	bf	=	200	mm	Iy	=	2280	cm ⁴
	tw	=	11	mm	ix	=	24	cm
	tf	=	17	mm	iy	=	4,12	cm
	ro	=	22	mm	Zx	=	2590	cm ³
	A	=	134,4	cm ²	Zy	=	228	cm ³
	J	=	91,4	cm ⁴	Cw	=	1926037,7	cm ⁶

Sumber : (PT. Gunung Garuda, 2014)

3.7.2 Balok Anak

1. Data perencanaan :

Material baja (BJ 41) $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
 Modulus elastisitas baja $E = 200000 \text{ Mpa}$
 Panjang bentang $L = 720 \text{ cm}$

2. Perhitungan beban :

Beban balok induk dihitung berdasarkan luas tributari yang menentukan beban mati, tambahan, dan hidup tiap lantai.

a. Beban mati akibat berat sendiri struktur (DL)

Dengan tebal pelat yang sama pada setiap lantai, beban mati yang dipikul oleh balok menjadi seragam dan disajikan pada Tabel 3. 12.

Tabel 3. 12 DL pelat lantai yang dipikul balok anak (kN)

Jenis Plat	Luas Area (m ²)	t (m)	Bj (kN/m ³)	P (kN)
Lantai	13	0,125	24	38,88

b. Beban mati tambahan (SIDL)

Beban mati tambahan berasal dari material non-struktural pada lantai dan dihitung sebagai beban merata (q) dikalikan luas tributari balok. Rinciannya disajikan pada Tabel 3. 13 berikut.

Tabel 3. 13 SIDL pelat lantai yang dipikul balok anak (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
Adukan spasi 3 cm	13	0,63	8,16
Keramik tebal 1 cm	13	0,24	3,11
Plafond + penggantung	13	0,18	2,33
<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	13	0,25	3,24
Partisi	13	0,79	9,33

c. Beban hidup (LL)

Beban hidup ditentukan berdasarkan fungsi ruang pada lantai dan dikalikan dengan luas tributari balok. Nilainya disajikan pada Tabel 3. 14.

Tabel 3. 14 LL pelat lantai yang dipikul balok anak (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
lobi dan kantor lantai pertama	13	4,79	62,08

3. Cek momen *Ultimate* (M_u) yang terjadi :

Beban merata pada balok (q_u) dihitung dengan menggunakan kombinasi beban 1,2DL + 1,6LL. Dari perhitungan Beban merata pada balok (q_u) dapat diketahui yaitu sebesar 25 kN/m.

$$M_u = 1/8 \times q_u \times L^2 = 1/8 \times 25 \times 7,2^2 = 160 \text{ kN/m}$$

4. Perhitungan modulus penampang :

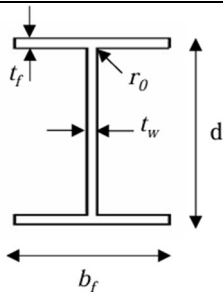
$$Z_x \geq M_u / (0,9 \times F_y) = 160 / (0,9 \times 2500) = 0,00071 \text{ m}^3 \approx 710 \text{ cm}^3$$

5. Untuk modulus penampang plastis dan elastis berlaku hubungan :

$$S_x \geq Z_x / 1,12 = 710 / 1,12 = 634 \text{ cm}^3$$

Modulus penampang minimum balok anak yang disyaratkan sebesar 634 cm³, sedangkan balok induk yang digunakan memiliki modulus penampang 1190 cm³. Nilai dan bentuk penampang balok baja profil *IWF* ditampilkan pada Tabel 3. 15 dan Gambar 3. 9.

Tabel 3. 15 *Preliminary design* balok anak

Balok Anak	IWF 400 x 200 x 8 x 13							
 Gambar 3. 9 Balok Anak	d	=	400	mm	I _x	=	23700	cm ⁴
	b _f	=	200	mm	I _y	=	1740	cm ⁴
	t _w	=	8	mm	i _x	=	16,8	cm
	t _f	=	13	mm	i _y	=	4,54	cm
	r _o	=	16	mm	Z _x	=	1190	cm ³
	A	=	84,1	cm ²	Z _y	=	174	cm ³
	J	=	35,9	cm ⁴	C _w	=	648999	cm ⁶

Sumber : (PT. Gunung Garuda, 2014)

3.7.3 Pelat Lantai

1. Data perencanaan :

Kuat mutu beton	F_c	=	300 Mpa
Kuat leleh baja tulangan	F_{yr}	=	520 Mpa
Bentang panjang pelat	L_y	=	4000 meter
Bentang pendek pelat	L_x	=	3600 meter
Balok Induk	IWF	=	600 x 200 x 11 x 17
Inersia Balok Induk	I_x	=	776000000 mm ⁴
Tebal pelat rencana	t_p	=	125 mm

2. Tebal pelat

a. Perbandingan dimensi pelat

Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$l_n = L_y - (B / 2) - (B / 2) = 4000 - (200 / 2) - (200 / 2) = 3800 \text{ mm}$$

Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$l_n = L_x - (B / 2) - (B / 2) = 3600 - (200 / 2) - (200 / 2) = 3400 \text{ mm}$$

Nilai β :

$$\beta = l_{n, \text{panjang}} / l_{n, \text{pendek}} = 3800 / 3400 = 1,1 < 2 \text{ Maka, pelat 2 arah !}$$

b. Momen inersia

Momen inersia pelat bentang 4000 mm dihitung :

$$I_{p1} = \frac{1}{2} \times L_y \times t_p^3 = \frac{1}{2} \times 4000 \times 125^3 = 651041667 \text{ mm}^4$$

Momen inersia pelat bentang 3600 mm dihitung :

$$I_{p2} = \frac{1}{2} \times L_x \times t_p^3 = \frac{1}{2} \times 3600 \times 125^3 = 585937500 \text{ mm}^4$$

c. Modulus elastisitas beton

Modulus elastisitas beton normal dapat dihitung :

$$E_c = 4700 \times \sqrt{F_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25743 \text{ Mpa}$$

d. Nilai a_{fm}

Balok induk bentang 4000, a_1 :

$$a_1 = I_x / I_{p1} = 776000000 / 651041667 = 1,19$$

Balok induk bentang 3600, a_2 :

$$a_2 = I_x / I_{p1} = 776000000 / 585937500 = 1,32$$

Nilai a_{fm} :

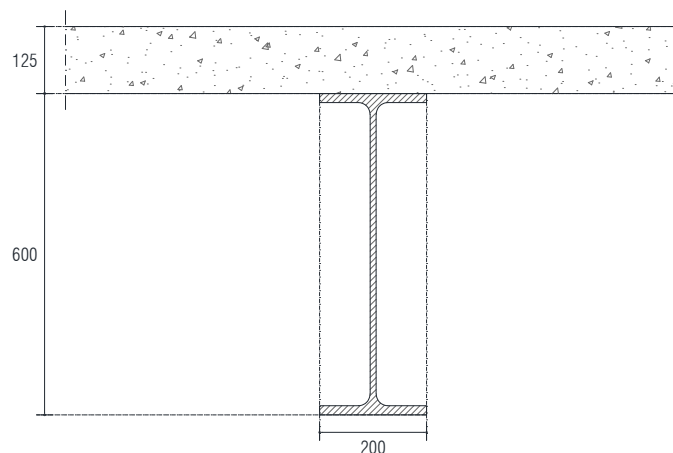
$$a_{fm} = (a_1 + a_2) / 4 = (1,19 + 1,32) / 4 = 1,26$$

e. Tebal minimum pelat

Berdasarkan Pasal 8.3.1.2 SNI 2847:2019, tebal minimum pelat nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya dan nilai $0,2 < a_{fm} < 2$ adalah terbesar dari :

$$\begin{aligned} h_{f, \text{minimum}} &= \frac{l_n \times \left(0,8 + \frac{F_{yr}}{1400}\right)}{36 + 5 \times \beta \times (a_{fm} - 0,2)} \\ &= \frac{3800 \times \left(0,8 + \frac{520}{1400}\right)}{36 + 5 \times 1,1 \times (1,26 - 0,2)} = 106 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil *preliminary design* pelat ditunjukkan pada Gambar 3. 10, yang memuat dimensi awal dan konfigurasi pelat lantai sebagai dasar perencanaan struktur selanjutnya.



Gambar 3. 10 Pelat lantai dan pelat atap

3.7.4 Kolom Baja Konvensional

1. Data perencanaan :

Material baja (BJ 41) $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
 Modulus elastisitas baja $E = 200000 \text{ Mpa}$
 Tinggi kolom $L = 4000 \text{ mm}$

2. Perhitungan beban tiap lantai :

a. Beban mati akibat berat sendiri struktur

Beban ini seragam pada tiap lantai karena tebal pelat lantai dan atap sama, sebagaimana disajikan pada Tabel 3. 16, Tabel 3. 17 dan Tabel 3. 18.

Tabel 3. 16 DL balok induk yang dipikul kolom (kN)

Jenis Elemen	L (m)	As (m ²)	Bj (kN/m ³)	P (kN)
Balok Induk	4	0,0134	78,5	4,22
	4	0,0134	78,5	4,22
	3,6	0,0134	78,5	3,80
	3,6	0,0134	78,5	3,80

Tabel 3. 17 DL balok anak yang dipikul kolom (kN)

Jenis Elemen	L (m)	As (m ²)	Bj (kN/m ³)	P (kN)
Balok Anak	4	0,0084	78,5	2,64
	4	0,0084	78,5	2,64
	3,6	0,0084	78,5	2,38
	3,6	0,0084	78,5	2,38

Tabel 3. 18 DL pelat lantai & atap yang dipikul kolom (kN)

Jenis Plat	Luas Area (m ²)	H (m)	Bj (kN/m ³)	P (kN)
Lantai	58	0,125	24	172,80
Atap	58	0,125	24	172,80

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan berasal dari beban non-struktural pada lantai dan dihitung dari beban merata dikalikan luas area lantai. Nilainya disajikan pada Tabel 3. 19 dan Tabel 3. 20.

Tabel 3. 19 SIDL pelat lantai yang dipikul kolom (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
Adukan spasi 3 cm	58	0,63	36,29
Keramik tebal 1 cm	58	0,24	13,82
Plafond + penggantung	58	0,18	10,37
<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	58	0,25	14,40
Partisi	58	0,72	41,47

Tabel 3. 20 SIDL pelat atap yang dipikul kolom (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
Lapisan water proofing	58	0,21	12,10
Plafond + penggantung	58	0,18	10,37
<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	58	0,25	14,40

c. Beban hidup

Beban hidup dihitung berdasarkan fungsi ruang pada tiap lantai, kemudian dikalikan dengan luas area yang dipikul kolom. Nilainya ditunjukkan pada Tabel 3. 21 dan Tabel 3. 22 berikut :

Tabel 3. 21 LL Pelat lantai yang dipikul kolom (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
lobi dan kantor lantai pertama	58	4,79	275,90
Kantor	58	2,40	138,24
kantor diatas lantai pertama	58	3,83	220,61

Tabel 3. 22 LL pelat atap yang dipikul kolom (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
Atap datar, berbubung	58	0,96	55,30

3. Cek aksial *Ultimate* (P_u) yang terjadi :

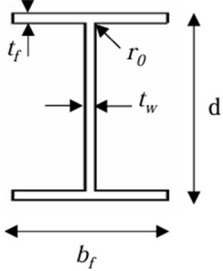
Beban terpusat pada kolom (P_u) dihitung dengan menggunakan kombinasi beban $1,2DL + 1,6LL$. Dari perhitungan Beban terpusat pada kolom (P_u) dapat diketahui yaitu sebesar 4567 kN.

4. Perhitungan luas penampang :

$$A_s \geq \frac{P_u}{0,9 \times F_y} = \frac{4567}{0,9 \times 2500} = 0,0203 \text{ m}^2 \approx 203 \text{ cm}^2$$

Luas penampang minimum yang disyaratkan adalah 203 cm^2 . Kolom yang digunakan, berupa profil *H-Beam*, memiliki luas penampang $406,7 \text{ cm}^2$ sehingga telah memenuhi persyaratan. Detail penampang profil dapat dilihat pada Tabel 3. 23 dan Gambar 3. 11.

Tabel 3. 23 *Preliminary design* kolom baja konvensional

Kolom	HB 500 x 500 x 19 x 32							
 Gambar 3. 11 Kolom baja konvensional	d	=	500	mm	I_x	=	189517,9	cm ⁴
	bf	=	500	mm	I_y	=	66695	cm ⁴
	tw	=	19	mm	i_x	=	21,6	cm
	tf	=	32	mm	i_y	=	12,8	cm
	r_o	=	14	mm	Z_x	=	8433	cm ³
	A	=	406,7	cm ²	Z_y	=	4041,9	cm ³
	J	=	1199,3	cm ⁴	C_w	=	36504000	cm ⁶

Sumber : (*Japan - JIS - G3101 - SS400*)

3.7.5 Kolom Komposit Baja-Beton

1. Data perencanaan :

Material baja (BJ 41)	F_y	=	250 Mpa
	F_u	=	410 Mpa
Mutu beton	F_c	=	30 Mpa
Modulus elastisitas baja	E	=	200000 Mpa
Tinggi kolom	L	=	4000 mm
Tulangan Utama		=	16 D18 mm

Tulangan sengkang = D10 - 250 mm
 Selimut beton = 40 mm
 Jarak baja ke tulangan = 35 mm

2. Perhitungan beban tiap lantai :

a. Beban mati akibat berat sendiri struktur

Beban ini seragam pada tiap lantai karena tebal pelat lantai dan atap sama, sebagaimana disajikan pada Tabel 3. 24, Tabel 3. 25 dan Tabel 3. 26.

Tabel 3. 24 DL balok induk yang dipikul kolom (kN)

Jenis Elemen	L (m)	As (m ²)	Bj (kN/m ³)	P (kN)
Balok Induk	4	0,0134	78,5	4,22
	4	0,0134	78,5	4,22
	3,6	0,0134	78,5	3,80
	3,6	0,0134	78,5	3,80

Tabel 3. 25 DL balok anak yang dipikul kolom (kN)

Jenis Elemen	L (m)	As (m ²)	Bj (kN/m ³)	P (kN)
Balok Anak	4	0,0084	78,5	2,64
	4	0,0084	78,5	2,64
	3,6	0,0084	78,5	2,38
	3,6	0,0084	78,5	2,38

Tabel 3. 26 DL Pelat lantai & atap yang dipikul kolom (kN)

Jenis Plat	Luas Area (m ²)	t (m)	Bj (kN/m ³)	P (kN)
Lantai	58	0,125	24	172,80
Atap	58	0,125	24	172,80

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan berasal dari beban non-struktural pada lantai dan dihitung dari beban merata dikalikan luas area lantai. Nilainya disajikan pada Tabel 3. 27 dan Tabel 3. 28.

Tabel 3. 27 SIDL pelat lantai yang dipikul kolom (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
Adukan spasi 3 cm	58	0,63	36,29
Keramik tebal 1 cm	58	0,24	13,82
Plafond + penggantung	58	0,18	10,37
<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	58	0,25	14,40
Partisi	58	0,79	45,50

Tabel 3. 28 SIDL pelat atap yang dipikul kolom (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
Lapisan water proofing	58	0,21	12,10
Plafond + penggantung	58	0,18	10,37
<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	58	0,25	14,40

c. Beban hidup

Beban hidup dihitung berdasarkan fungsi ruang pada tiap lantai, kemudian dikalikan dengan luas area yang dipikul kolom. Nilainya ditunjukkan pada Tabel 3. 29 dan Tabel 3. 30 berikut :

Tabel 3. 29 LL pelat lantai yang dipikul kolom (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
lobi dan kantor lantai pertama	58	4,79	275,90
Kantor	58	2,40	138,24
kantor diatas lantai pertama	58	3,83	220,61

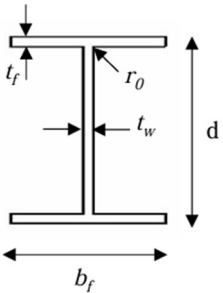
Tabel 3. 30 LL pelat atap yang dipikul kolom (kN)

Jenis Beban	Luas Area (m ²)	q (kN/m ²)	P (kN)
atap datar tidak dihuni	58	0,96	55,30

3. Rekapitulasi perencanaan dimensi kolom komposit baja-beton

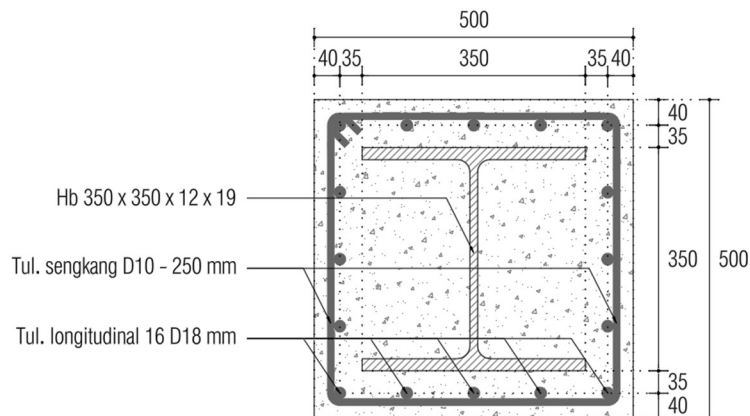
Profil baja yang digunakan sebagai elemen baja pada kolom komposit baja-beton, termasuk parameter penampangnya, ditunjukkan pada Tabel 3. 31 dan Gambar 3. 12.

Tabel 3. 31 Parameter penampang profil baja

Profil Baja	<i>HB 350 x 350 x 12 x 19</i>							
 Gambar 3. 12 Profil baja	d	=	350	mm	I_x	=	40300	cm ⁴
	bf	=	350	mm	I_y	=	13600	cm ⁴
	tw	=	12	mm	i_x	=	15,2	cm
	tf	=	19	mm	i_y	=	8,84	cm
	ro	=	20	mm	Z_x	=	2300	cm ³
	A	=	173,9	cm ²	Z_y	=	776	cm ³
	J	=	179,1	cm ⁴	C_w	=	3718797,1	cm ⁶

Sumber : (PT. Gunung Garuda, 2014)

Geometri penampang kolom komposit baja-beton beserta konfigurasi tulangan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3. 13.



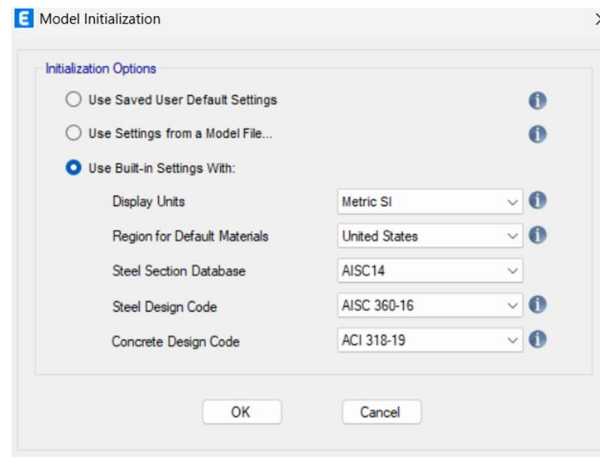
Gambar 3. 13 Penampang kolom komposit baja-beton

3.8 Pemodelan Struktur Pada *Software* Struktur

Dari data gambar yang telah didapatkan, dilakukan pemodelan struktur pada *Software* struktur dengan langkah-langkah sebagai berikut :

3.8.1 *Model Initialization*

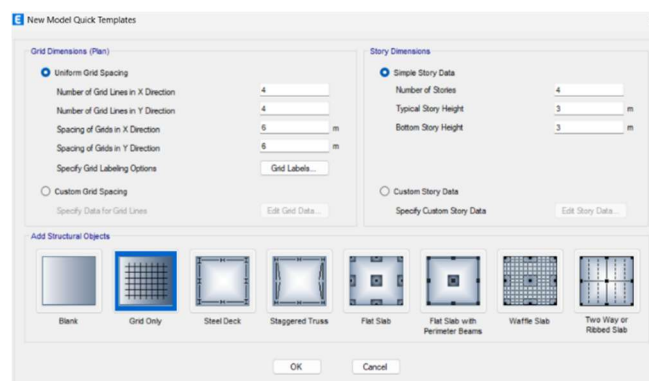
Langkah pertama adalah menentukan peraturan terbaru yang digunakan dalam pemodelan struktur gedung, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. 14.



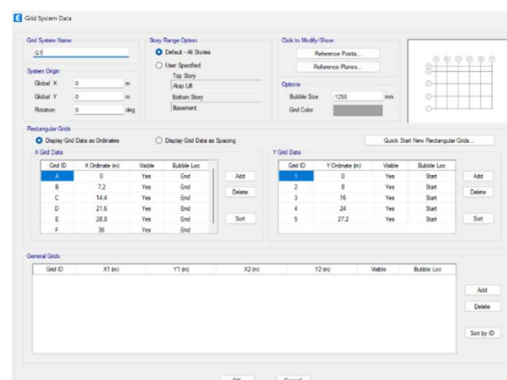
Gambar 3. 14 *Model initialization*

3.8.2 Grid System Data

Pada tahap ini, ditentukan dimensi bangunan, meliputi jumlah kolom, luas ruangan, tinggi, dan jumlah lantai yang akan dimodelkan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. 15 dan Gambar 3. 16.



Gambar 3. 15 Penentuan *template model*



Gambar 3. 16 *Grid system data*

3.8.3 Define Material Properties

Material yang diinput pada penelitian ini terdiri atas baja profil mutu BJ41, beton dengan mutu F_c 30 MPa, serta baja tulangan tipe BJTS520. Pendefinisian material dilakukan melalui menu: *Define - Material Properties - Add New Material*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. 17, Gambar 3. 18, dan Gambar 3. 19.

The image shows two side-by-side dialog boxes from a software interface. The left box, titled 'Material Property Data', contains fields for 'General Data' (Material Name: BJ 41, Material Type: Steel, Directional Symmetry Type: Isotropic, Material Display Color: Blue, Material Notes: Modify/Show Notes...), 'Material Weight and Mass' (Specify Weight Density: 76.3622 kN/m³, Specify Mass Density: 7850 kg/m³), 'Mechanical Property Data' (Modulus of Elasticity, E: 200000 MPa, Poisson's Ratio, ν : 0.3, Coefficient of Thermal Expansion, α : 0.000117 1/C, Shear Modulus, G: 76023.08 MPa), and 'Design Property Data' (Modify/Show Material Property Design Data...). The right box, titled 'Material Property Design Data', contains 'Material Name and Type' (Material Name: BJ 41, Material Type: Steel, Isotropic, Grade: Grade 36) and 'Design Properties for Steel Materials' (Minimum Yield Stress, F_y : 250 MPa, Minimum Tensile Strength, F_u : 410 MPa, Expected Yield Stress, F_{ye} : 275 MPa, Effective Tensile Strength, F_{ue} : 451 MPa). Both boxes have OK and Cancel buttons.

Gambar 3. 17 Define property baja

The image shows two side-by-side dialog boxes. The left box, titled 'Material Property Data', contains fields for 'General Data' (Material Name: FC 30, Material Type: Concrete, Directional Symmetry Type: Isotropic, Material Display Color: Green, Material Notes: Modify/Show Notes...), 'Material Weight and Mass' (Specify Weight Density: 23.536 kN/m³, Specify Mass Density: 2400 kg/m³), 'Mechanical Property Data' (Modulus of Elasticity, E: 27402.08 MPa, Poisson's Ratio, ν : 0.2, Coefficient of Thermal Expansion, α : 0.000088 1/C, Shear Modulus, G: 10708.23 MPa), and 'Design Property Data' (Modify/Show Material Property Design Data...). The right box, titled 'Material Property Design Data', contains 'Material Name and Type' (Material Name: FC 30, Material Type: Concrete, Isotropic, Grade:) and 'Design Properties for Concrete Materials' (Specified Concrete Compressive Strength, F_c : 30 MPa, Lightweight Concrete: unchecked, Shear Strength Reduction Factor:). Both boxes have OK and Cancel buttons.

Gambar 3. 18 Define property beton

The image shows two side-by-side dialog boxes. The left box, titled 'Material Property Data', contains fields for 'General Data' (Material Name: BJTS 520, Material Type: Rebar, Directional Symmetry Type: Uniaxial, Material Display Color: Cyan, Material Notes: Modify/Show Notes...), 'Material Weight and Mass' (Specify Weight Density: 76.3622 kN/m³, Specify Mass Density: 7850 kg/m³), 'Mechanical Property Data' (Modulus of Elasticity, E: 200000 MPa, Coefficient of Thermal Expansion, α : 0.000117 1/C), and 'Design Property Data' (Modify/Show Material Property Design Data...). The right box, titled 'Material Property Design Data', contains 'Material Name and Type' (Material Name: BJTS 520, Material Type: Rebar, Uniaxial, Grade:) and 'Design Properties for Rebar Materials' (Minimum Yield Strength, F_y : 520 MPa, Minimum Tensile Strength, F_u : 650 MPa, Expected Yield Strength, F_{ye} : 572 MPa, Expected Tensile Strength, F_{ue} : 715 MPa). Both boxes have OK and Cancel buttons.

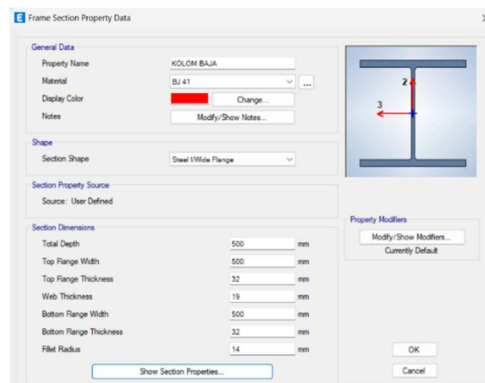
Gambar 3. 19 Define property tulangan

3.8.4 Define Frame Section

Pada tahapan ini dilakukan pemodelan elemen struktur yang akan digunakan, meliputi kolom, balok, dan pelat lantai. Pemodelan dilakukan untuk merepresentasikan kondisi struktur gedung secara menyeluruh sebagai dasar dalam proses analisis dan perencanaan struktur.

1. Pemodelan Kolom Konvensional

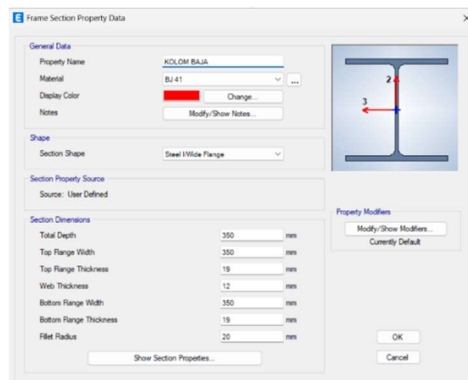
Tahapan dalam proses ini yaitu: *Define - Section Properties - Frame Section - Add New Properties - Steel - Steel I/Wide Flange*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. 20.



Gambar 3. 20 *Define Frame Section* kolom

2. Pemodelan Kolom Komposit baja - beton

- a. Tahapan pemodelan untuk penampang baja yaitu : *Define - Section Properties - Frame Section - Add New Properties - Steel - Steel I/Wide Flange*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. 21.



Gambar 3. 21 *Define Frame Section* profil baja

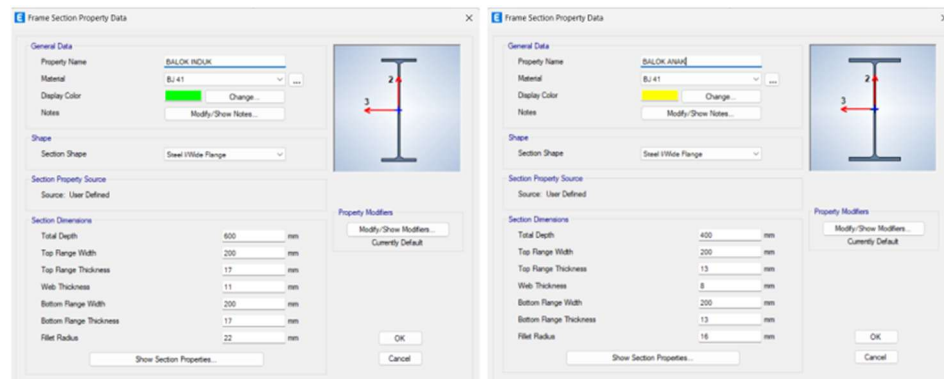
- b. Tahapan pemodelan untuk penampang kolom komposit yaitu : *Define - Section Properties - Frame Section - Add New Properties - Steel Composite - Concrete Encasement Rectangle*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. 22.



Gambar 3. 22 *Define Frame Section* kolom komposit

3. Pemodelan Balok Induk dan Balok Anak

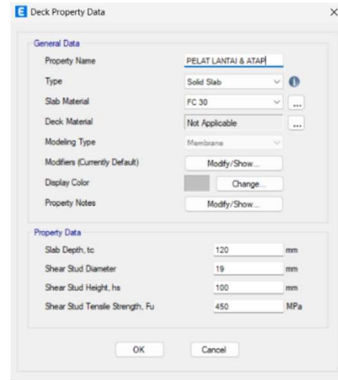
Tahapan dalam proses ini yaitu : *Define - Section Properties - Frame Section - Add New Properties - Steel - Steel I/Wide Flange*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. 23.



Gambar 3. 23 *Define Frame Section* balok

4. Pemodelan Pelat

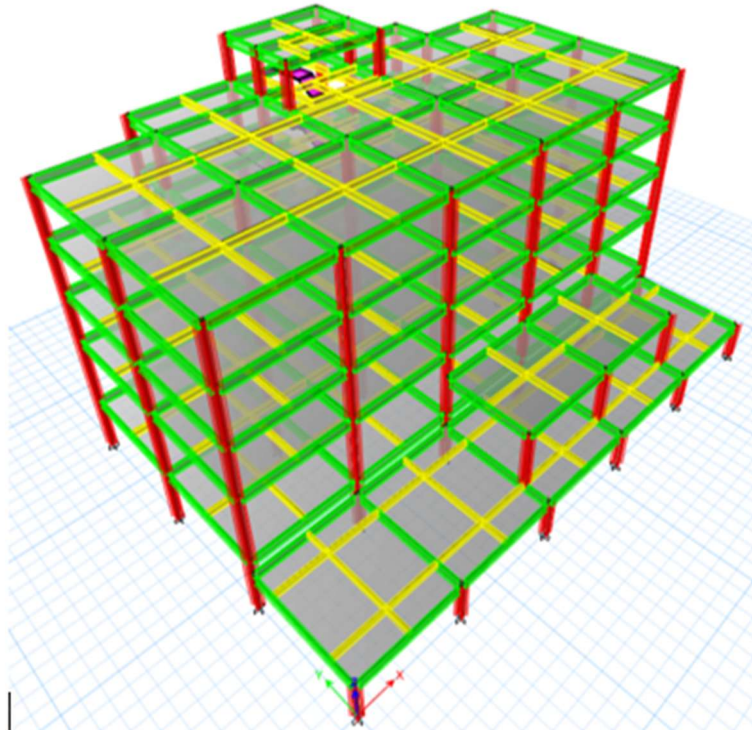
Tahapan dalam proses ini yaitu : *Define - Section Properties - Deck Section - Add New Properties*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. 24.



Gambar 3. 24 *Define Frame Section* pelat lantai & pelat atap

3.8.5 Hasil Pemodelan

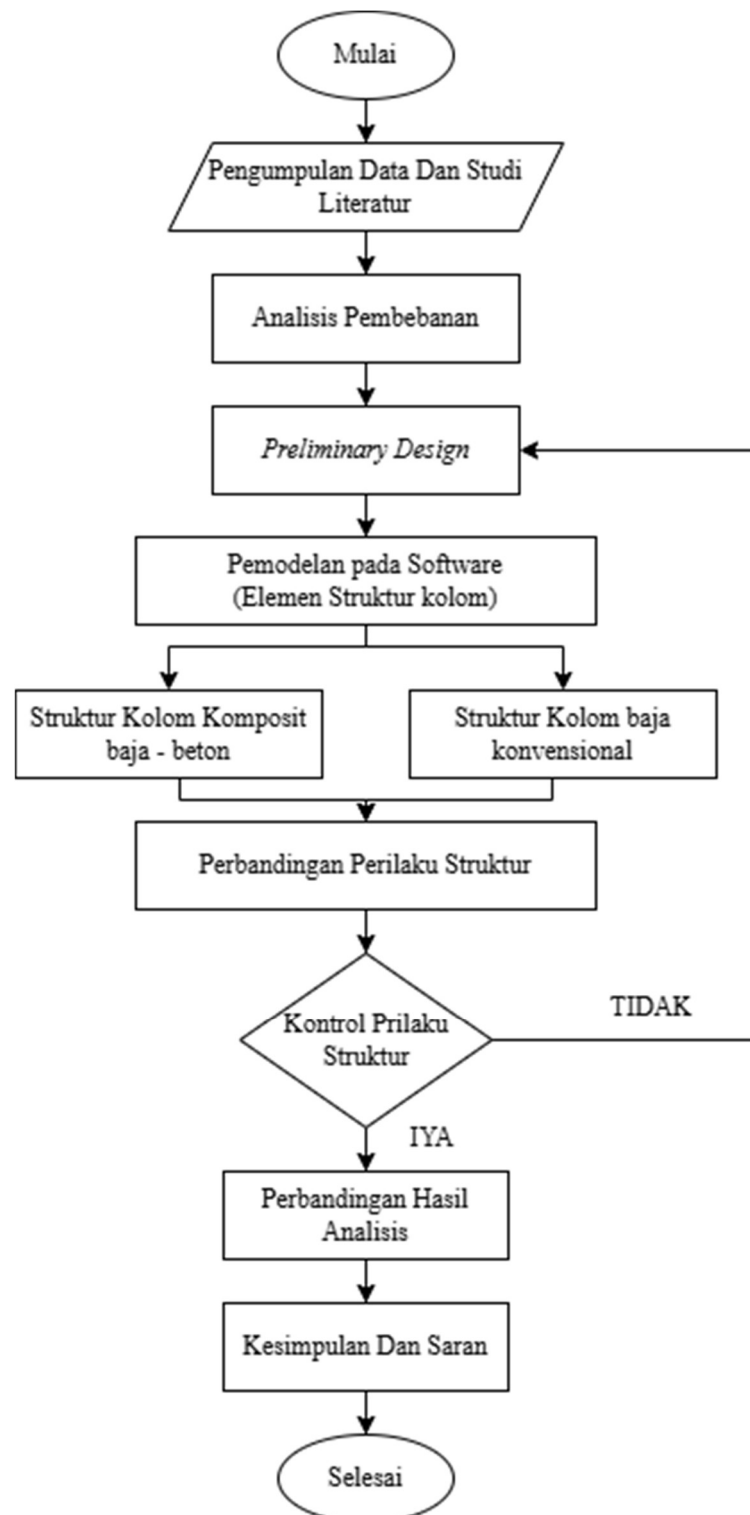
Berikut disajikan hasil pemodelan struktur gedung menggunakan *Software* struktur yang merepresentasikan kondisi bangunan, meliputi pemodelan kolom baja konvensional dan kolom komposit baja-beton, elemen balok, pelat lantai dan pelat atap sebagai dasar dalam proses analisis beban dan perencanaan elemen struktur, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. 25.



Gambar 3. 25 Pemodelan kolom baja dan kolom komposit di *Software* struktur

3.9 Alur Penelitian

Diagram alir penelitian Tugas Akhir ini disajikan pada Gambar 3. 26 untuk memperlihatkan tahapan penelitian yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir.



Gambar 3. 26 Diagram alir penelitian

3.10 Kode dan Standar Peraturan

Berikut ini merupakan peraturan-peraturan yang menjadi pedoman dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Standar Nasional Indonesia 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung digunakan dalam perencanaan elemen-elemen struktur gedung.
2. Standar Nasional Indonesia 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung digunakan sebagai acuan pembebanan gempa.
3. Standar Nasional Indonesia 1727-2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
4. Standar Nasional Indonesia 1729-2020 Tentang Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural
5. Departemen Pekerjaan Umum, 1987 Tentang pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan Gedung