

BAB IV

HASIL ANALISIS

4.1 Data Perencanaan

Data-data perencanaan dalam melakukan perancangan Gedung ICT Universitas Diponegoro Semarang didapat dari hasil studi dokumen dari pihak kontraktor terkait yang telah dilakukan *redesign*.

Nama Proyek	: Pembangunan Gedung ICT Universitas Diponegoro
Lokasi Proyek	: Kampus Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah
Jenis Bangunan	: Beton Bertulang
Fungsi Bangunan	: Perkantoran
Tinggi Bangunan	: ± 29 m
Jumlah Lantai	: 6 Lantai + 1 Rooftop

4.2 Preliminary Desain

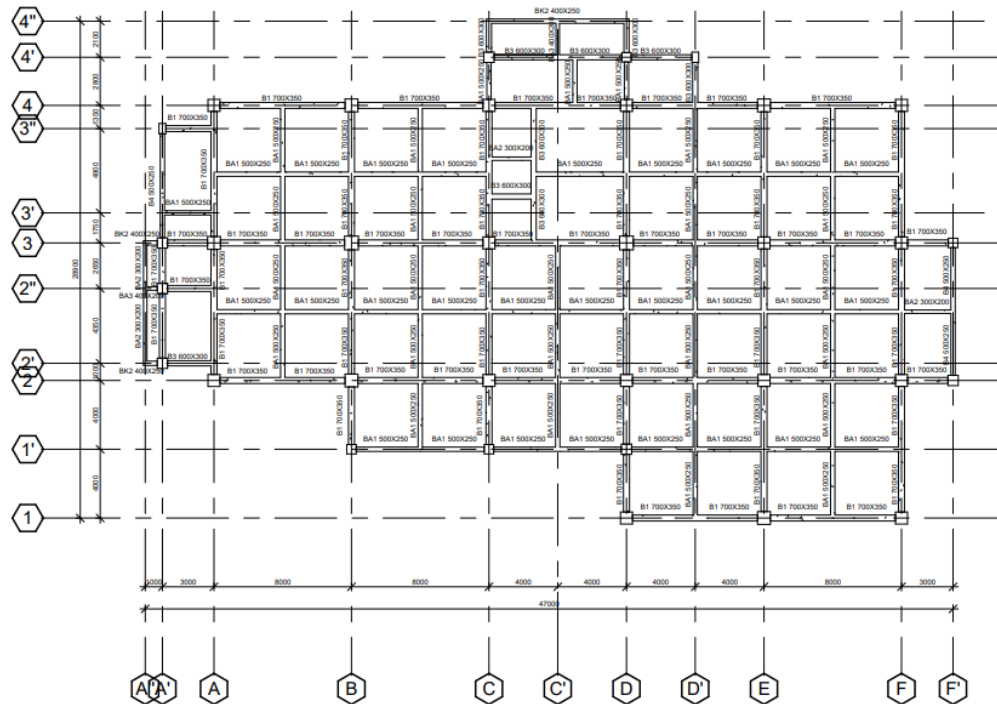
Melakukan perencanaan dimensi struktur gedung pada tahap *preliminary* desain yang mengacu pada SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.

4.2.1 Preliminary Balok

Sebelum melakukan *preliminary design*, digunakan denah rencana sebagai acuan perhitungan perencanaan dimensi penampang balok. Adapun denah rencana *tie beam* dan balok dari setiap lantai adalah sebagai berikut:

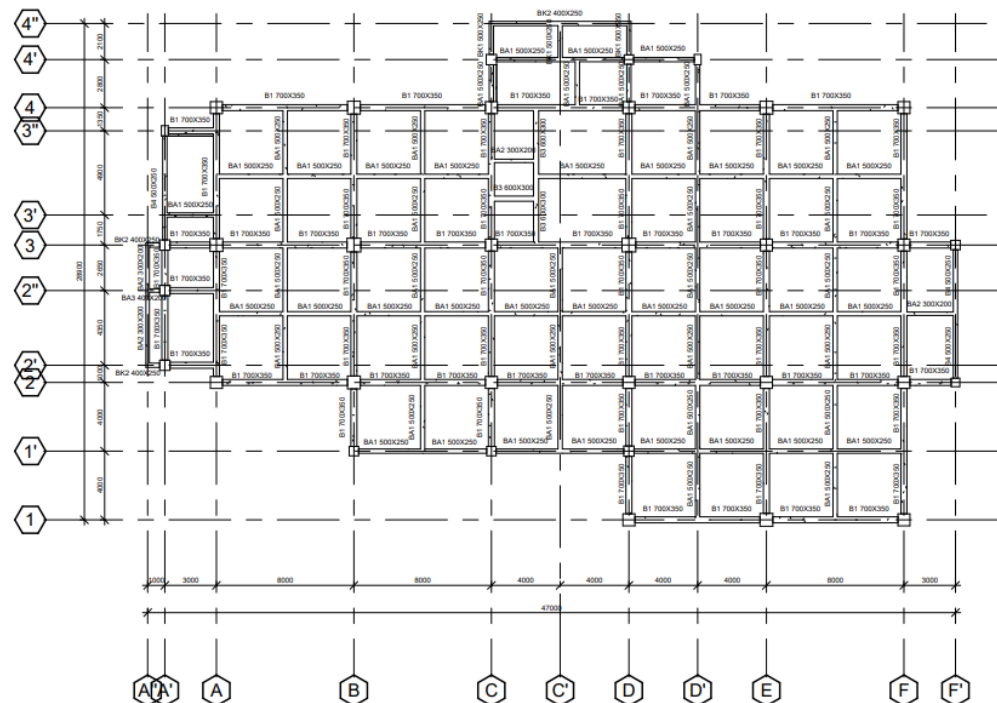
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025



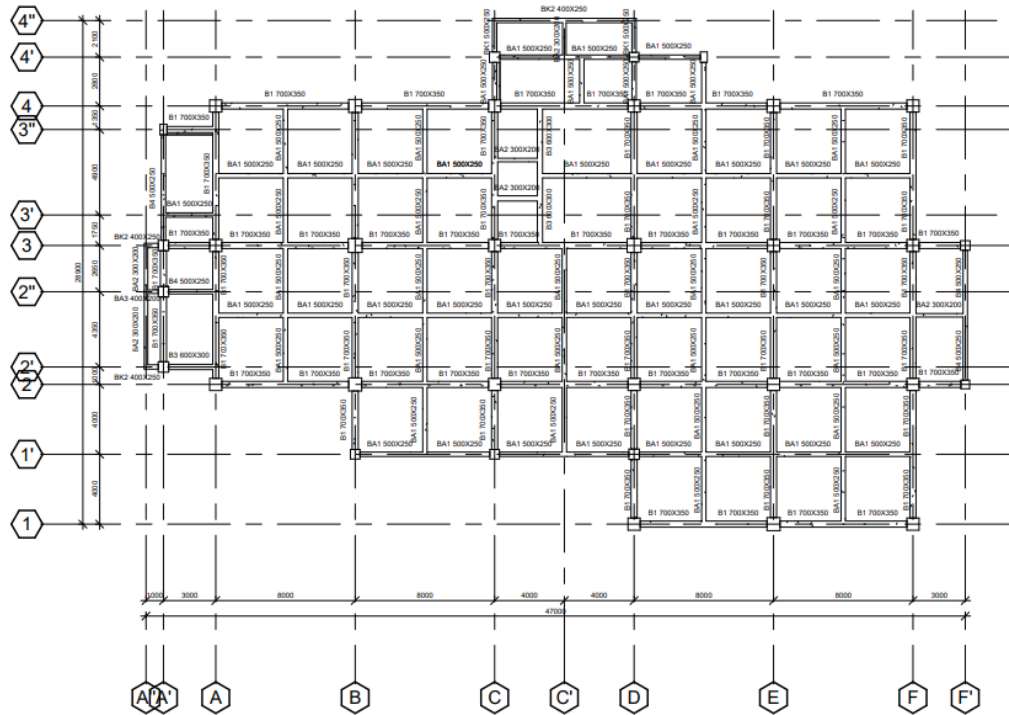
Gambar 4. 3 Denah Balok Lantai 3

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025



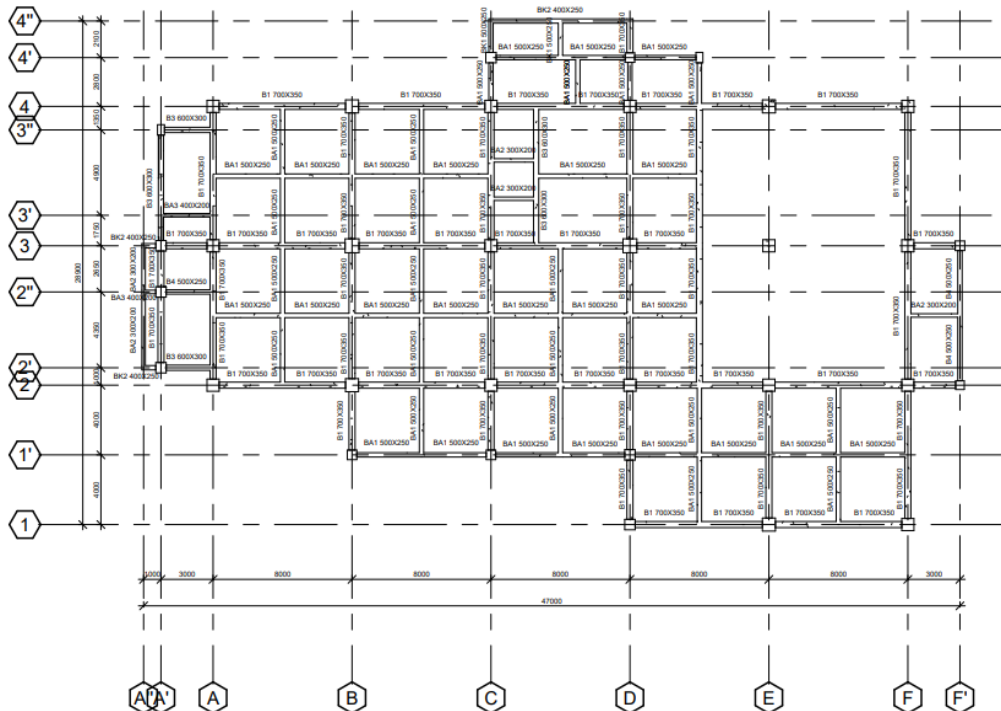
Gambar 4. 4 Denah Balok Lantai 4

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025



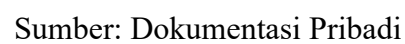
Gambar 4. 5 Denah Balok Lantai 5

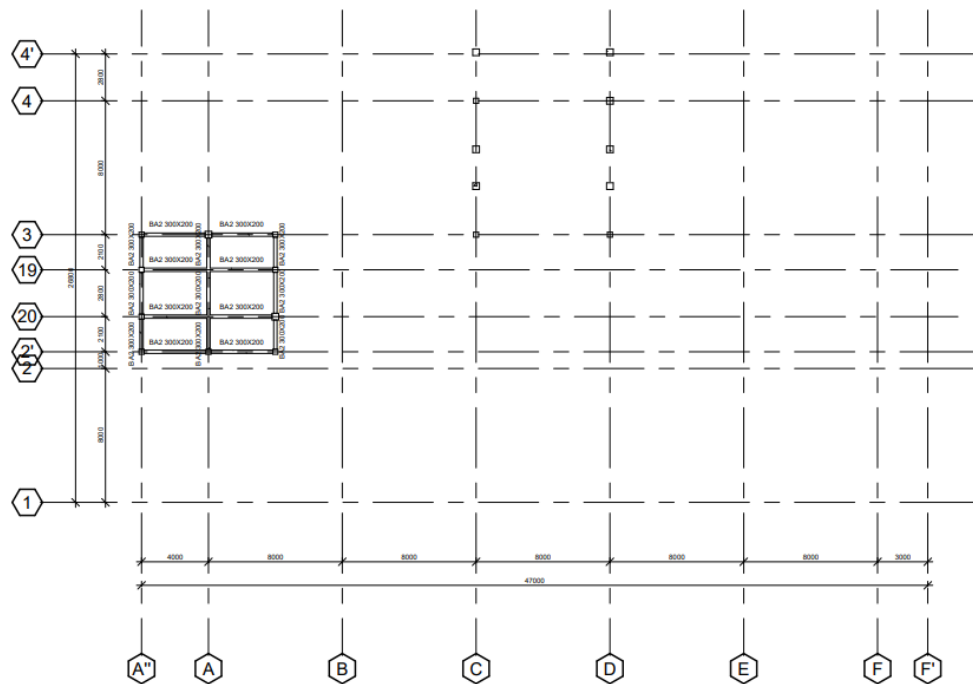
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 6 Denah Balok Lantai 6

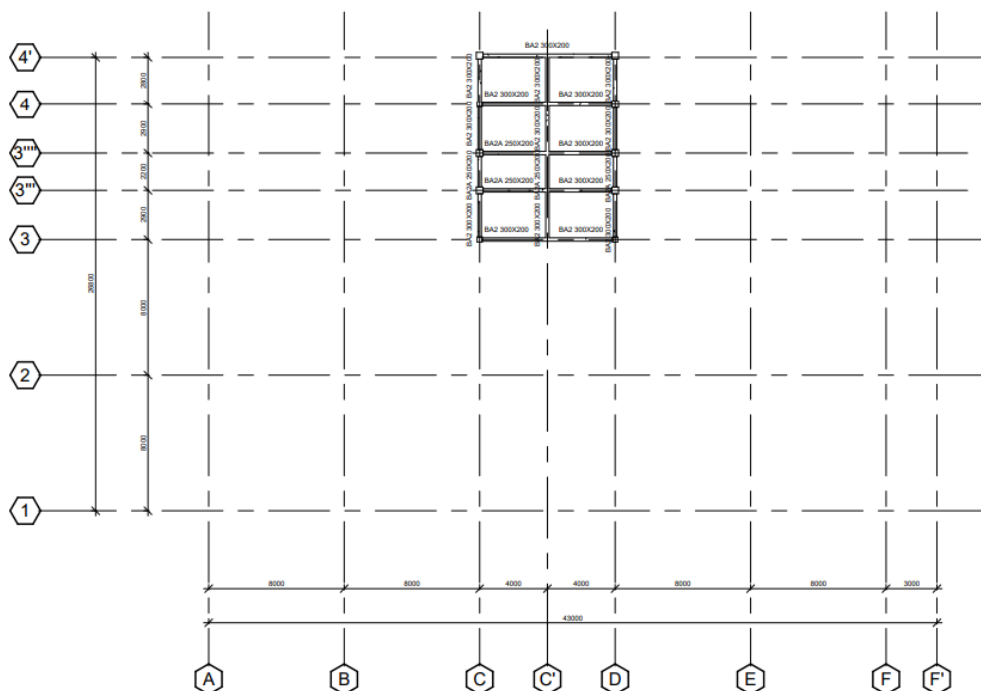
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025





Gambar 4. 9 Denah Balok Lantai Top Atap 2

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025



Gambar 4. 10 Denah Balok Lantai Top Atap 3

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

1. Perhitungan Dimensi Balok Induk

- a. Direncanakan balok dengan bentang 8000 mm dan mutu baja BjTS 420B (fy 420 Mpa), maka:

$$\begin{aligned} h_{min} &\geq \frac{L}{12} \\ &\geq \frac{8000}{12} \\ &\geq 666,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_{pakai} = 700 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{2} \times h \\ &= \frac{1}{2} \times 700 \\ &= 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b_{pakai} = 350 \text{ mm}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi balok 700 x 350 mm. kemudian dilakukan cek kontrol sesuai dengan syarat yang tercantum pada SNI 2847-2019 pasal 18.6.1 yaitu:

$$\begin{aligned} d &= h - \text{selimut beton} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{ Ø tul. Utama} \\ &= 700 - 30 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 19 \\ &= 650,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_n &= L - \frac{c_1}{2} - \frac{c_2}{2} \\ &= 8000 - \frac{700}{2} - \frac{700}{2} \\ &= 7300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1) \quad L_n &> 4d \\ 7300 \text{ mm} &> 4 \times 650,5 \\ 7300 \text{ mm} &> 2602 \text{ mm} \quad \mathbf{OK} \\ 2) \quad b &\geq 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 350 \text{ mm} &\geq 250 \text{ mm} && \text{OK} \\
 b &\geq 0,3h \\
 350 \text{ mm} &\geq 0,3 \times 700 \\
 350 \text{ mm} &\geq 210 \text{ mm} && \text{OK} \\
 3) \quad b &< c_2 \\
 350 \text{ mm} &< 700 \text{ mm} && \text{OK} \\
 b &< 0,75 \times c_1 \\
 350 \text{ mm} &< 0,75 \times 700 \\
 350 \text{ mm} &< 525 \text{ mm} && \text{OK}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Dimensi Balok Anak

- a. Direncanakan balok dengan bentang 8000 mm dan mutu baja BjTS 420B (f_y 420 Mpa), maka:

$$\begin{aligned}
 h_{min} &\geq \frac{L}{16} \\
 &\geq \frac{8000}{16} \\
 &\geq 500 \text{ mm} \\
 h_{pakai} &= 500 \text{ mm} \\
 b &= \frac{1}{2} \times h \\
 &= \frac{1}{2} \times 500 \\
 &= 250 \text{ mm} \\
 b_{pakai} &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi balok yaitu 500 x 250 mm. Kemudian dilakukan cek kontrol sesuai dengan syarat yang tercantum pada SNI 2847-2019 pasal 18.6.1 yaitu:

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{selimut beton} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{ Ø tul. Utama} \\
 &= 500 - 30 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 19 \\
 &= 450,5 \text{ mm} \\
 L_n &= L - \frac{c_1}{2} - \frac{c_2}{2}
 \end{aligned}$$

$$= 8000 - \frac{700}{2} - \frac{700}{2}$$

$$= 7300 \text{ mm}$$

- 1) $L_n > 4d$
 $7300 \text{ mm} > 4 \times 450,5$
 $7300 \text{ mm} > 1802 \text{ mm}$ **OK**
- 2) $b \geq 250 \text{ mm}$
 $250 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm}$ **OK**
 $b \geq 0,3h$
 $250 \text{ mm} \geq 0,3 \times 700$
 $250 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm}$ **OK**
- 3) $b < c_2$
 $250 \text{ mm} < 700 \text{ mm}$ **OK**
 $b < 0,75 \times c_1$
 $250 \text{ mm} < 0,75 \times 700$
 $250 \text{ mm} < 525 \text{ mm}$ **OK**

3. Perhitungan Dimensi Balok Kantilever

- a. Balok bentang 4000 mm, dengan mutu baja BjTS 420B (f_y 420 Mpa),
 maka:

$$\begin{aligned} h_{min} &\geq \frac{L}{8} \\ &\geq \frac{4000}{8} \\ &\geq 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{pakai} &= 500 \text{ mm} \\ b &= \frac{1}{2} \times h \\ &= \frac{1}{2} \times 500 \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b_{pakai} = 250 \text{ mm}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi balok kantilever yaitu 500 x 250 mm.

Tabel 4. 1 Rekapitulasi *Preliminary Design* Balok

Nama Balok	Status	Ln	H Min (SNI 2847 2019 Pasal 9.3.1.1)	Lebar (SNI 2847 2019 Pasal 18.6.2.1)	H Dipa kai	B min	B dipak ai (mm)	Balok <i>Preliminary</i>				
B1	balok induk	8000	666,67	200,00	700	350	350	B1	-	700	X	350
B2	balok induk	8000	666,67	200,00	500	250	250	B2	-	500	X	250
B3	balok induk	8000	666,67	200,00	750	375	500	B3	-	750	X	500
BA1	balok anak	8000	500,00	150,00	500	250	250	BA1	-	500	X	250
BA2	balok anak	2600	162,50	48,75	300	150	200	BA2	-	300	X	200
BA3	balok anak	1550	96,88	29,06	400	200	200	BA3	-	400	X	200
BA4	balok anak	8000	500,00	150,00	600	300	300	BA4	-	600	X	300
B1A	balok atap	8000	500,00	150,00	600	300	300	B1A	-	600	X	300
BA1 A	balok anak atap	8000	444,44	133,33	500	250	250	BA1 A	-	500	X	250
BA2 A	balok anak atap	4000	250,00	75,00	250	125	200	BA2 A	-	250	X	200
BK1	balok kantilever	4000	500,00	250,00	500	250	250	BK1	-	500	X	250
BK2	balok kantilever	1000	62,50	18,75	400	200	250	BK2	-	400	X	250
TB	tie beam	8000	666,67	200,00	700	350	400	S1	-	700	X	400

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

4.2.2 Preliminary Kolom

Data perencanaan:

Tipe Kolom	: K3
Lokasi yang ditinjau	: Lantai 1 As B/3
Bentang Balok	: 8000 mm
Tinggi Kolom	: 5000 mm
h balok B1	: 700 mm
b balok B1	: 350 mm
Mutu tulangan (fy)	: 420 Mpa

Dimensi kolom yang direncanakan sebagai berikut:

B	: 700 mm
H	: 700 mm

Dalam perencanaan ini untuk menentukan dimensi kolom mengacu pada SNI 2847-2019 Pasal 18.7.2 dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{1}{12} \times \frac{b}{L_{\text{kolom}}} \times h^3 \geq \frac{1}{12} \times \frac{b}{L_{\text{balok}}} \times h^3$$

$$\frac{1}{12} \times \frac{h}{5000} \times h^3 \geq \frac{1}{12} \times \frac{350}{8000} \times 700^3$$

$$h^4 \geq 75031250000$$

$$h \geq 523,3720734$$

$$h_{\text{pakai}} = 700 \text{ mm}$$

Jadi, didapatkan dimensi kolom yaitu 700 x 700 mm.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi *Preliminary* Dimensi Kolom

No.	Tipe Kolom	Bentang balok (mm)	Tinggi kolom (mm)	Dimensi balok (mm)		h kolom minimum (mm)	Dimensi Kolom (mm)	
				h	b		h	B
1	K1	8000	5000	700	350	532,3720	800	800
2	K2	8000	5000	700	350	532,3720	750	750
3	K3	8000	5000	700	350	532,3720	700	700
4	K4	8000	5000	700	350	532,3720	600	600
3	K5	8000	5000	700	350	532,3720	600	400
4	K6	8000	5000	700	350	532,3720	550	550
5	K7	8000	4000	700	350	494,9747	500	500
6	K8	4000	4000	400	200	336,3585	400	400
7	K9	4000	4000	400	200	336,3585	350	350

(Sumber: Analisa penulis, 2025)

4.2.3 *Preliminary* Pelat Lantai

Perhitungan pelat lantai dibagi menjadi dua jenis yaitu pelat satu arah dan dua arah yang mengacu pada SNI 2847-2019.

1. Perhitungan Pelat

Data perencanaan:

Mutu Beton, f_c' = 30 Mpa

Mutu Baja, f_y = 420 Mpa

Panjang Balok Arah X = 4000 mm

Panjang Balok Arah Y = 4000 mm

Rasio Sisi Terpanjang dan Terpendek = L_y/L_x

= $1 < 2$ (Pelat Dua Arah)

Dari perhitungan rasio L_x dan L_y , karena didapat nilai $L_y/L_x < 2$, maka digunakan pelat dua arah.

Tabel 4. 3 Dimensi Balok Penumpu Pelat

Balok 1		Balok 2		Balok 3		Balok 4		H Pelat
b [mm]	h [mm]	b [mm]	h [mm]	b [mm]	h [mm]	b [mm]	h [mm]	Rencana (hf) [mm]
350	700	350	700	250	500	250	500	140

Sumber: Analisa Penulis, 2025

Menurut SNI 2847-2019 tabel 8.3.1.2 tentang ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya, maka dihitung preliminary pelat sebagai berikut:

1. Menghitung Rasio Kekakuan Balok Penumpu terhadap Pelat yang Ditumpu
 - a. Menghitung Luasan, Titik Berat Penampang, dan Momen Inersia
- Berikut adalah rumus untuk menghitung titik berat penampang dan momen inersia balok dan pelat:

$$\bar{y} = \frac{(A1 \cdot y_{i1}) + (A2 \cdot y_{i2})}{A_t}$$

$$I_b = \left[\left(\frac{1}{12} \cdot b_w \cdot h^3 \right) + (A1 \cdot y_1^2) \right] + \left[\left(\frac{1}{12} \cdot b_e \cdot h^3 \right) + (A2 \cdot y_2^2) \right]$$

$$I_s = \frac{1}{12} \cdot l_x \cdot h^3$$

Keterangan:

$\bar{y}$: titik berat penampang

I_b : momen inersia balok

I_s : momen inersia pelat

Dari perhitungan, didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Perhitungan Momen Inersia Balok dan Pelat

Tipe Penumpu	$\bar{y}$ (mm)	Ib (mm ⁴)	Is (mm ⁴)
Balok 1	528,18	18723434545	457333333,3
Balok 2	528,18	18723434545	288000000,0
Balok 3	330,35	4576778323	914666666,7
Balok 4	330,35	4576778323	914666666,7

Sumber: Analisa Penulis, 2025

b. Mengitung Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat

$$a_f = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$$

Dari hasil perhitungan didapat:

$$a_{f1} = 40,940$$

$$a_{f2} = 65,012$$

$$a_{f3} = 5,004$$

$$a_{f4} = 5,0$$

Sehingga didapat kekakuan rata-rata, $afm = 28,99$

c. Menentukan Tebal Minimum Pelat

Berdasarkan tabel 8.3.1.2 SNI 2847-2019, jika nilai $afm > 2$, maka h minimum haruslah yang terbesar antara persamaan berikut:

$$h = \frac{L_n(0,8 + (\frac{fy}{1400}))}{36 + 9\beta}$$

atau

$$90 \text{ mm}$$

Dari perhitungan persamaan tersebut didapat nilai h minimum = 90,44 mm > 90 mm. Sehingga digunakan tebal pelat, P1 adalah 130 mm.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Preliminary Pelat Lantai

Tipe Pelat	Lokasi Pelat	Dimensi Pelat (m)		Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat				Rasio Kekakuan Rata-Rata (afm)	Syarat Tebal Minimum, afm > 2,0 (mm)	Tebal Minimum (mm) (Menurut SNI 2847-2019 Tabel 8.3.1.1)	Tebal Pelat Digunakan (mm)
		Lx	Ly	af1	af2	af3	af4				
P1	Sudut	4	4	40,94	65,01	5,00	5,00	28,99	90	90,44	130
	Tepi	4	4	7,95	40,94	38,83	10,01	24,43	90	90,44	130
	Interior	4	4	5,00	10,01	19,41	19,41	13,46	90	90,44	130
P2	Sudut	4	4	35	38,57	8,02	8,02	22,42	90	91,06	120
	Tepi	4	4	8,02	35,09	33,28	16,03	23,10	90	91,06	120
	Interior	4	4	8,02	16,03	16,6	16,64	14,33	90	91,06	120
P3	Sudut	4	2,9	2,82	4,23	1,22	1,22	2,37	90	85,89	100
	Tepi	4	2,2	1,22	2,82	2,45	2,45	2,23	90	75,72	100

(Sumber: Analisis Pribadi, 2025)

4.3 Pembebanan

Untuk melakukan analisa struktur langkah pertama yang dilakukan yaitu merencanakan pembebanan pada bangunan. Beban yang direncanakan yaitu beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

4.3.1 Beban Mati

Beban mati terbagi menjadi dua yaitu berat struktur itu sendiri dan beban mati tambahan (*super dead load*). Berat struktur itu sendiri sudah otomatis terinput dalam SAP2000 ketika melakukan *modelling*. Sedangkan, beban mati tambahan merupakan beban merata yang ada pada pelat dan dinding. Beban mati tambahan ini akan diperhitungkan untuk analisa struktur sebagai berikut:

1. Beban mati tambahan pada pelat lantai

- Berat Keramik	=	0,24 kN/m ²
- Berat Plafond & Penggantung	=	0,18 kN/m ²
- Spesi 4 cm	=	0,84 kN/m ²
- Ducting AC&ME	=	0,2 kN/m ²
Total	=	1,46 kN/m ²

2. Beban mati tambahan pada pelat atap

- Waterproofing	=	0,05 kN/m ²
- Berat Plafond & Penggantung	=	0,18 kN/m ²
- Ducting AC&ME	=	0,2 kN/m ²
Total	=	0,43 kN/m ²

3. Beban mati tambahan pada balok akibat dinding bata ringan, t = 10cm

- Lantai 1, t = 5m	=	0,2 kN/m ² X 5 M
	=	1 kN/m
- Lantai 2-6, t = 4m	=	0,2 kN/m ² X 4 M
	=	0,8 kN/m
- Lantai 2-6, t = 2m	=	0,2 kN/m ² X 2 M
	=	0,4 kN/m

4. Beban mati tambahan pada balok akibat dinding *curtain wall*

- Lantai 1, t = 5m	=	0,05 kN/m ² x 5 m
	=	0,25 kN/m
- Lantai 2-6, t = 4m	=	0,05 kN/m ² x 4 m
	=	0,2 kN/m

5. Beban mati tambahan pada balok akibat dinding ACP Rangka Hollow

- Lantai 1, t = 5m	=	0,0784 kN/m ² x 5 m + 0,0108 kN/m
	=	0,403 kN/m
- Lantai 2-6, t = 4m	=	0,0784 kN/m ² x 4 m + 0,0108 kN/m
	=	0,3514 kN/m

6. Beban mati tambahan pada balok akibat dinding partisi

- Lantai 4, t = 4m	=	0,06 kN/m ² x 4 m
	=	0,24 kN/m

7. Beban mati tambahan pada pelat lantai akibat beban dinding

- Lantai 2-6 As A-B/3-4 toilet, $t = 4\text{m}$

$$\frac{6,65 \quad x \quad 4 \quad x \quad 0,2}{4 \quad x \quad 4} = 0,33 \quad \text{kN/m}^2$$

- Lantai 2-6 As A-B/3-4 toilet 2, $t = 4\text{m}$

$$\frac{11,35 \quad x \quad 4 \quad x \quad 0,2}{4 \quad x \quad 4} = 0,57 \quad \text{kN/m}^2$$

- Lantai 2-5 As A-B/3-4 *pantry*, $t = 4\text{m}$

$$\frac{8,325 \quad x \quad 4 \quad x \quad 0,2}{4 \quad x \quad 4} = 0,42 \quad \text{kN/m}^2$$

- Lantai 2 As A-B/1-2 R. *Small Meeting*, $t = 4\text{m}$

$$\frac{4 \quad x \quad 4 \quad x \quad 0,05}{4 \quad x \quad 4} = 0,05 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\frac{4 \quad x \quad 4 \quad x \quad 0,05}{4 \quad x \quad 4} = 0,05 \quad \text{kN/m}^2$$

- Lantai 2-6 As A-B/3-4 toilet, $t = 4\text{m}$

$$\frac{10 \quad x \quad 4 \quad x \quad 0,2}{4 \quad x \quad 4} = 0,5 \quad \text{kN/m}^2$$

- Lantai 3 As A*-A/1-2 R. Sidang, $t = 4\text{m}$

$$\frac{3 \quad x \quad 4 \quad x \quad 0,05}{4 \quad x \quad 4} = 0,04 \quad \text{kN/m}^2$$

- Lantai 3 As E-F/2-3 R. Server, $t = 4\text{m}$

$$\frac{4 \quad x \quad 4 \quad x \quad 0,2}{4 \quad x \quad 4} = 0,20 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\frac{4 \quad x \quad 4 \quad x \quad 0,2}{4 \quad x \quad 4} = 0,20 \quad \text{kN/m}^2$$

- Lantai 7, $t = 3 \text{ m}$

$$\frac{5,6 \times 3 \times 0,2}{4 \times 4} = 0,21 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{4 \times 1,5 \times 0,2}{4 \times 4} = 0,08 \text{ kN/m}^2$$

4.3.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang muncul akibat dari penggunaan bangunan oleh penghuninya dan tidak termasuk berat dari material konstruksi itu sendiri, beban akibat kondisi alam seperti gempa dan beban mati. Beban hidup ini akan diperhitungkan sesuai dengan fungsi ruangan sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Beban Hidup Merata

Fungsi	Beban Hidup Merata
	kN/m ²
Ruang Kantor	2,4
Koridor	4,79
Ruang Rapat	4,79
Ruang Pertemuan	4,79
Hall/Lobby	4,79
Ruang Pelayanan	4,79
Lavatory	2,87
Ruang MEP	6
Ruang Komputer	4,79
Ruang Arsip atau Gudang	3,92
Balkon	2,94
<i>Rooftop</i>	4,79
Mushola	4,79

(Sumber: SNI 1727-2020 Tabel 4.1)

4.3.3 Beban Angin

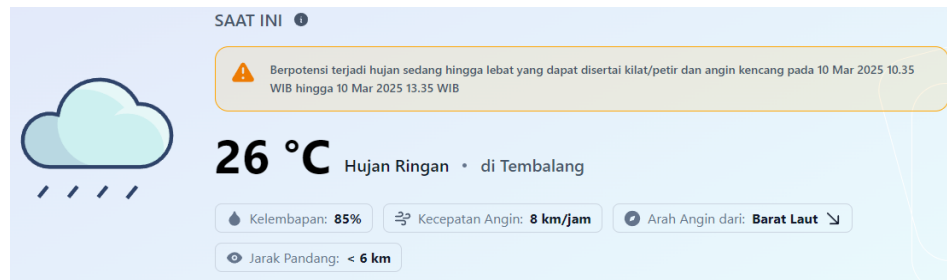
Perhitungan perencanaan beban angin mengacu pada SNI 1727-2020 Pasal 26 sebagai berikut.

1. Menetapkan kecepatan angin dasar

Menurut informasi yang diakses melalui situs BMKG (www.bmkg.go.id) pada tanggal 10 Maret 2025, didapatkan data bahwa di Kota Semarang, kecepatan angin tertinggi mencapai 8 km/jam. Oleh karena itu, dalam perencanaan ini akan menggunakan kecepatan angin pada kondisi tersebut sebagai berikut.

$$V = 8 \text{ km/jam}$$

$$= 2,22 \text{ m/s}$$



Gambar 4. 11 Kecepatan Angin Daerah Tembalang, Kabupaten Semarang Tahun 2025

(Sumber: www.bmkg.go.id, 2025)

2. Menetapkan parameter beban angin berdasarkan SNI 1727-2020

- a. Faktor Arah Angin (K_d): 0,85 sesuai dengan Tabel 26.6-1

Tabel 4. 7 Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe struktur	Faktor arah angin K_d
Bangunan gedung	
Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) ^a	0,85
Komponen dan Klading (K&K)	0,85
Atap lengkung	0,85
Kubah berbentuk bundar	1,0 ^a
Cerobong, tangki, dan struktur serupa	0,90
Persegi	0,95
Segi enam	1,0 ^a
Segi delapan	1,0 ^a
Bundar	
Dinding solid yang berdiri bebas, peralatan bagian atap, dan panel petunjuk solid yang berdiri bebas serta panel petunjuk terikat	0,85
Panel petunjuk terbuka dan rangka terbuka bidang tunggal	0,85
Rangka batang menara	
Segitiga, persegi, atau persegi panjang	0,85
Semua penampang lainnya	0,95

^aFaktor arah angin $K_d = 0,95$ diberikan untuk struktur bundar atau struktur segi delapan dengan sistem struktur non-asimetris.

(Sumber: SNI 1727-2020 Tabel 26.6.1., 2025)

- b. Kategori eksposur: B, menurut Pasal 26.7

26.7.2 Kategori kekasaran permukaan

Kekasaran permukaan tanah dalam setiap sektor 45° harus ditentukan untuk suatu jarak lawan angin dari situs sebagaimana ditentukan dalam Pasal 26.7.3 dari kategori yang didefinisikan dalam teks berikut, untuk tujuan menetapkan suatu kategori eksposur seperti yang didefinisikan dalam Pasal 26.7. 3.

Kekasaran Permukaan B: Daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan, atau daerah lain dengan penghalang berjarak dekat seukuran tempat tinggal keluarga-tunggal atau lebih besar dalam jumlah banyak.

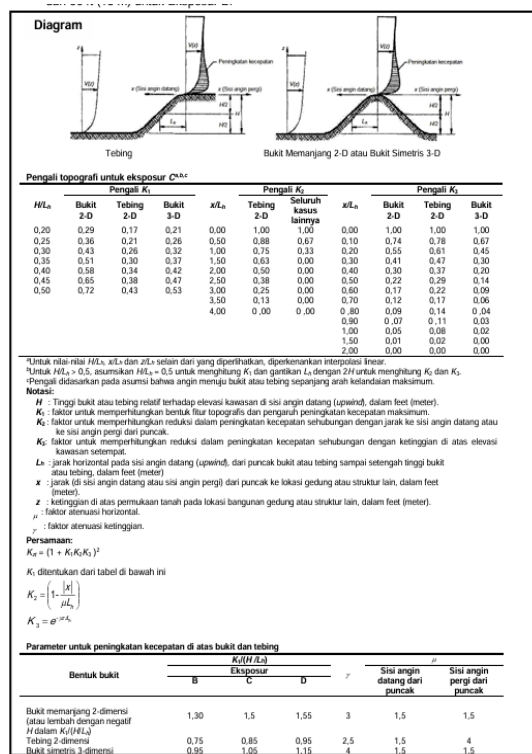
Kekasaran Permukaan C: Dataran terbuka dengan penghalang tersebar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 30 ft (9,1m). Kategori ini mencakup daerah terbuka datar dan padang rumput.

Kekasaran Permukaan D: Permukaan datar, area tanpa halangan dan permukaan air. Kategori ini termasuk hamparan lumpur halus.

Gambar 4. 12 Kategori Eksposur

(Sumber: SNI 1727-2020, 2025)

c. Faktor Topografi (K_z): 1, berdasarkan pada Pasal 26.8 dan tabel 26.8.1



Gambar 26.8-1 - Faktor topografi, K_z

Gambar 4. 13 Faktor Topografi

(Sumber: SNI 1727-2020, 2025)

d. Faktor Elevasi Permukaan Tanah (K_e): 1, menurut Pasal 26.9 SNI 1727-2020

- e. Faktor Efek Hembusan Angin (G): 0,85 berdasarkan Pasal 26.11 SNI 1727-2020
- f. Klasifikasi Ketertutupan menurut Pasal 26.12 SNI 1727-2020
Bangunan Gedung ICT Universitas Diponegoro tergolong sebagai bangunan tertutup.
- g. Koefisien Tekanan Internal (GC_{pi}) sesuai Pasal 26.13 dan pada tabel berikut.

Tabel 4. 8 Koefisien Tekanan Internal

Tabel 26.13-1 - Sistem penahan gaya angin utama dan komponen dan klading (semua ketinggian): koefisien tekanan internal, (GC_{pi}), untuk bangunan tertutup, tertutup sebagian, terbuka sebagian, dan bangunan terbuka (dinding dan atap)

Klasifikasi ketertutupan	Kriteria untuk klasifikasi ketertutupan	Tekanan internal	Koefisien tekanan internal (GC _{pi})
Bangunan tertutup	A _o kurang dari terkecil 0,01A _g atau 4 ft ² (0,37 m ²) dan A _o /A _g ≤ 0,2	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan tertutup sebagian	A _o > 1,1A _{o1} dan A _o > terkecil dari 0,01A _g atau 4 ft ² (0,37 m ²) dan A _o /A _g ≤ 0,2	Tinggi	- 0,55 - 0,55
Bangunan terbuka sebagian	Bangunan yang tidak sesuai dengan Klasifikasi tertutup, tertutup sebagian, atau klasifikasi terbuka	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan terbuka	Setiap dinding minimal terbuka 80 %	Diabaikan	0,00

CATATAN
1. Tanda plus dan minus menandakan tekanan yang bekerja ke arah dan menjauh dari permukaan dalam, masing-masing.

(Sumber: SNI 1727-2020, 2025)

3. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas (K_z)

Berdasarkan pada SNI 1727-2020 Pasal 26.10.1 nilai K_z didapatkan sesuai konstanta eksposur daratan pada tabel berikut.

Tabel 4. 9 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas

Eksposur	α	Z _g (m)	$\frac{1}{a}$	$\frac{1}{b}$	$\frac{1}{\bar{a}}$	$\frac{1}{\bar{b}}$	c	ℓ (m)	$\frac{1}{\bar{e}}$	Z _{min} (m) ^a
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

(Sumber: SNI 1727-2020, 2025)

$$\begin{aligned}
 K_z &= 2,01(Z/Z_g)^{2/a} \\
 &= 2,01(29/365,76)^{2/7} \\
 &= 0,97428
 \end{aligned}$$

Nilai $z = 29$ (tinggi bangunan), sedangkan nilai Z_g dan a didapat berdasarkan SNI 1727-2020 Pasal 26.11.4 Tabel 26.11-1 yaitu $Z_g: 365,76$ dan $a: 7,0$.

4. Tekanan Kecepatan Velositas (q_z)

Nilai tekanan velositas berdasarkan SNI 1727-2020 pasal 26.10.2 yaitu

$$\begin{aligned} q_z &= 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \\ &= 0,613 \cdot 0,97428 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 2,22^2 \\ &= 2,5069 \text{ N/m}^2 = 0,002507 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan Pasal 27.1.5 nilai beban angin tidak diperbolehkan $< 0,77 \text{ kN/m}^2$.

$$q_i < 0,77 \text{ kN/m}^2$$

$$0,00244 < 0,77 \text{ kN/m}^2$$

Maka, dinding bangunan Gedung yang digunakan yaitu $0,77 \text{ kN/m}^2$

5. Koefisien Tekanan Eksternal

Tabel 4. 10 Koefisien Tekanan Eksternal

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
	0 – 1	- 0,5	q_h
Dinding di sisi angin pergi	2	- 0,3	q_h
	≥ 4	- 0,2	q_h
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

(Sumber: SNI 1727-2020, 2025)

$$L = 40 \text{ m}$$

$$B = 55,545 \text{ m}$$

$$L/B = 0,72014$$

$$\text{Dinding sisi angin datang, } C_p = 0,8$$

$$\text{Dinding sisi angin pergi, } C_p = -0,3$$

$$\text{Dinding tepi, } C_p = -0,7$$

6. Tekanan angin (p) pada permukaan Gedung

Berdasarkan SNI 1727-2020 pasal 27.3.1 tercantum bahwa tekanan angin (p) harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$p = q \cdot G \cdot C_p - q_i(G_{cpi})$$

a. Dinding sisi angin datang

$$\begin{aligned} p &= q \cdot G \cdot C_p - q_i(G_{cpi}) \\ &= 0,77 \cdot 0,85 \cdot 0,8 - 0,002507(-0,18) \\ &= 0,52405 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Dinding sisi angin pergi

$$\begin{aligned} p &= q \cdot G \cdot C_p - q_i(G_{cpi}) \\ &= 0,77 \cdot 0,85 \cdot (-0,30) - 0,002507(-0,18) \\ &= -0,1959 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

c. Dinding sisi tepi/samping

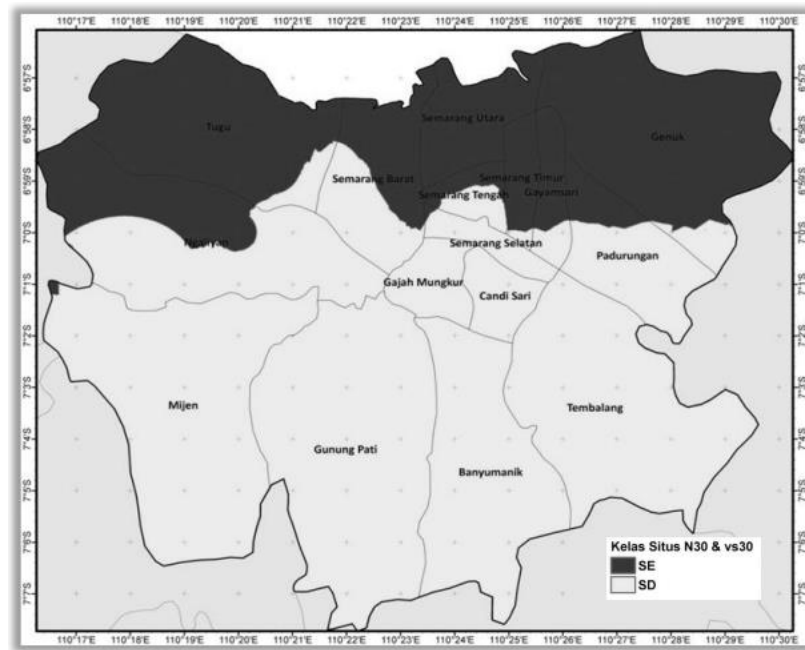
$$\begin{aligned} p &= q \cdot G \cdot C_p - q_i(G_{cpi}) \\ &= 0,77 \cdot 0,85 \cdot (-0,70) - 0,002507(-0,18) \\ &= -0,4577 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4.3.4 Beban Gempa

Perencanaan beban gempa struktur Gedung ICT UNDIP mengacu pada SNI 1726-2019. Adapun beban gempa yang dimasukkan ke *software* SAP2000 yaitu beban gempa respon spektrum.

1. Klasifikasi Situs

Berdasarkan Peta Kelas Situs Kota Semarang, Kecamatan Tembalang termasuk ke dalam kelas situs SD (Tanah Sedang).



Gambar 4. 14 Peta Klasifikasi Situs Kota Semarang

Sumber: Jananda, A. S., Fadillah, P., Partono, W., & Hardiyati, S., 2014

2. Kategori Risiko Bangunan Gedung

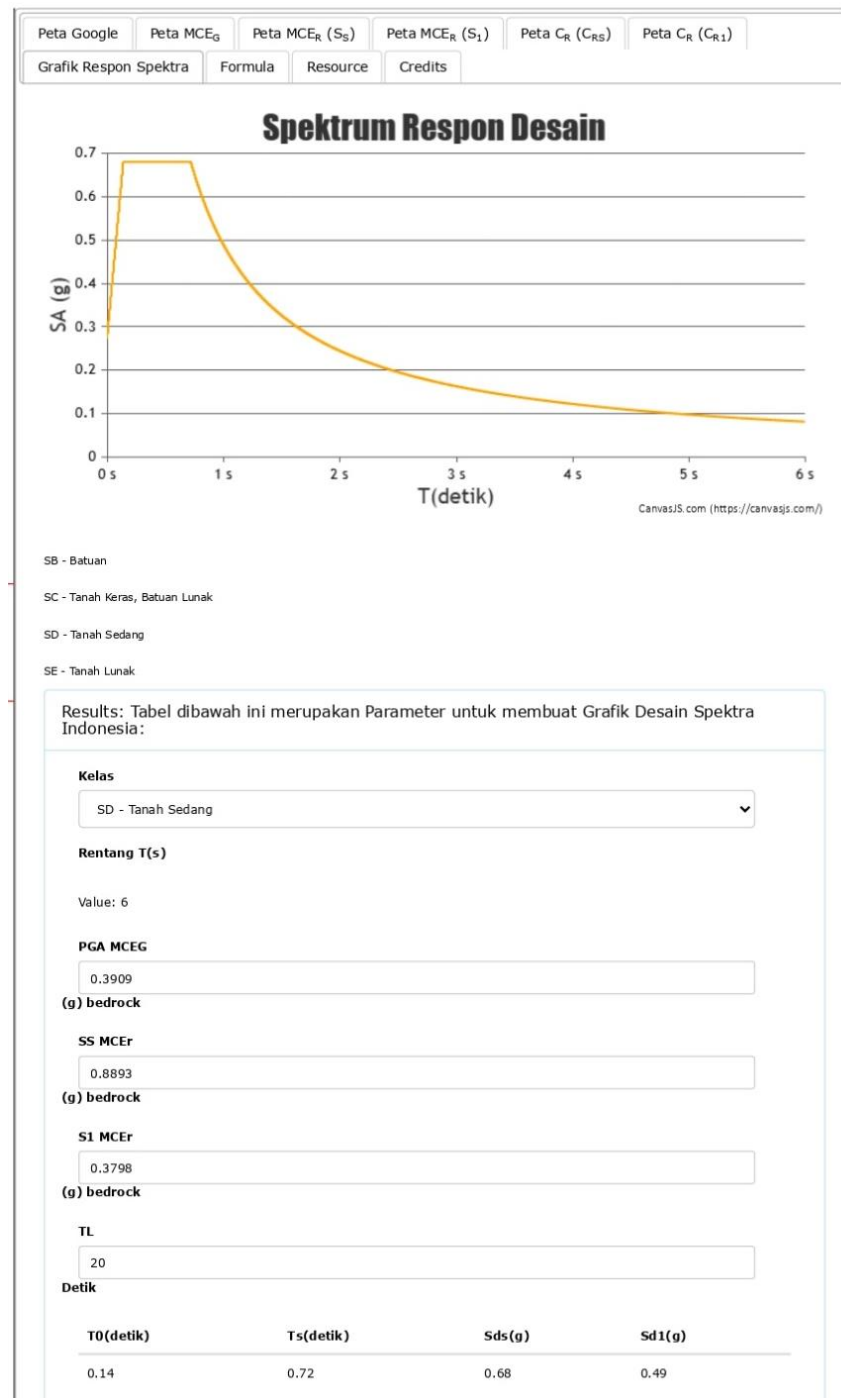
Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 4.1.2 tabel 3, Gedung ICT Universitas Diponegoro yang difungsikan sebagai gedung perkantoran termasuk dalam kategori risiko II.

3. Faktor Keutamaan Gempa

Gedung ICT Universitas Diponegoro yang termasuk dalam kategori risiko II, menurut SNI 1726-2019 Tabel 4 memiliki nilai faktor keutamaan gempa (I_e) 1,0.

4. Parameter Respons Spektral

Parameter respons spektral diperoleh dari [website rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/](http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/) yang menampilkan grafik respon spektra sebagai berikut:



Gambar 4.15 Spektrum Respon Desain
(Sumber: rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021, 2025)

Dari grafik di atas, didapatkan nilai Ss dan S1 sebesar 0,8893 g dan 0,3798 g.

5. Faktor Amplifikasi Getaran, Fa dan Fv

a. Nilai Koefisien Situs, Fa

Dari nilai $S_s = 0,8893$ g, menggunakan interpolasi lurus berdasarkan nilai S_s dan nilai kelas situs menurut SNI 1726-2019 tabel 6, didapat nilai $F_a = 1,1443$ g.

b. Nilai Koefisien Situs, F_v

Dari nilai $S_1 = 0,380$ g, menggunakan interpolasi lurus berdasarkan nilai S_1 dan nilai kelas situs menurut SNI 1726-2019 tabel 7, didapat nilai $F_v = 1,9202$ g.

6. Parameter Respon Spektral

a. Nilai parameter respon spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode detik (S_{MI}) dari nilai F_a dan F_v .

$$\begin{aligned} - S_{MS} &= S_s \times F_a \\ &= 0,8893 \times 1,1443 \\ &= 1,0176 \text{ g} \\ - S_{MI} &= S_1 \times F_v \\ &= 0,380 \times 1,9202 \\ &= 0,7293 \text{ g} \end{aligned}$$

b. Nilai parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{DI})

$$\begin{aligned} - S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 1,0176 \\ &= 0,6784 \text{ g} \\ - S_{DI} &= \frac{2}{3} \times S_{MI} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,7293 \\ &= 0,4862 \text{ g} \end{aligned}$$

7. Kategori Desain Seismik (KDS)

Berdasarkan parameter respon percepatan periode pendek dan periode 1 detik sesuai SNI 1726-2019 tabel 8 dan 9, maka Gedung ICT Center Universitas Diponegoro termasuk pada kategori desain seismik D sehingga termasuk pada resiko kegempaan tinggi. Oleh karena itu, digunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

8. Nilai Koefisien Faktor R , Ω , dan C_d

Gedung ICT Center Undip direncanakan menggunakan sistem pemikul gaya seismik berupa beton bertulang pemikul momen khusus, maka menurut SNI 1726-2019 pasal 7.2.2. ditentukan:

- a. Nilai koefisien modifikasi respon, $R = 8$
- b. Nilai faktor kuat lebih sistem, $\Omega = 3$
- c. Nilai faktor pembesaran defleksi, $C_d = 5,5$

9. Periode Fundamental

Nilai periode fundamental pendekatan, dihitung dengan persamaan berikut

- a. Periode Minimum, $T_{a \min} = C_t \times H_n^x = 0,9650$ detik
- b. Periode Maksimum, $T_{a \max} = C_u \times T_a = 1,351$ detik
- c. Periode Hasil Analisa SAP 2000 (T_c)

$$T_c \text{ arah } x = 1,287 \text{ detik}$$

$$T_c \text{ arah } y = 1,566 \text{ detik}$$

$$\text{Cek kontrol} = T_{a \min} < T_c < T_{a \max}$$

$$= 0,9650 < 1,287 < 1,351$$

$$\text{Periode arah } x, T_x = 1,287 \text{ detik}$$

$$\text{Periode arah } y, T_y = 1,351 \text{ detik}$$

4.4 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan syarat beban minimum untuk bangunan tahan gempa menurut SNI 1729:2020 pasal 4.2.2.1 dan 4.2.2.3, maka kombinasi pembebanan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$S_{ds} : 0,6784$$

$$\rho : 1,3$$

Tabel 4. 11 Kombinasi Pembebanan

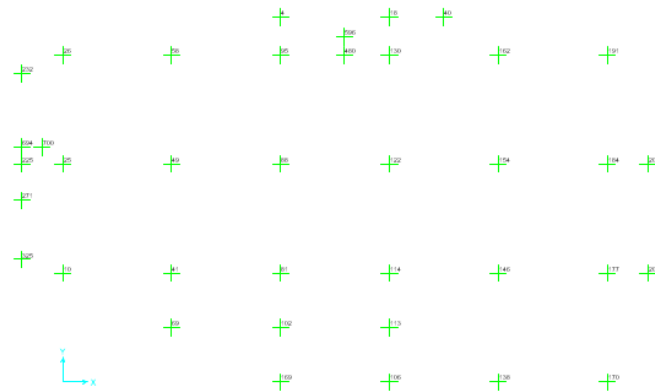
Kombinasi		DL	SIDL	LL	W _x	W _y	E _x	E _y
Comb.	1	1,4	1,4					
Comb.	2	1,2	1,2	1,6				
Comb.	3	1,2	1,2		0,5			
Comb.	4	1,2	1,2		-0,5			
Comb.	5	1,2	1,2			0,5		
Comb.	6	1,2	1,2			-0,5		
Comb.	7	1,2	1,2		0,375	0,375		
Comb.	8	1,2	1,2		-0,375	-0,375		
Comb.	9	1,2	1,2	1	1			
Comb.	10	1,2	1,2	1	-1			
Comb.	11	1,2	1,2	1		1		
Comb.	12	1,2	1,2	1		-1		
Comb.	13	1,3357	1,3357	1			1,3	0,39
Comb.	14	1,3357	1,3357	1			1,3	-0,39
Comb.	15	1,3357	1,3357	1			-1,3	0,39
Comb.	16	1,3357	1,3357	1			-1,3	-0,39
Comb.	17	1,3357	1,3357	1			0,39	1,3
Comb.	18	1,3357	1,3357	1			-0,39	1,3
Comb.	19	1,3357	1,3357	1			0,39	-1,3
Comb.	20	1,3357	1,3357	1			-0,39	-1,3
Comb.	21	0,7643	0,7643				1,3	0,39
Comb.	22	0,7643	0,7643				1,3	-0,39
Comb.	23	0,7643	0,7643				-1,3	0,39
Comb.	24	0,7643	0,7643				-1,3	-0,39
Comb.	25	0,7643	0,7643				0,39	1,3
Comb.	26	0,7643	0,7643				-0,39	1,3
Comb.	27	0,7643	0,7643				0,39	-1,3
Comb.	28	0,7643	0,7643				-0,39	-1,3

(Sumber: Analisis Penulis, 2025)

4.5 Analisis Struktur

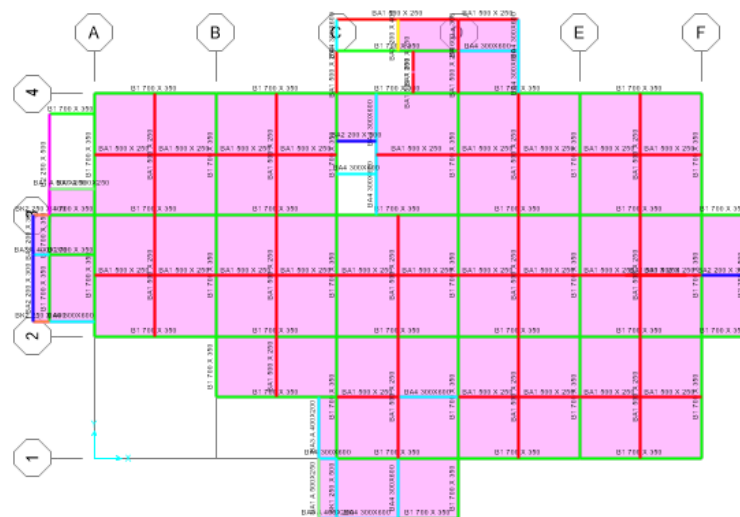
4.5.1 Permodelan Struktur

Berikut adalah denah permodelan struktur setiap lantai yang dimodelkan dalam SAP2000 untuk selanjutnya dikenai beban-beban sesuai rencana dan dilakukan Analisa struktur.



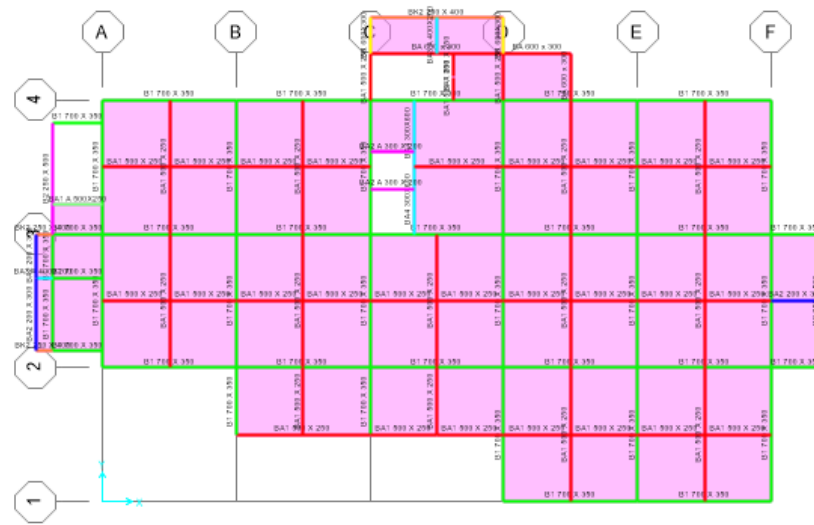
Gambar 4. 16 Denah Titik *Joint*

Sumber: Analisa Penulis, 2025



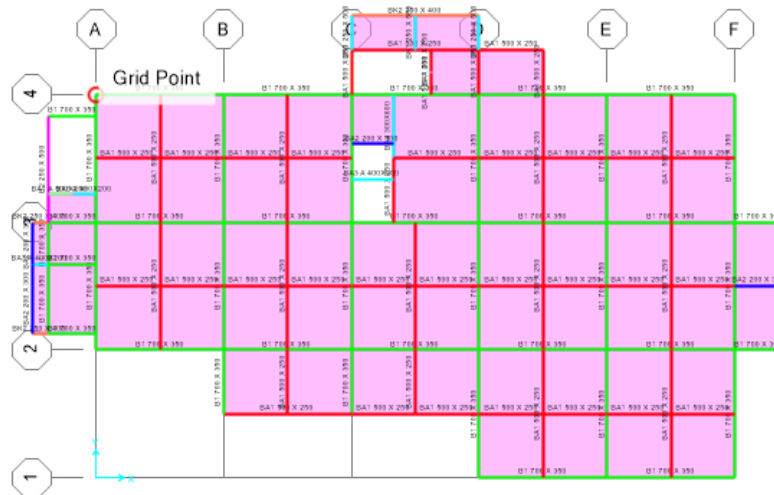
Gambar 4. 17 Permodelan Balok dan Pelat Lantai 2

Sumber: Analisa Penulis, 2025



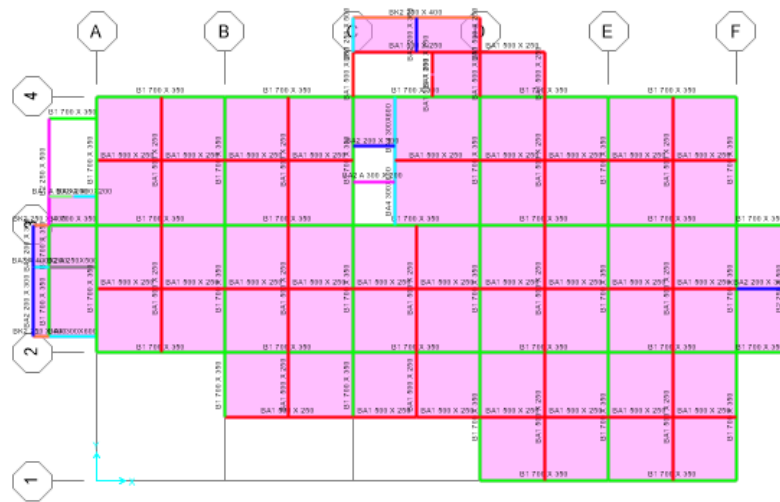
Gambar 4. 18 Permodelan Balok dan Pelat Lantai 3

Sumber: Analisa Penulis, 2025



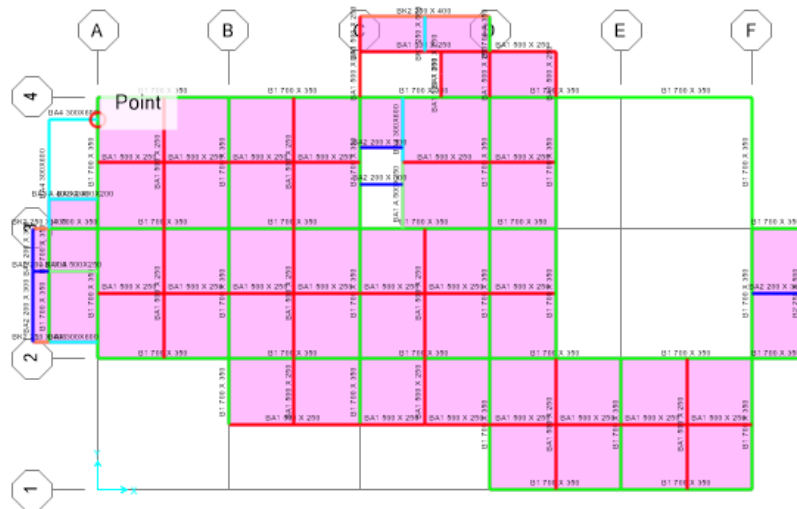
Gambar 4. 19 Permodelan Balok dan Pelat Lantai 4

Sumber: Analisa Penulis, 2025



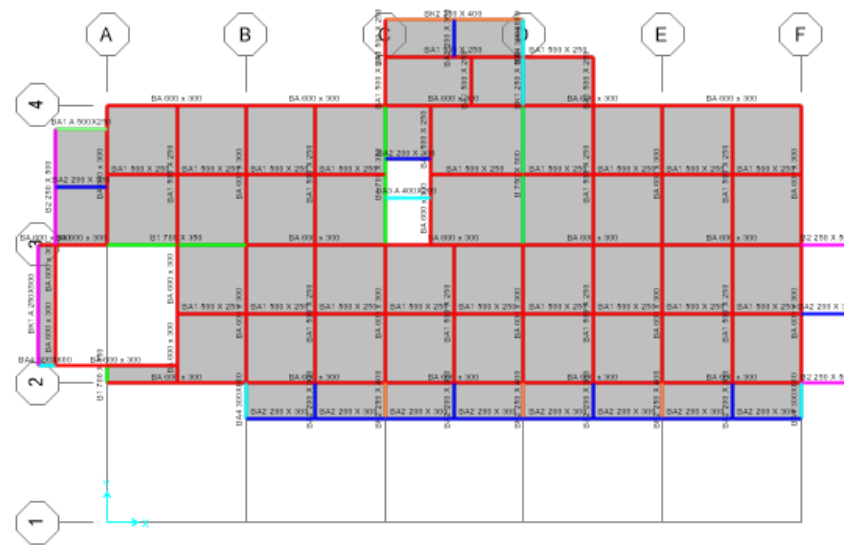
Gambar 4. 20 Permodelan Balok dan Pelat Lantai 5

Sumber: Analisa Penulis, 2025



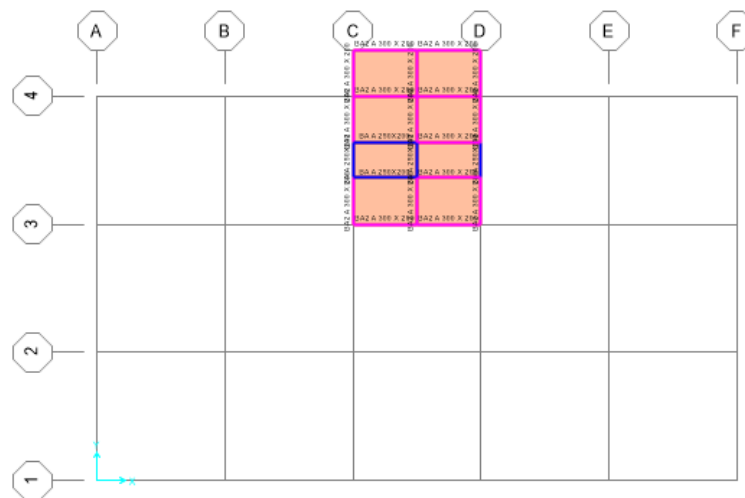
Gambar 4. 21 Permodelan Balok dan Pelat Lantai 6

Sumber: Analisa Penulis, 2025



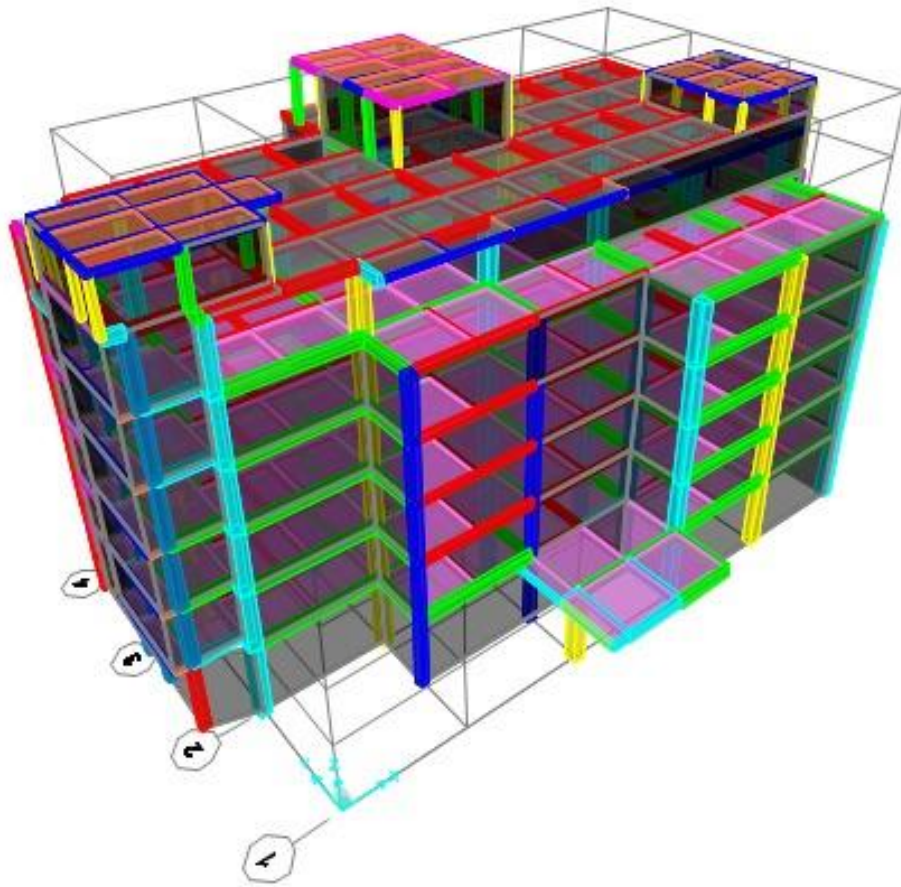
Gambar 4. 22 Permodelan Balok dan Pelat Top Atap

Sumber: Analisa Penulis, 2025



Gambar 4. 23 Permodelan Balok dan Pelat Top Atap 2

Sumber: Analisa Penulis, 2025



Gambar 4. 24 Permodelan Struktur pada SAP 2000

Sumber: Analisa Penulis, 2025

4.5.2 Kontrol Analisis Beban

Kontrol analisis beban dilakukan untuk mengecek perilaku struktur terhadap beban gempa dinamis sesuai syarat-syarat yang tertuang dalam SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung.

1. Jumlah Ragam atau Partisipasi Masa

Menurut SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.1 disyaratkan bahwa analisis massa ragam terkombinasi harus mencapai minimal 90%. Pada saat dilakukan *run analysis*, jika persentase partisipasi masa didapatkan kurang dari 90%, maka dilakukan penambahan jumlah mode (*modal modify load case*).

Tabel 4. 12 Hasil Analisis Partisipasi Masa

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	1	1,469837	0,26365	0,43425	1,742E-07	0,26365	0,43425	1,74E-07	0,05287	0,01714	0,0984	0,05287	0,01714	0,0984
MODAL	2	1,43769	0,51035	0,28236	4,087E-06	0,774	0,71661	4,26E-06	0,03503	0,02976	0,00285	0,0879	0,0469	0,10125
MODAL	3	1,284309	0,01959	0,0855	4,363E-06	0,79359	0,80211	8,62E-06	0,01394	0,0007	0,70219	0,10184	0,0476	0,80344
MODAL	4	0,528831	0,04798	0,00148	9,156E-07	0,84157	0,80359	9,54E-06	0,00294	0,04634	0,00562	0,10478	0,09395	0,80906
MODAL	5	0,477415	0,00245	0,09946	0,00001962	0,84403	0,90305	2,92E-05	0,21695	0,00212	0,01368	0,32174	0,09607	0,82274
MODAL	6	0,434397	0,07421	0,00154	9,293E-06	0,91823	0,90458	3,85E-05	0,00347	0,06661	0,00467	0,32521	0,16268	0,82741
MODAL	7	0,412167	0,00062	0,01192	0,00005433	0,91885	0,91651	9,28E-05	0,03192	0,00032	0,09133	0,35712	0,163	0,91874
MODAL	8	0,316432	8,149E-07	0,00011	0,00307	0,91885	0,91662	0,00316	0,00435	1,44E-07	8,203E-06	0,36148	0,163	0,91875
MODAL	9	0,311627	3,815E-07	6,525E-06	0,00176	0,91885	0,91662	0,00492	0,01062	1,16E-05	4,929E-06	0,3721	0,16301	0,91875
MODAL	10	0,309763	5,714E-07	0,00042	0,00368	0,91885	0,91704	0,00086	0,00038	8,28E-08	7,53E-08	0,37248	0,16301	0,91875
MODAL	11	0,300981	0,00001349	6,149E-06	0,00486	0,91887	0,91705	0,01347	0,00207	3,87E-05	5,429E-07	0,37454	0,16305	0,91875
MODAL	12	0,29989	2,108E-08	0,00029	0,00201	0,91887	0,91733	0,01548	0,00537	9,68E-07	6,887E-07	0,37992	0,16305	0,91875

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Berdasarkan tabel di atas, didapat hasil partisipasi masa mencapai 91,887% pada arah X dan 91,733% pada arah Y dalam 12 modal.

2. Perbandingan Geser Dasar Statis dan Dinamis

Sesuai syarat kombinasi respon gaya geser pada SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.4.1, besarnya gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) harus lebih besar dari 100% dari gaya geser (V) menurut perhitungan metode statik ekuivalen. Hasil perbandingan nilai V dan V_t dari hasil analisis SAP 2000 pada Gedung ICT Undip adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Penskalaan Gaya

Base Shear	Dinamik (VD) Gaya Dasar (kN)	Statik (VS) Gaya Dasar (kN)	Faktor skala V_s/V_D	Kontrol $V_D \geq 100\% V_s$
arah x	1872,06	2493,64	1,332	TIDAK OK
arah y	1818,83	2493,64	1,371	TIDAK OK

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Dikarenakan syarat kontrol gaya geser dasar dinamis dan statik belum memenuhi, maka perlu dikalikan dengan faktor skala (*load case*).

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor skala koreksi} &= \frac{g \times I}{R} \times \frac{V_s}{V_D} \\
 &= \frac{9,81 \times 1}{8} \times \frac{V_s}{V_D} \\
 &= 1,2263 \times \frac{V_s}{V_D}
 \end{aligned}$$

Faktor skala koreksi $x = 1,2263 \times 1,332 = 1,6335$

Faktor skala koreksi $y = 1,2263 \times 1,371 = 1,6813$

Adapun hasil gaya dasar dinamik dan statik setelah koreksi adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Penskalaan Gaya Koreksi

Base Shear	Dinamik (VD) Gaya Dasar (kN)	Statik (VS) Gaya Dasar (kN)	Faktor skala V_s/V_D	Kontrol $V_D \geq 100\% V_s$
arah x	2493,69	2493,64	0,99998	OK
arah y	2493,68	2493,64	0,99990	OK

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

3. Simpangan Antar Lantai

Besarnya simpangan antar lantai disyaratkan tidak melebihi besarnya simpangan antar tingkat izin berdasarkan syarat SNI 1726-2019 pasal 7.12.1.

Adapun hasil simpangan antar lantai arah x dan y dari SAP 2000 adalah sebagai berikut:

$C_d = 5,5$ (Tabel 12 SNI 1726-2019)

$I = 1$ (Tabel 4 SNI 1726-2019)

a. Simpangan Lantai Arah x (Δx)

Tabel 4. 15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah x

Lantai	Hsx (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
ATAP	4000	41,0520	24,8600	80	OK
LT.6	4000	36,5320	32,0375	100	OK
LT.5	4000	30,7070	40,5240	100	OK
LT.4	4000	23,3390	46,5520	100	OK
LT.3	4000	14,8750	46,3540	100	OK
LT.2	5000	6,4470	35,4585	125	OK
Dasar	0	0	0	0	

Sumber: Analisa Penulis, 2025

b. Simpangan Lantai Arah y (Δy)

Tabel 4. 16 Kontrol Simpangan Lantai Arah y

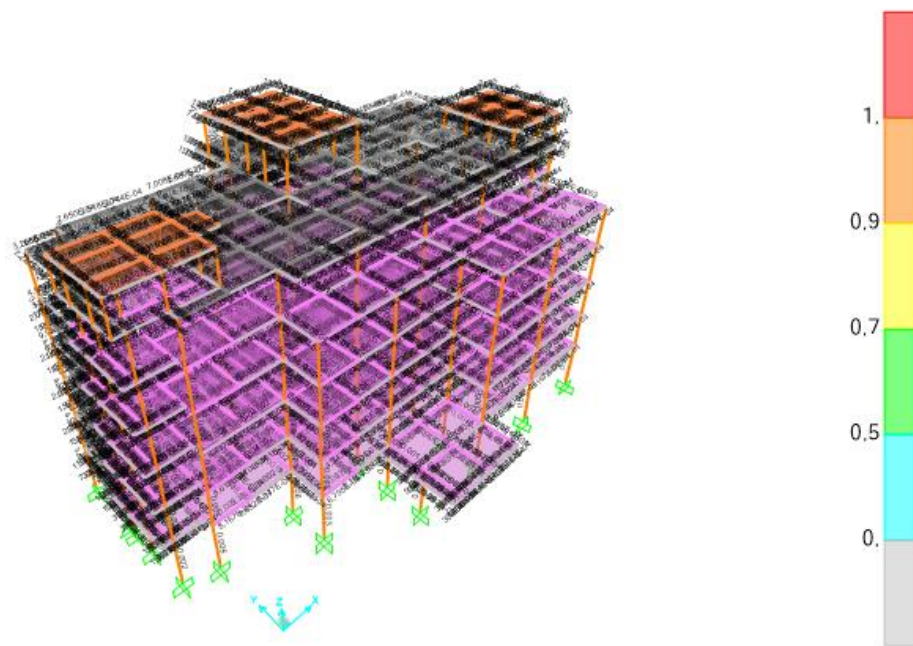
Lantai	Hsy (mm)	Dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta y < \Delta$ ijin
ATAP	4000	51,8120	32,8680	80	OK
LT.6	4000	45,8360	40,0070	100	OK
LT.5	4000	38,5620	50,0335	100	OK
LT.4	4000	29,4650	58,6960	100	OK
LT.3	4000	18,7930	59,2680	100	OK
LT.2	5000	8,0170	44,0935	125	OK
Dasar	0	0	0	0	

Sumber: Analisa Penulis, 2025

Dari tabel hasil kontrol di atas, dapat disimpulkan bahwa syarat simpangan antar lantai struktur Gedung ICT Undip terpenuhi. Jika hasil simpangan antar lantai tidak memenuhi, maka gedung terlalu fleksibel sehingga perlu diperbesar penampangnya.

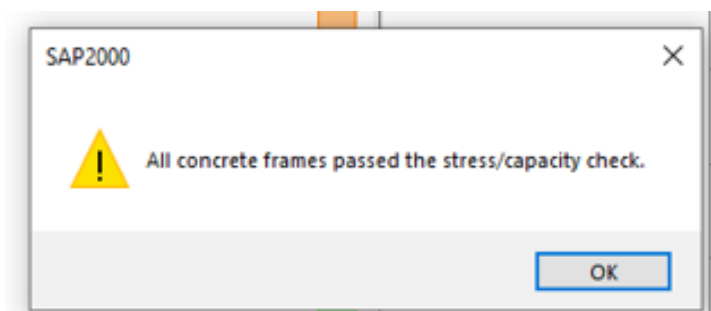
4.5.3 Analisa Struktur Hasil Desain (Analisis Rasio Batang)

Analisis rasio batang dilakukan untuk memeriksa kelayakan struktur, yaitu mengetahui keamanan penampang terhadap beban-beban yang bekerja. Selain itu, dilakukan pengecekan efisiensi penampang terkait mutu material dan dimensi penampang. Penampang memang tidak diizinkan mengalami kelebihan beban atau *overstressed*, tetapi harus tetap mempertimbangkan efisiensi agar struktur tidak terlalu boros. Berikut adalah hasil analisa struktur Gedung ICT Undip dari SAP 2000, didapatkan hasil penampang kolom dan balok tidak mengalami *overstressed* sehingga desain struktur dinyatakan aman.



Gambar 4. 25 Hasil Analisa Rasio Batang

Sumber: Analisa Penulis, 2025



Gambar 4. 26 Keterangan Seluruh Penampang Aman

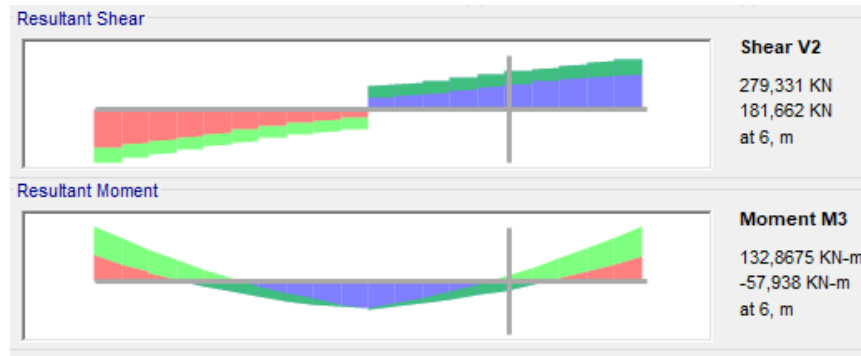
Sumber: Analisa Penulis, 2025

4.6 Perhitungan Penulangan Struktur Atas

4.6.1 Penulangan Struktur Balok

Perhitungan penulangan balok menggunakan *output* gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisa struktur SAP2000. Hasil gaya-gaya dalam tersebut kemudian dihitung untuk menentukan penulangan balok.

1. Data Perencanaan



Gambar 4. 28 Output Gaya Dalam Area Lapangan

Sumber: Analisa Penulis, 2025

3. Perhitungan Penulangan Utama Balok

a. Penulangan Area Tumpuan

$$M_u = 727,6672 \text{ kN}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{727,6672}{0,8}$$

$$M_n = 909,584 \text{ kNm} = 909584000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{909584000}{350 \times 410881}$$

$$= 6,3249735 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6,31}{0,85 \times 35}} \right)$$

$$= 0,017131$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{420}$$

$$= 0,0033333$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{0,85 \times 35 \times \beta_1}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,0265625$$

Karena $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$, maka digunakan $\rho = 0,017131$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0,0171,31 \times 350 \times 641 \\
 &= 3839,75025 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min1}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\
 &= 0,003333 \times 350 \times 641 \\
 &= 747,8333 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min2}} &= \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \times b \times d \\
 &= \sqrt{\frac{35}{1689}} \times 350 \times 641 \\
 &= 790,04315 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Area Tumpuan:

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} = \frac{3839,75025}{380,132711} = 10,101078 \approx 11 \text{ buah}$$

Jadi, digunakan tulangan 11D22, $A_s \text{ terpasang} = 4181,4598 \text{ mm}^2$

Jumlah Tulangan Tekan Area Tumpuan (SNI 2847-2913 Pasal 21.3.4.1):

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \frac{1}{3} \times A_{s \text{ Tulangan Tarik}} \\
 &= \frac{1}{3} \times 2280,79627 \\
 &= 760,26542 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} = \frac{1393,81994}{380,132711} = 3,667 \approx 4 \text{ buah}$$

Jadi, digunakan tulangan 4D22, $A_s \text{ terpasang} = 1502,5308 \text{ mm}^2$

b. Penulangan Area Lapangan

$$M_u = 375,8869 \text{ kN}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{375,8869}{0,8}$$

$$M_n = 469,85863 \text{ kNm} = 469858625 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{469858625}{350 \times 410881} \\
 &= 3,2672555 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f_c}}\right)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,2672}{0,85 \times 35}}\right) \\
&= 0,00826 \\
\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
&= \frac{1,4}{420} \\
&= 0,0033333 \\
\rho_{\max} &= 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&= 0,75 \left(\frac{0,85 \times 35 \times \beta_1}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \right) \\
&= 0,0265625
\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka digunakan $\rho = 0,00809843$

$$\begin{aligned}
A_s &= \rho \text{ pakai} \times b \times d \\
&= 0,00809843 \times 350 \times 641 \\
&= 1853,131 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{s \min 1} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\
&= 0,0033333 \times 350 \times 641 \\
&= 747,8333 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{s \min 2} &= \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \times b \times d \\
&= \sqrt{\frac{35}{1689}} \times 350 \times 641 \\
&= 790,04315 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Area Tumpuan:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{1853,131}{380,132711} = 4,874953 \approx 5 \text{ buah}$$

Jadi, digunakan tulangan 5D22, $A_s \text{ terpasang} = 1900,6636 \text{ mm}^2$

Jumlah Tulangan Tekan Area Lapangan (SNI 2847-2913 Pasal 21.3.4.1):

$$\begin{aligned}
A_s \text{ perlu} &= \frac{1}{3} \times A_s \text{ Tulangan Tarik} \\
&= \frac{1}{3} \times 1900,66356 \\
&= 633,55452 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{791,27567}{380,132711} = 2,0815774 \approx 3 \text{ buah}$$

Jadi, digunakan tulangan 3D22, $A_s \text{ terpasang} = 1140,3981 \text{ mm}^2$

4. Perhitungan Penulangan Geser Balok

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ maks} &= 417,642 \text{ kN} \\
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b \times d \\
 &= 0,16667 \sqrt{35} \times 350 \times 642 \\
 &= 221557 \text{ N} = 221,557 \text{ kN} \\
 \phi V_c &= 0,6 \sqrt{35} \\
 &= 132,934 \text{ kN} \\
 \frac{1}{2} \phi V_c &= 0,5 \phi V_c \\
 &= 66,4672 \text{ kN} \\
 V_u - \phi V_c &= 417,642 - 132,934 = 284,708 \text{ Kn} \\
 0,67.b.d &= 150549 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena nilai $V_u - \phi V_c < 0,67.b.d$, maka V_s perlu dihitung.

a. Penulangan Geser Area Tumpuan

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ tump.} &= 417,642 \text{ kN} \\
 \text{Digunakan tulangan dengan 2 kaki} \\
 A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times n \\
 &= 226,195 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{max 1}} &= d/2 = 642/2 = 321 \text{ mm} \\
 S_{\text{max 2}} &= 6.db = 132 \text{ mm} \\
 S_{\text{max 3}} &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= A_v \times f_y \times d/s \\
 &= 226,195 \times 420 \times \frac{642}{100} \\
 &= 609911 \text{ N} \\
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 831468 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kontrol SNI 2847-2019 Pasal 22.9.3.1

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &\geq V_u \\
 623,601 &\geq 417,642 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jadi, tulangan geser area tumpuan yaitu 2D10-100.

b. Penulangan Geser Area Lapangan

$$V_u \text{ tump.} = 279,33 \text{ Kn}$$

Digunakan tulangan dengan 2 kaki

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times n \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\max 1} = d/2 = 642/2 = 321 \text{ mm}$$

$$S_{\max 2} = 6.db = 132 \text{ mm}$$

$$S_{\max 3} = 150 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_s &= A_v \times f_y \times d/s \\ &= 226,195 \times 420 \times \frac{642}{150} \\ &= 406608 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 628164,73 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Kontrol SNI 2847-2019 Pasal 22.9.3.1

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ 471,12 &\geq 279,331 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Jadi, tulangan geser area tumpuan yaitu 2D10-150.

Lebar balok	=	350 mm
Tinggi balok	=	700 mm
Daerah tanpa tulangan	=	580 mm

Syarat, Daerah Tanpa Tulangan > 300 mm $\rightarrow$ Perlu tulangan susut

Dipakai tulangan susut	=	13 mm
Luas tulangan	=	132,732 mm
f_y tulangan	=	420 Mpa
Koef. Asst	=	0,0018
Asst	=	441 mm ²
n	=	3,32 bh

Maka digunakan jumlah tulangan susut 4D13.

Tabel 4. 17 Rekapitulasi Penulangan Susut

Dimensi Balok		Tulangan Susut
b (mm)	h (mm)	
500	750	4D16
350	700	4D13
300	600	3D13
250	500	2D13

Sumber: Analisa Penulis, 2025

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Penulangan Utama Balok

Tipe Balok	Dimensi Balok (b x h)	Tebal Selimut (mm)	Kuat Tekan Beton, f_c' (MPa)	Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y (MPa)	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Letak Tulangan	Mu (kNm)	As Perlu Hasil Perhitungan (mm ²)	As Perlu Hasil SAP (mm ²)	As min 1	As min 2	Ø mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Syarat As Terpasang $\geq$ As Perlu	Dipasang
B1	350 x 700	35	35	420	641	Tumpuan	Atas	727.667	3,839.75	3203	790.043	747.833	22	380.13	11	4181.460	OK	11 D 22
							Bawah		1,393.82	1516	790.043	747.833	22	380.13	4	1520.531	OK	4 D 22
						Lapangan	Bawah	375.887	1,853.13	2387	790.043	747.833	22	380.13	5	1900.664	OK	5 D 22
							Atas		633.55	817	790.043	747.833	22	380.13	3	1140.398	OK	3 D 22
B4	250 x 500	35	35	420	444	Tumpuan	Atas	201.667	1,492.06	1241	390.884	370	22	380.13	4	1520.531	OK	4 D 22
							Bawah		506.84	595	390.884	370	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
						Lapangan	Bawah	71.5088	498.39	556	390.884	370	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
							Atas		253.42	389	390.884	370	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
B2	500 x 750	35	35	520	641	Tumpuan	Atas	646.717	3,228.40	2037	911.588	862.885	22	380.13	9	3421.194	OK	9 D 22
							Bawah		1,140.40	1013	911.588	862.885	22	380.13	3	1140.398	OK	3 D 22
						Lapangan	Bawah	403.838	1,961.78	1554	911.588	862.885	22	380.13	6	2280.796	OK	6 D 22
							Atas		760.27	653	911.588	862.885	22	380.13	3	1140.398	OK	3 D 22
BA1	250 x 500	35	35	420	465	Tumpuan	Atas	287.834	2,251.71	420	409.372	387.5	22	380.13	6	2280.796	OK	6 D 22
							Bawah		760.27	1884	409.372	387.5	22	380.13	3	1140.398	OK	3 D 22
						Lapangan	Bawah	242.69	1,842.72	1457	409.372	387.5	22	380.13	5	1900.664	OK	5 D 22
							Atas		633.55	420	409.372	387.5	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
BA2	200 x 300	35	35	420	265	Tumpuan	Atas	43.347	568.35	542	186.638	176.667	16	201.06	3	603.186	OK	3 D 16
							Bawah		201.06	261	186.638	176.667	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
						Lapangan	Bawah	19.3867	241.91	186	186.638	176.667	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
							Atas		173.96	186	186.638	176.667	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
BA3	200 x 400	35	35	420	365	Tumpuan	Atas	31.5923	278.29	542	257.068	243.333	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
							Bawah		244.39	261	257.068	243.333	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
						Lapangan	Bawah	24.6536	244.39	186	257.068	243.333	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
							Atas		244.39	186	257.068	243.333	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16

B3	300 x 600	35	35	420	565	Tumpuan	Atas	365.403	2,210.43	1854	596.89	565	22	380.13	6	2280.796	OK	6 D 22
							Bawah		760.27	888	596.89	565	22	380.13	3	1140.398	OK	3 D 22
						Lapangan	Bawah	143.529	813.88	744	596.89	365	22	380.13	3	1140.398	OK	3 D 22
							Atas		380.13	581	596.89	365	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
B1A	300 x 600	35	35	420	565	Tumpuan	Atas	173.153	985.58	1854	596.89	565	22	380.13	3	1140.398	OK	3 D 22
							Bawah		576.82	888	596.89	565	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
						Lapangan	Bawah	68.2404	576.82	744	596.89	565	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
							Atas		253.42	581	596.89	565	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
BA1A	250 x 500	35	35	420	465	Tumpuan	Atas	173.153	2,210.45	576	409.372	387.5	22	380.13	6	2280.796	OK	6 D 22
							Bawah		760.27	1,552	409.372	387.5	22	380.13	3	1140.398	OK	3 D 22
						Lapangan	Bawah	68.2404	1,379.18	1,230	409.372	387.5	22	380.13	4	1520.531	OK	4 D 22
							Atas		506.84	329	409.372	387.5	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
BA2A	200 x 250	35	35	420	215	Tumpuan	Atas	81.2473	1,049.22	953	151.423	143.333	16	201.06	6	1206.372	OK	6 D 16
							Bawah		378.04	444	151.423	143.333	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
						Lapangan	Bawah	22.2581	358.34	257	151.423	143.333	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
							Atas		189.02	211	151.423	143.333	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
BK2	250 x 400	35	35	420	365	Tumpuan	Atas	31.5923	278.29	542	321.335	304.167	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
							Bawah		278.29	542	321.335	304.167	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
						Lapangan	Bawah	24.6536	244.39	186	321.335	304.167	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
							Atas		244.39	186	321.335	304.167	16	201.06	2	402.124	OK	2 D 16
BK1	250 x 500	35	35	420	465	Tumpuan	Atas	49.6025	393.52	468	390.884	370	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
							Bawah		393.52	338	390.884	370	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
						Lapangan	Bawah	20.6813	393.52	222	390.884	370	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22
							Atas		393.52	153	390.884	370	22	380.13	2	760.265	OK	2 D 22

Sumber: Analisa Penulis, 2025

Tabel 4. 19 Tabel Pengecekan Syaarat Jarak Antar Tulangan Utama

Tipe Balok	Dimensi Balok (b x h)	Daerah	Letak Tulangan	Ø mm	Jumlah	Jarak Bersih Antar Tulangan mm	Jarak Bersih >= db dan 25 mm?	Jumlah Lapis	Dipasang	Jarak Bersih Lapis 1 >= db dan 25 mm?	Jarak Bersih Lapis 2 >= db dan 25 mm?	Jarak Bersih 3 >= db dan 25 mm?
B1	350 x 700	Tumpuan	Atas	22	11	1	TIDAK	3	11 D 22	OK	OK	OK
			Bawah	22	4	54	YA	1	4 D 22	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	22	5	35	YA	1	5 D 22	OK	OK	OK
			Atas	22	3	92	YA	1	3 D 22	OK	OK	OK
B4	250 x 500	Tumpuan	Atas	22	4	54	YA	1	4 D 22	OK	OK	OK
			Bawah	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
			Atas	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
B2	500 x 750	Tumpuan	Atas	22	9	7	TIDAK	2	9 D 22	OK	OK	OK
			Bawah	22	3	92	YA	1	3 D 22	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	22	6	24	TIDAK	2	6 D 22	OK	OK	OK
			Atas	22	3	92	YA	1	3 D 22	OK	OK	OK
BA1	250 x 500	Tumpuan	Atas	22	6	24	TIDAK	2	6 D 22	OK	OK	OK
			Bawah	22	3	92	YA	1	3 D 22	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	22	5	35	YA	1	5 D 22	OK	OK	OK
			Atas	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
BA2	200 x 300	Tumpuan	Atas	16	3	101	YA	1	3 D 16	OK	OK	OK
			Bawah	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
			Atas	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
BA3	200 x 400	Tumpuan	Atas	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
			Bawah	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
			Atas	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
B3	300 x 600	Tumpuan	Atas	22	6	24	TIDAK	2	6 D 22	OK	OK	OK
			Bawah	22	3	92	YA	1	3 D 22	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	22	3	92	YA	1	3 D 22	OK	OK	OK
			Atas	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
B1A	300 x 600	Tumpuan	Atas	22	3	92	YA	1	3 D 22	OK	OK	OK

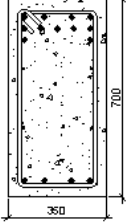
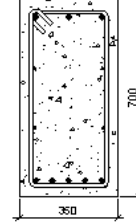
			Bawah	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
			Atas	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
BA1A	250 x 500	Tumpuan	Atas	22	6	24	TIDAK	2	6 D 22	OK	OK	OK
			Bawah	22	3	92	YA	1	3 D 22	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	22	4	54	YA	1	4 D 22	OK	OK	OK
			Atas	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
BA2A	200 x 250	Tumpuan	Atas	16	6	31	YA	1	6 D 16	OK	OK	OK
			Bawah	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
			Atas	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
BK2	250 x 400	Tumpuan	Atas	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
			Bawah	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
			Atas	16	2	218	YA	1	2 D 16	OK	OK	OK
BK1	250 x 500	Tumpuan	Atas	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
			Bawah	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
		Lapangan	Bawah	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK
			Atas	22	2	206	YA	1	2 D 22	OK	OK	OK

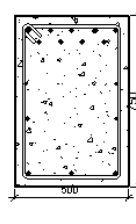
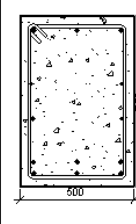
Sumber: Aanlisa Pribadi

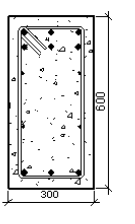
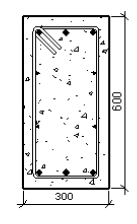
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Penulangan Geser Balok

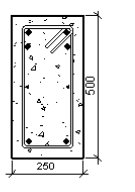
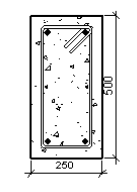
Tipe Balok	Ukuran Balok (b x h)	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Ø mm	V _u (N)	ØV _u (N)	Cek Kontrol SNI 2847-2019 Pasal 22.9.3.1	As/S Hasil SAP (mm ² /mm)	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	Spasi Max 3 mm	S pakai mm	Digunakan				
B1	350 x 700	641	Tumpuan	13	417,642	701,922	OK	3,224	160	132	150	100	2	D	13	-	100
			Lapangan	13	279,331	523,251	OK	3,211	321			150	2	D	13	-	150
B4	250 x 500	444	Tumpuan	10	122,719	301,777	OK	1,074	111	132	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	62,409	146,461	OK	1,059	222			150	2	D	10	-	150
B2	500 x 750	641	Tumpuan	13	403,55	900,648	OK	4,406	160	132	150	100	2	D	13	-	100
			Lapangan	13	283,331	442,423	OK	3,944	321			150	2	D	13	-	150
BA1	250 x 500	465	Tumpuan	10	97,17	301,777	OK	1,701	111	132	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	46,434	146,461	OK	1,641	222			150	2	D	10	-	150
BA2	200 x 300	265	Tumpuan	10	47,71	158,748	OK	0,491	160	96	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	33,512	81,4772	OK	0,473	321			150	2	D	10	-	150
BA3	200 x 400	365	Tumpuan	10	24,219	158,748	OK	0,545	111	96	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	33,512	114,464	OK	0,543	222			150	2	D	10	-	150
B3	300 x 600	565	Tumpuan	10	221,447	389,86	OK	1,69	160	132	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	149,128	179,448	OK	1,585	321			150	2	D	10	-	150
B1A	300 x 600	565	Tumpuan	10	81,381	294,035	OK	2,508	111	132	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	61,468	115,269	OK	2,419	222			150	2	D	10	-	150
BA1A	250 x 500	465	Tumpuan	10	114,628	301,777	OK	1,701	111	132	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	67,803	146,461	OK	1,641	222			150	2	D	10	-	150
BA2A	200 x 250	215	Tumpuan	10	86,384	91,7535	OK	1,144	111	114	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	32,952	41,6952	OK	0,359	222			150	2	D	10	-	150
BK2	250 x 400	365	Tumpuan	10	24,219	158,748	OK	1,701	91	96	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	33,512	114,464	OK	1,641	183			150	2	D	10	-	150
BK1	250 x 500	465	Tumpuan	10	47,65	301,777	OK	0,672	91	132	150	100	2	D	10	-	100
			Lapangan	10	30,743	146,461	OK	0,569	233			150	2	D	10	-	150

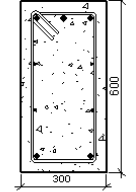
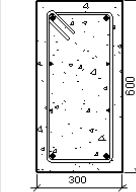
Sumber: Analisa Penulis, 2025

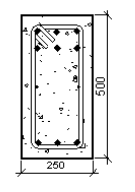
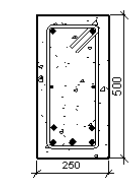
TYPE BALOK	B1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. BALOK		
DIMENSI	700 X 350	700 X 350
TULANGAN ATAS	11 D22	3 D22
TULANGAN BAWAH	4 D22	5 D22
SENGKANG	2 D13 - 100	2 D13-150
TULANGAN PINGGANG	4 D13	4 D13
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE BALOK	B2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. BALOK		
DIMENSI	500 X 750	500 X 250
TULANGAN ATAS	9 D22	3 D22
TULANGAN BAWAH	3 D22	6 D22
SENGKANG	2 D13 - 100	2 D13-150
TULANGAN PINGGANG	4 D16	4 D16
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE BALOK	B3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. BALOK		
DIMENSI	600 X 300	600 X 300
TULANGAN ATAS	6 D22	3 D22
TULANGAN BAWAH	3 D22	3 D22
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10-150
TULANGAN PINGGANG	4 D13	4 D13
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE BALOK	B4	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. BALOK		
DIMENSI	500 X 250	500 X 250
TULANGAN ATAS	4 D22	2 D22
TULANGAN BAWAH	2 D22	2 D22
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10-150
TULANGAN PINGGANG	2 D13	2 D13
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE BALOK	B1A	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. BALOK		
DIMENSI	600 X 300	600 X 300
TULANGAN ATAS	3 D22	2 D22
TULANGAN BAWAH	2 D22	2 D22
SENGKANG	2 D13 - 100	2 D13-150
TULANGAN PINGGANG	4 D13	4 D13
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE BALOK	BA1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. BALOK		
DIMENSI	500 X 250	500 X 250
TULANGAN ATAS	6 D22	2 D22
TULANGAN BAWAH	3 D22	5 D22
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10-150
TULANGAN PINGGANG	2 D13	2 D13
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

BA1A		
TYPE BALOK	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
POT. BALOK		
DIMENSI	500 X 250	500 X 250
TULANGAN ATAS	6 D22	2 D22
TULANGAN BAWAH	3 D22	4 D22
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10-150
TULANGAN PINGGANG	2 D13	2 D13
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 30 \text{ Mpa}$	$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

BA2		
TYPE BALOK	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
POT. BALOK		
DIMENSI	200 X 300	200 X 300
TULANGAN ATAS	3 D22	2 D22
TULANGAN BAWAH	2 D22	2 D22
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10-150
TULANGAN PINGGANG	-	-
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 30 \text{ Mpa}$	$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

BA2A		
TYPE BALOK	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
POT. BALOK		
DIMENSI	200 X 250	200 X 250
TULANGAN ATAS	6 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10-150
TULANGAN PINGGANG	-	-
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

BA3		
TYPE BALOK	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
POT. BALOK		
DIMENSI	200 X 400	200 X 400
TULANGAN ATAS	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D16	5 D16
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10-150
TULANGAN PINGGANG	-	-
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

BK1		
TYPE BALOK	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
POT. BALOK		
DIMENSI	500 X 250	500 X 250
TULANGAN ATAS	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10-150
TULANGAN PINGGANG	2 D13	2 D13
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

BK2		
TYPE BALOK	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
POT. BALOK		
DIMENSI	250 X 400	250 X 400
TULANGAN ATAS	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10-150
TULANGAN PINGGANG	-	-
SELIMUT BETON	35 mm	35 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

Gambar 4. 29 Detail Tulangan Balok

Sumber: Analisa Penulis, 2025

4.6.2 Penulangan Struktur Kolom

Perhitungan penulangan kolom menggunakan *output* as tulangan longitudinal dan tulangan geser yang diperoleh dari hasil analisa struktur SAP2000.

1. Data Perencanaan

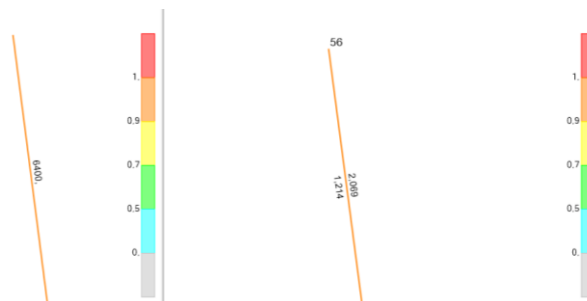
Tipe Kolom	= K1
Tinggi, L	= 5000 mm
Sisi Pendek, b	= 800 mm
Sisi Panjang, h	= 800 mm
D Tul. Utama, db	= 22 mm
D Tul. Sengkang, ds	= 13 mm
Tebal Selimut, cc	= 40 mm
Mutu Beton, f_c	= 35 MPa
Mutu Tulangan, f_y	= 420 MPa
Gaya Aksial, P	= 6877,758 kN

2. Hasil Analisa Gaya Dalam SAP 2000

Tabel 4. 21 Gaya-Gaya Dalam Kolom dari SAP2000

Aksial – Lentur			
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)
P max	-315,235	52,701	60,549
P min	-6877,758	10,026	20,944
M2 Max	-2430,520	741,443	294,664
M2 Min	-5813,536	-751,003	-280,018
M3 Max	-6326,181	318,475	721,278
M3 Min	-2507,120	-315,917	-696,678

Sumber: Analisa Penulis, 2025



Gambar 4. 30 *Output* As Tulangan Kolom dari SAP2000

Sumber: Analisa Penulis, 2025

3. Syarat Gaya Geometri

Syarat Gaya Aksial (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1)

$$P_u > 0,1 \cdot A_g \cdot f'_c$$

$$6877758 > 0,1 \cdot 800 \times 800 \cdot 35$$

$$6877758 > 2240000 \quad \textbf{(OK)}$$

Syarat Sisi Terpendek (SNI 2847-2019 Pasal 18.7.2.1)

$$b \geq 300 \text{ mm}$$

$$800 \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(OK)}$$

Syarat Rasio Dimensi Penampang (SNI 2847-2019 Pasal 18.7.2.1)

$$b/h \geq 0,4$$

$$800/800 \geq 0,4$$

$$1 \geq 0,4 \quad \textbf{(OK)}$$

4. Menghitung Tulangan Longitudinal Kolom

$$A_s \text{ perlu} = 6400 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_g &= 800 \times 800 \\ &= 640000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2019 Pasal 18.7.1, disyaratkan $\rho_{\min} = 0,01$, sehingga didapat:

$$\begin{aligned} A_{s \min} &= 0,01 \times A_g \\ &= 0,01 \times 640000 \\ &= 6400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan jumlah tulangan:

$$n = 20 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \\ &= 0,25 \times 3,14159 \times 484 \times 20 \\ &= 7603 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 7602,654222 > 60400 \quad \textbf{(OK)}$$

Syarat $1\% < \text{Rasio Tulangan} < 6\%$ (SNI 2847-2019 Pasal 18.7.4.1)

$$\text{Rasio Tulangan} = \frac{A_s \text{ pakai}}{h \times b} \times 100\% = \frac{7602,654222}{800 \times 800} = 1,188\% \quad \textbf{(OK)}$$

5. Syarat Strong Column Weak Beam (SCWB)

Syarat SCWB menurut SNI 2847-2019 Pasal 18.7.3.2

$$2M_{nc} \geq 1,2 (M_n^+ + M_n^-)$$

$$\begin{aligned} 2 \times 1786,89 &\geq 1,2 (570,9296 + 570,9296) \\ 3573,78 &\geq 1370,2311 \end{aligned} \quad \text{(OK)}$$

6. Menghitung Tulangan Geser Kolom

$$A_v / S \text{ perlu} = 2,069 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\begin{aligned} S \text{ maks1} &= \frac{d}{4} \\ &= \frac{800}{4} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ maks2} &= 6 \times db \\ &= 6 \times 22 \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S \text{ maks3} = 150 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 125 \text{ mm}$$

Direncanakan digunakan sengkang 2 kaki

$$\begin{aligned} A_v \text{ pakai} &= \frac{1}{4} \times \pi \times ds^2 \times n \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 13^2 \times 2 \\ &= 265,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_v / S \text{ pakai} = 265,5 / 100$$

$$\text{Syarat } A_v / S \text{ pakai} > A_v / S \text{ perlu} = 2,655 > 2,069 \quad \text{(OK)}$$

Jadi, digunakan tulangan geser kolom D13-125.

7. Menghitung Tulangan Ties (*Confinement Bars* atau *Hoops*)

Tulangan *hoops* dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.4.

Data Perencanaan:

$$\text{Tebal selimut, } ts = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan, } db = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah rencana, } n = 3 \text{ buah}$$

$$\text{Lebar kolom, } bw = 800 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi kolom, } h = 800 \text{ mm}$$

$$F_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$F'_c = 35 \text{ Mpa}$$

Perhitungan:

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times db^2 \times n$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,1416 \times 169 \times 3$$

$$= 398,2 \text{ mm}^2$$

$$bc = b - 2 (ts + db/2)$$

$$= 800 - 2 (40 + 6,5)$$

$$= 707 \text{ mm}^2$$

$$Ach = (bw - 2.ts) \times (h - 2.ts)$$

$$= (800 - 80) \times (800 - 80)$$

$$= 518400 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$Ash1 = 0,3 \times \frac{bc \times f'c}{fy} \times \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right)$$

$$= 0,3 \times \frac{707 \times 35}{420} \times \left(\frac{64000}{518400} - 1 \right)$$

$$= 4,146 \text{ m}^2/\text{mm}$$

$$Ash2 = \frac{0,09 \times bc \times f'c}{fy}$$

$$= \frac{0,09 \times 707 \times 35}{420}$$

$$= 5,3025 \text{ m}^2/\text{mm}$$

Diambil nilai terbesar = 5,3025 m²/mm

Syarat spasi maksimum menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3 adalah yang terkecil di antara:

1. $\frac{1}{4}$ diameter penampang kolom terkecil
 $S_1 = \frac{1}{4} \times bw$
 $= \frac{1}{4} \times 800$
 $= 200 \text{ mm}$
2. 6 kali diameter tulangan longitudinal
 $S_2 = 6 \times 22$
 $= 132 \text{ mm}$
3. Persamaan $S_0 = 100 + (350 - hx/3)$
 $S_0 = 100 + (350 - 206/3)$
 $= 148 \text{ mm}$
4. Nilai s harus memenuhi syarat $100 \text{ mm} \leq s \leq 150 \text{ mm}$

Digunakan s = 100 mm, maka:

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 5,3025 \times 100 \\ &= 530,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, digunakan 4 kaki D13 dengan Jarak 100 mm sehingga didapat:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ terpasang}} &= 4 \times 132,73 \\ &= 530,93 \text{ mm}^2 \geq A_{sh} = 530 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Sesuai pasal 21.6.4.1, tulangan *hoops* hasil perhitungan harus dipasang sepanjang l_o dari ujung ke ujung kolom dengan nilai yang terbesar di antara:

1. Tinggi elemen kolom, h_1 di *joint*

$$h_1 = 800 \text{ mm}$$

2. $1/6$ tinggi bersih kolom

$$\begin{aligned} 1/6 L_n &= 1/6 \times 4300 \\ &= 716,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. 450 mm

Maka, diambil $l_o = 800 \text{ mm}$ sehingga sepanjang l_o pada ujung-ujung kolom dipasang *hoops* 4D13-100.

Menurut Syarat SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.5 sepanjang sisi tinggi kolom bersih di luar l_o harus diberi tulangan *hoops* dengan spasi minimum 150 mm atau 6x22 mm, sehingga digunakan 4D13-150 mm.

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Penulangan Utama

Tipe	Ukuran Kolom b x h	Kuat Tekan Beton, f_c' (MPa)	Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y (MPa)	Pu (kN)	Syarat Gaya dan Geometri (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1 & SNI 2847-2019 Pasal 18.7.2.1)			As perlu min (SNI 2847-2019 18.7.4.1) (mm ²)	As perlu Ouput SAP2000 (mm ²)	Ø mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Syarat As Terpasang $\geq$ As perlu	Dipasang	Cek Rasio Tulangan		2*Mnc (kNm)	1.2 * (Mn- + Mn+) (kNm)	Syarat SCWB - $> 2*Mnc \geq 1.2 * (Mn- + Mn+)$ (SNI 2847-2019 18.7.3.2)
					Syarat Gaya Aksial (Pu > 0,1.Ag.fc)	Syarat Sisi Terpendek (b≥300 mm)	Syarat Rasio Dimensi(SNI 2847-2019 Pasal 18.7.2.1)									Cek ρ min & ρ max (SNI 2847:2019 Pasal 18.7.4.1)				
K1	800 x 800	35	420	6877.758	OK	OK	OK	6400	6400	22	380.13	20	7603	OK	20 D 22	1.19%	OK	3573.78	1263.389	OK
K2	750 x 750	35	420	5460.068	OK	OK	OK	5625	6400	22	380.13	20	7603	OK	20 D 22	1.35%	OK	1732.92	1263.3892	OK
K3	700 x 700	35	420	5948.374	OK	OK	OK	4900	4900	22	380.13	16	6082	OK	16 D 22	1.24%	OK	1581.92	1263.3892	OK
K4	600 x 600	35	420	2626.505	OK	OK	OK	3600	3600	22	380.13	12	4562	OK	12 D 22	1.27%	OK	916.82	483.31033	OK
K5	400 x 600	35	420	1452.411	OK	OK	OK	2400	2400	22	380.13	8	3041	OK	8 D 22	1.27%	OK	903.94	483.31033	OK
K6	550 x 550	35	420	1790.287	OK	OK	OK	3025	3025	22	380.13	8	3041	OK	8 D 22	1.01%	OK	917.24	483.31033	OK
K7	500 x 500	35	420	894.57	OK	OK	OK	2500	2500	22	380.13	8	3041	OK	8 D 22	1.22%	OK	746.52	483.31033	OK
K8	400 x 400	35	420	615.14	OK	OK	OK	1600	2250	19	283.53	8	2268	OK	8 D 19	1.42%	OK	269.54	166.21424	OK
K9	300 x 300	35	420	379.81	OK	OK	OK	900	1640	19	283.53	8	2268	OK	8 D 19	2.52%	OK	351.92	166.21424	OK

Sumber: Analisa Penulis, 2025

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Penulangan Geser Kolom

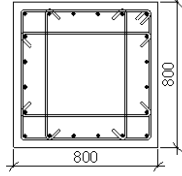
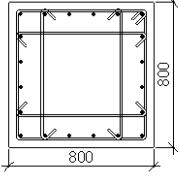
Tipe	Ukuran Kolom	Vu (kN)	Av / Sperlu mm ² / mm	Av min SNI 2847:2019 Pasal 9.6.3.3	Ø mm	Jumlah Kaki	Luas mm ²	S perlu mm	t.selimut mm	Tinggi efektif kolom d = b - ts - tul.geser - 1/2 tul utama	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 (d/4) mm	Spasi Max 3 mm	Cek Spasi	S pakai mm	Av / Spakai mm ² / mm	Syarat Av/Spakai > Av/S perlu	Dipasang pada area bentang bersih (h-lo)	Dipasang pada area lo pada ujung/tumpuan kolom
K1	800 x 800	168.61	2.069	0.667	13	2	265.46	128.31	40	747	132	373.5	125	Pakai S Max	125	2.124	OK	2 D 13 - 125	2 D 13 - 100
K2	750 x 750	305.172	1.432	0.625	13	2	265.46	185.38	40	697	132	348.5	150	Pakai S Max	150	1.770	OK	2 D 13 - 150	2 D 13 - 100
K3	700 x 700	262.122	1.441	0.583	13	2	265.46	184.22	40	636	132	318	150	Pakai S Max	150	1.770	OK	2 D 13 - 150	2 D 13 - 100
K4	600 x 600	174.654	1.106	0.500	13	2	265.46	240.02	40	536	132	268	150	Pakai S Max	150	1.770	OK	2 D 13 - 150	2 D 13 - 125
K5	400 x 600	96.628	1.026	0.333	13	2	265.46	258.74	40	336	132	168	150	Pakai S Max	150	1.770	OK	2 D 13 - 150	2 D 13 - 115
K6	550 x 550	112.334	0.96	0.458	13	2	265.46	276.53	40	497	132	248.5	150	Pakai S Max	150	1.770	OK	2 D 13 - 150	2 D 13 - 125
K7	500 x 500	77.822	0.714	0.417	13	2	265.46	371.8	40	439	132	219.5	150	Pakai S Max	150	1.770	OK	2 D 13 - 150	2 D 13 - 125
K8	400 x 400	95.802	0.57	0.333	10	2	157.08	275.58	40	340.5	114	170.25	150	Pakai S Max	150	1.047	OK	2 D 10 - 150	2 D 10 - 150
K9	350 x 350	57.184	0.503	0.292	10	2	157.08	312.29	40	300	114	150	150	Pakai S Max	150	1.047	OK	2 D 10 - 150	2 D 10 - 150

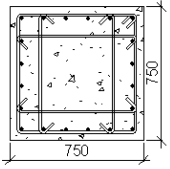
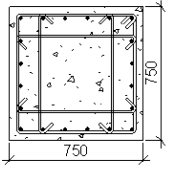
Sumber: Analisa Penulis, 2025

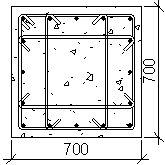
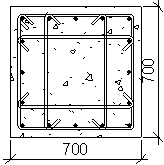
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Penulangan Ties Kolom

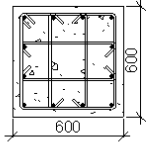
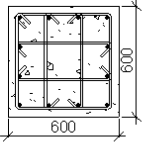
Tipe	Ukuran Kolom	ts (mm)	Ø (mm)	n rencana (buah)	As (mm ²)	SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.4					SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3					n pakai	As2	Syarat As2 ≥ Ash (mm ²)	Dipasang	SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1	SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.5
						bc (mm)	Ach (mm ²)	Ash1 (mm ² /mm)	Ash2 (mm ² /mm)	Ash Pakai (mm ² /mm)	S1 (mm)	S2 (mm)	S3 (mm)	100≤S pakai≤150 (mm)	Ash (mm ²)					Io (mm) → max (b kol, Ln, 450mm)	Dipasang di Sepanjang Sisa Tinggi Kolom Bersih (h-lo)
K1	800 x 800	40	13	3	398.2	707	518400	4.146	5.3025	5.303	200	132	148	100	530.25	4	530.9292	OK	4 D 13 - 100	800	4 D 13 - 125
K2	750 x 750	40	13	3	398.2	657	448900	4.157	4.9275	4.928	187.5	132	148	100	492.75	4	530.9292	OK	4 D 13 - 100	750	4 D 13 - 150
K3	700 x 700	40	13	3	398.2	607	384400	4.169	4.5525	4.553	175	132	148	100	455.25	4	530.9292	OK	4 D 13 - 100	700	4 D 13 - 150
K4	600 x 600	40	13	3	398.2	507	270400	4.200	3.8025	4.200	150	132	148	125	525.00	4	530.9292	OK	4 D 13 - 125	600	4 D 13 - 150
K5	400 x 600	40	13	3	398.2	307	166400	3.395	2.3025	3.395	100	132	148	115	390.39	3	398.1969	OK	3 D 13 - 115	450	3 D 13 - 150
K6	550 x 550	40	13	3	398.2	457	220900	4.220	3.4275	4.220	137.5	132	148	125	527.55	4	530.9292	OK	4 D 13 - 125	550	4 D 13 - 150
K7	500 x 500	40	13	3	398.2	407	176400	4.245	3.0525	4.245	125	132	148	125	530.67	4	530.9292	OK	4 D 13 - 125	500	4 D 13 - 150

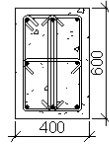
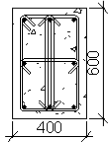
Sumber: Analisa Penulis, 2025

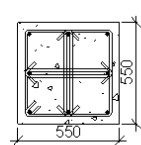
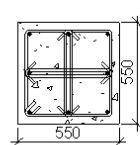
TYPE KOLOM	K1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. KOLOM		
DIMENSI	800 X 800	800 X 800
TULANGAN UTAMA	20 D22	20 D22
SENGKANG	2 D13 - 100	2 D13 - 125
TULANGAN TIES	4 D13 - 100	4 D13 - 125
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

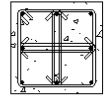
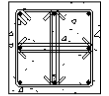
TYPE KOLOM	K2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. KOLOM		
DIMENSI	750 x 750	750 x 750
TULANGAN UTAMA	20 D22	20 D22
SENGKANG	2 D13 - 100	2 D13 - 150
TULANGAN TIES	4 D13 - 100	4 D13 - 150
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

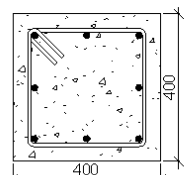
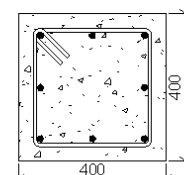
TYPE KOLOM	K3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. KOLOM		
DIMENSI	700 x 700	700 x 700
TULANGAN UTAMA	16 D22	16 D22
SENGKANG	2 D13 - 100	2 D13 - 150
TULANGAN TIES	4 D13 - 100	4 D13 - 150
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

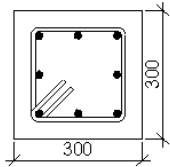
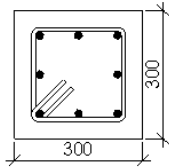
TYPE KOLOM	K4	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. KOLOM		
DIMENSI	600 x 600	600 x 600
TULANGAN UTAMA	12 D22	12 D22
SENGKANG	2 D13 - 125	2 D13 - 150
TULANGAN TIES	4 D13 - 125	4 D13 - 150
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE KOLOM	K5	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. KOLOM		
DIMENSI	400 X 600	400 X 600
TULANGAN UTAMA	8 D22	8 D22
SENGKANG	2 D13 - 115	2 D13 - 150
TULANGAN TIES	3 D13 - 115	3 D13 - 150
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE KOLOM	K6	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. KOLOM		
DIMENSI	550 x 550	550 x 550
TULANGAN UTAMA	8 D22	8 D22
SENGKANG	2 D13 - 125	2 D13 - 150
TULANGAN TIES	4 D13 - 125	4 D13 - 150
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE KOLOM	K7	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. KOLOM		
DIMENSI	500 x 500	500 x 500
TULANGAN UTAMA	8 D22	8 D22
SENGKANG	2 D13 - 125	2 D13 - 150
TULANGAN TIES	4 D13 - 125	4 D13 - 150
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE KOLOM	K8	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. KOLOM		
DIMENSI	400 x 400	400 x 400
TULANGAN UTAMA	8 D19	8 D19
SENGKANG	2 D10 - 150	2 D10 - 150
TULANGAN TIES	-	-
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

TYPE KOLOM	K9	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. KOLOM		
DIMENSI	300 X 300	300 X 300
TULANGAN UTAMA	8 D19	8 D19
SENGKANG	2 D10 - 150	2 D10 - 150
TULANGAN TIES	-	-
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm
MUTU BETON	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

Gambar 4. 31 Detail Tulangan Kolom

Sumber: Analisa Pribadi, 2025

4.6.3 Penulangan Struktur Pelat

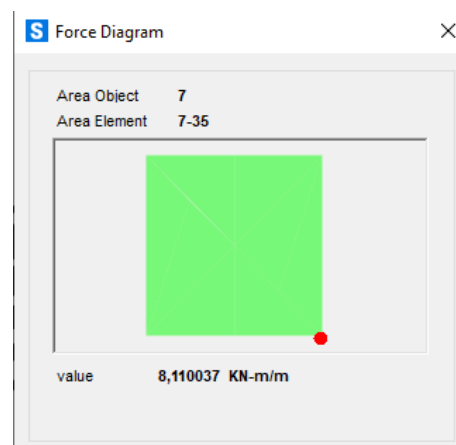
Penulangan struktur pelat dihitung berdasarkan nilai momen yang didapat dari hasil Analisa struktur oleh SAP 2000 yang selanjutnya dihitung secara manual.

1. Data Perencanaan

Tipe Pelat	= P1
Lx	= 4000 mm
Ly	= 4000 mm
Tebal Pelat, hf	= 130 mm
Mutu Beton, fc	= 35 MPa
Mutu Baja, fy	= 420 MPa
β_1	= 0,85
Diameter Tul.	= 13 mm
Selimut Beton, p	= 30 mm
Tebal Efektif, d'	= hf – p – 0,5D
	= 120 – 30 – 6
	= 93,5 mm

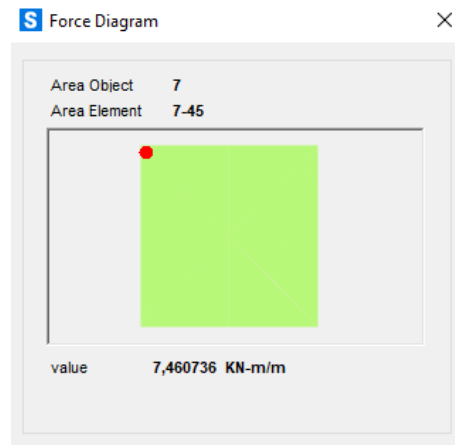
2. Momen Hasil Analisa SAP2000

Mlx	= 8,110	kNm
Mly	= 7,461	kNm
Mtx	= 43,196	kNm
Mty	= 7,001	kNm



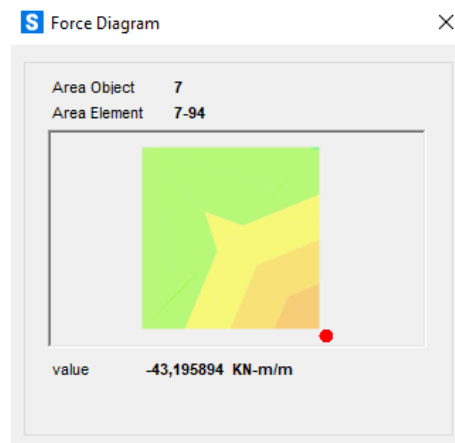
Gambar 4. 32 Momen Lapangan Arah X

Sumber: Analisa Penulis, 2025



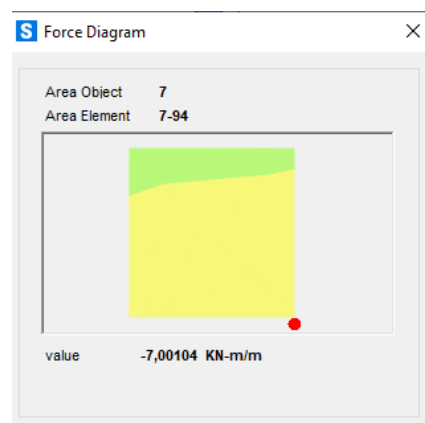
Gambar 4. 33 Momen Lapangan Arah Y

Sumber: Analisa Penulis, 2025



Gambar 4. 34 Momen Tumpuan Arah X

Sumber: Analisa Penulis, 2025



Gambar 4. 35 Momen Tumpuan Arah Y

Sumber: Analisa Penulis, 2025

3. Perhitungan Penulangan Pelat

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} \\ &= 0,0033333\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \left(\frac{0,85 \times f_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \left(\frac{0,85 \times 35 \times 0,8}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,0265625\end{aligned}$$

a. Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 43195894 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{43195894}{0,8} \\ &= 53994868 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{53994867,5}{1000 \times 93,5^2} \\ &= 6,1763 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6,1763}{0,85 \times 35}} \right) \\ &= 0,00889\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,00889$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,00889 \times 1000 \times 93,5 \\ &= 831,318 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak Antar Tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b / A_s \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 1000 / 831,318 \\
 &= 160 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat S Maks

$$S < 3t \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$160 < 3 \cdot 100 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$160 < 300 \text{ atau } 450 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Jadi, digunakan $S = 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 1000}{150} \\
 &= 884 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } A_s \text{ Pakai} > A_s \text{ Perlu, } 884 > 831,318 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi, digunakan tulangan tumpuan arah x = D13-150

b. Penulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 8110037 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{8110037}{0,8} \\
 &= 10137546 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{8110037}{1000 \times 93,5^2} \\
 &= 1,1596 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{0,85f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f_c}}\right) \\
 &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,1596}{0,85 \times 35}}\right) \\
 &= 0,00142
 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,003333$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,003333 \times 1000 \times 93,5 \\ &= 311,667 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Antar Tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b / A_s \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 \times 1000 / 311,667 \\ &= 426 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat S Maks

$$S < 3t \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$426 < 3 \cdot 100 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$426 < 300 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Jadi, digunakan $S = 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 1000}{150} \\ &= 884 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat, $A_s \text{ Pakai} > A_s \text{ Perlu}$, $884 > 311,667 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi, digunakan tulangan lapangan arah x = D13-150

c. Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = 7001040 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{7001040}{0,8} \\ &= 8751300 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{8751300}{1000 \times 93,5^2} \\ &= 1,001 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85f_c}}\right) \\
 &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,001}{0,85 \times 35}}\right) \\
 &= 0,00122
 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,003333$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0,003333 \times 1000 \times 93,5 \\
 &= 311,667 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Antar Tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b / A_s \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 1000 / 311,667 \\
 &= 426 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat S Maks

$S < 3t$ atau 450 mm

$$426 < 3 \cdot 100 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$426 < 300 \text{ atau } 450 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Jadi, digunakan $S = 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 1000}{150} \\
 &= 884 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat, $A_s \text{ Pakai} > A_s \text{ Perlu}$, $884 > 311,667 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi, digunakan tulangan tumpuan arah y = D13-150

d. Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = 7460736 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{7460736}{0,8} \\
 &= 9325920 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
 &= \frac{9325920}{1000 \times 93,5^2} \\
 &= 1,0668 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f_c}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 35}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,0668}{0,85 \times 35}} \right) \\
 &= 0,00131
 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan $\rho_{\text{min}} = 0,003333$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0,003333 \times 1000 \times 83,5 \\
 &= 311,667 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Antar Tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b / A_s \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 1000 / 311,667 \\
 &= 426 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat S Maks

$$S < 3t \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$426 < 3 \cdot 100 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$426 < 300 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Jadi, digunakan $S = 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 1000}{150} \\
 &= 884 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

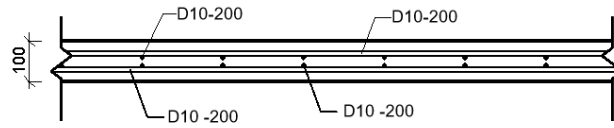
Syarat, $A_s \text{ Pakai} > A_s \text{ Perlu}$, $884 > 311,667 \text{ mm}^2$ (OK)

Jadi, digunakan tulangan lapangan arah y = D13-150

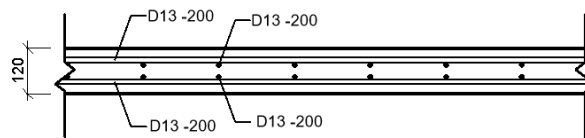
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Tebal Pelat (mm)	Nama Tulangan	Daerah	Mu (kNm)	As perlu (mm ²)	Ø (mm)	Lebar Efektif (d')	Jarak (mm)	Luas (mm ²)	Mutu Beton f _c '	Mutu Baja f _y	Ø As Terpasang	a (mm)	Cek Kapasitas (As pakai ≥ As perlu)	Digunakan			
100	Tulangan Arah X	Tumpuan	10,72	267,9	10	65	200	392,70	35	420	392,50	5,54	OK	D	10	-	200
		Lapangan	5,7234	216,67	10	65	200	392,70	35	420	392,50	5,54	OK	D	10	-	200
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	6,9201	216,67	10	65	200	392,70	35	420	392,50	5,54	OK	D	10	-	200
		Lapangan	2,1246	216,67	10	65	200	392,70	35	240	392,50	3,17	OK	D	10	-	200
120	Tulangan Arah X	Tumpuan	43,633	977,01	13	63,5	125	1061,9	35	420	1061,32	14,99	OK	D	13	-	125
		Lapangan	3,838	283,33	13	63,5	125	1061,9	35	420	1061,32	14,99	OK	D	13	-	125
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	7,2018	283,33	13	63,5	125	1061,9	35	420	1061,32	14,99	OK	D	13	-	125
		Lapangan	5,4462	283,33	13	63,5	125	1061,9	35	240	1061,32	8,57	OK	D	13	-	125
120	Tulangan Arah X	Tumpuan	31,709	654,27	13	63,5	200	663,66	35	420	663,33	9,37	OK	D	13	-	200
		Lapangan	3,2483	283,33	13	63,5	200	663,66	35	420	663,33	9,37	OK	D	13	-	200
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	4,5421	283,33	13	63,5	200	663,7	35	420	663,33	9,37	OK	D	13	-	200
		Lapangan	3,1974	283,33	13	63,5	200	663,66	35	240	663,33	5,35	OK	D	13	-	200
130	Tulangan Arah X	Tumpuan	43,196	831,32	13	63,5	150	884,88	35	420	884,43	12,49	OK	D	13	-	150
		Lapangan	8,11	311,67	13	63,5	150	884,88	35	420	884,43	12,49	OK	D	13	-	150
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	7,001	311,67	13	63,5	150	884,9	35	420	884,43	12,49	OK	D	13	-	150
		Lapangan	7,4607	311,67	13	63,5	150	884,88	35	240	884,43	7,14	OK	D	13	-	150

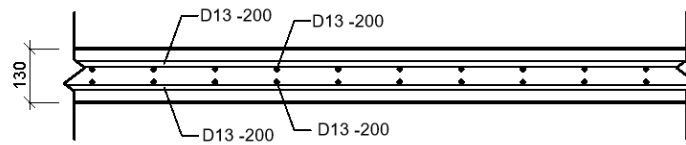
Sumber: Analisa Penulis, 2025



1 **DETAIL P10**
1 : 20



2 **DETAIL P12**
1 : 20



3 **DETAIL P13**
1 : 20

Gambar 4. 36 Detail Tulangan Pelat

Sumber: Analisa Pribadi, 2025

4.6.4 Penulangan Tangga

Data Perencanaan

Ukuran trap tangga, tinggi (*optrade*) = 17,5 cm

lebar (*antrade*) = 30 cm

Jumlah trap tangga per 1m = $1/0,3 = 3,33$ bh

a. Perhitungan Pembebanan

Beban mati pada plat bordes

Berat lapisan pasir (3 cm) = $0,03 \times 1600 = 48 \text{ kg/m}^2$

Berat lapisan spesi (3 cm) = $3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^2$

Berat lapisan penutup lantai (keramik 1 cm) = $1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$

Berat sendiri pelat = $0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
 $= 495 \text{ kg/m}^2$

Beban mati pada plat tangga

Berat lapisan spesi (3 cm) = $3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^2$

Berat lapisan penutup lantai (keramik 1 cm) = $1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$

Berat sendiri pelat = $0,174 \times 2400 = 417,6 \text{ kg/m}^2$

Berat trap tangga = $3,33 \times 0,5 \times 0,175 \times 0,3 \times 2400 = 210 \text{ kg/m}^2$
 $= 714,6 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup

Beban hidup pada tangga = 300 kg/m^2

Beban yang bekerja (dihitung per 1m lebar tangga)

Beban pada pelat bordes

$wu1 = 1 \times (1,2w_d + 1,6w_l)$

$= 1 \times (1,2 \times 495 + 1,6 \times 300) = 1074 \text{ kg/m}$

Beban pada pelat tangga

$wu2 = 1 \times (1,2w_d + 1,6w_l)$

$= 1 \times (1,2 \times 714,6 + 1,6 \times 300) = 1338 \text{ kg/m}$

b. Perhitungan Beton Bertulang, direncanakan:

Kuat tekan beton rencana, $f_c' = 25 \text{ Mpa}$

Tegangan leleh tulangan utama, $f_y = 420 \text{ Mpa}$

Tegangan leleh sengkang, $f_y = 420 \text{ Mpa}$

Batasan Tulangan:

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 420 = 0,0033$$

$$\rho_b = \frac{\beta_1 (0,85 f_c')}{F_y} \times \frac{600}{600 + 420}$$

$$= \frac{\beta_1 (0,85 f_c')}{F_y} \times \frac{600}{600 + 420}$$

$$= 0,0253$$

$$\rho_{\max} = 0,75\rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,025 = 0,0190$$

1. Pelat Tangga Bawah

Dimensi balok, $b = 250 \text{ cm}$

$h = 500 \text{ cm}$

Bentang balok, $a = 1,65 \text{ m}$

$b = 3,9 \text{ m}$

$L = 5,55 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Mu1} &= (w_{u1}/L^2) [1/2 L^2 \cdot a^2 - 2/3 L \cdot a^3 + 1/4 a^4] + \\ &\quad (w_{u2}/L^2) [1/2 L^2 \cdot (L^2 - a^2) - 2/3 L \cdot (L^3 - a^3) + 1/4 (L^4 - a^4)] \\ &= 34,9 \times [15,4 \times 2,72 - 3,7 \times 4,49 + 1,853] + \\ &\quad 43,4 \times [15,4 \times 28,08 - 3,7 \times 166,46 + 253,246] \\ &= 947,1 + 2254 = 3200,87 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu2} &= (w_{u1}/L^2) [1/3 L \cdot a^3 - 1/4 a^4] + \\ &\quad (w_{u2}/L^2) [1/3 L \cdot (L^3 - a^3) - 1/4 (L^4 - a^4)] \\ &= 34,9 \times [1,85 \times 4,49 - 1,853002] + \\ &\quad 43,4 \times [1,85 \times 166,46 - 253,346] \\ &= 225,2 + 3152,8 = 3378 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Vu1} = 1/L [w_{u1} \cdot a (1/2a+b) + w_{u2} \cdot 1/2 b^2]$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,18 [1074 \times 7,8 + 1338 \times 7,605] \\
 &= 3341,4 \text{ kg} \\
 Vu2 &= 1/L [wu1.1/2a^2 + wu2.b (1/2b+a)] \\
 &= 0,18 [1074 \times 1,36 + 1338 \times 14,040] \\
 &= 3647 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Lebar pelat (b)	= 165 cm	= 1650 mm
Tinggi pelat (h)	= 10 cm	= 100 mm
Selimut beton (p)	= 2,5 cm	= 25 mm
Ø. tul utama (Dx)	= 1,3 cm	= 13 mm
d efektif	= h-p-1/2Dx	= 68,5 mm

Penulangan Tumpuan

$$\begin{aligned}
 Mu &= 3378 \text{ kgm} = 337800 \text{ kgcm} \\
 \text{Faktor reduksi } \phi &= 0,80 \\
 Mn &= Mu / \phi = 337800 / 0,80 \\
 &= 422250 \text{ Kgcm}
 \end{aligned}$$

Koefisien ketahanan $R_n =$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{422250,3}{165.6,85^2} = 54,5387 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = \rho.f_y [1 - 0,59. \rho.f_y / f_c]$$

$$R_n = \rho.f_y - 0,59. \rho^2.f_y^2 / f_c$$

$$5,4539 = 420\rho - 4163,04\rho^2$$

Persamaan

$$4163,04\rho^2 - 420\rho + 5,4539 = 0$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{1,2} &= \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4.a.c})}{2.a} \\
 &= \frac{420 \pm \sqrt{(176400 - 90818,7)}}{8326,1}
 \end{aligned}$$

$$\rho_1 = 0,0856$$

$$\rho_2 = 0,0153 < \rho_{maks} = 0,0190$$

$$> \rho_{min} = 0,0033, \text{ dipakai } \rho$$

$$\begin{aligned} \text{As Tarik} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0153 \times 1650 \times 69 \\ &= 1730,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai: D13-100, As terpasang = 2190,08 mm²
As terpasang memenuhi

Tulangan bagi, 20-50% tulangan pokok

$$\text{As bagi} = 50\% \times 1730,21 = 865,1 \text{ mm}^2$$

Dipakai: D10-100 As terpasang = 1295,91 mm²
As terpasang memenuhi

2. Pelat Tangga Atas

Dimensi balok, $b = 250 \text{ cm}$
 $h = 500 \text{ cm}$

Bentang balok, $a = 1,65 \text{ m}$
 $b = 3,9 \text{ m}$
 $L = 5,55 \text{ m}$

Perhitungan momen sama dengan pelat tangga bawah, sehingga hasil perhitungan tulangan, sebagai berikut:

Tulangan pokok:

Dipakai: D13-100, As terpasang = 2190,09 mm²

Tulangan bagi:

Dipakai: D10-100, As terpasang = 1295,91 mm²

3. Balok Bordes

Dimensi balok, $b = 25 \text{ cm}$
 $h = 50 \text{ cm}$

Bentang balok, $L = 2,8 \text{ m}$

Beban akibat pelat tangga/bordes:

$$q_1 = 3341,44 / 1,65 = 2025,12 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,25 \times 0,50 \times 2400 = 300 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban dinding} &= 2 \times 250 = 500 \text{ kg/m} \\ &= 800 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban yang bekerja pada balok bordes:

$$\text{Beban balok bordes} = 1 \times 2025,12 = 2025,12 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}\text{Balok dinding} &= 1,2 \times 800 = \underline{960 \text{ kg/m}} \\ &= 2985,12 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Momen yang terjadi

$$\begin{aligned}\text{Mu tump.} &= 1/12 \times w_u \cdot L^2 \\ &= 1/12 \times 2985,1 \times 2,8^2 = 1950,28 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mu lap.} &= 1/12 \times w_u \cdot L^2 \\ &= 1/12 \times 2985,1 \times 2,8^2 = 1950,28 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_u &= 1/12 \times w_u \cdot L \\ &= 1/2 \times 2985,1 \times 2,8 = 4179,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Perhitungan Beton Bertulang, ditentukan / direncanakan:

$$\text{Kuat tekan beton rencana, } f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan leleh tulangan utama } f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan leleh sengkang } f_y = 240 \text{ Mpa}$$

Batasan Tulangan

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 1,4/f_y \\ &= 1,4/420 = 0,0033\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{\beta_1 (0,85 \cdot f_c')}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \\ &= 0,0253\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0253 = 0,0190\end{aligned}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 25 \text{ cm} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 50 \text{ cm} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Ø. tul utama (Dx)} = 1,3 \text{ cm} = 13 \text{ mm}$$

$$d \text{ efektif} = h - p - 1/2 D_x = 468,5 \text{ mm}$$

Penulangan

$$Mu \text{ tump.} = 1950,28 \text{ kgm} = 195028 \text{ kgcm}$$

$$\text{Faktor reduksi } \Phi = 0,80$$

$$\begin{aligned} Mn &= Mu / \Phi = 195028 / 0,80 \\ &= 243785 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Koefisien ketahanan R_n :

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{243785}{25.46,85^2} = 4,4427 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = \rho \cdot f_y [1 - 0.59 \cdot \rho \cdot f_y / f_c]$$

$$R_n = \rho \cdot f_y - 0.59 \cdot \rho^2 \cdot f_y^2 / f_c$$

$$0,4443 = 420\rho - 4163,04\rho^2$$

Persamaan

$$4163,04\rho^2 - 420\rho + 0,4443 = 0$$

$$\begin{aligned} \rho_{1,2} &= \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c})}{2 \cdot a} \\ &= \frac{420 \pm \sqrt{(176400 - 7398,1)}}{8326,1} \end{aligned}$$

$$\rho_1 = 0,0998$$

$$\rho_2 = 0,0011 < \rho_{maks} = 0,0190$$

$$> \rho_{min} = 0,0033, \text{ dipakai } \rho_{min}$$

$$As \text{ Tarik} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0033 \times 250 \times 469$$

$$= 390,42 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai} = 3 \text{ D13, } As \text{ terpasang} = 398,20 \text{ mm}^2$$

As terpasang memenuhi

4.7 Perhitungan Penulangan Struktur Bawah

4.7.1 Perencanaan Tiang Pancang

a. Data Sondir

Data tanah yang digunakan yaitu dari hasil uji sondir sebagai berikut.

Tabel 4. 26 Tabel Data Sondir

Kedalaman (m)	Hambatan Konus (Qc) (kg/cm ²)	Jumlah Hambatan (Qc+f) (kg/cm ²)	Hambatan Pelekat (kg/cm ²)	Hp x 20/10 (kg/cm ²)	Tf (kg/cm ²)	Hambatan Setempat (kg/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	50,00	52,00	2,00	4,00	4,00	0,20
0,60	45,00	47,00	2,00	4,00	8,00	0,20
0,80	20,00	22,00	2,00	4,00	12,00	0,20
1,00	20,00	22,00	2,00	4,00	16,00	0,20
1,20	17,00	20,00	3,00	6,00	22,00	0,30
1,40	15,00	17,00	2,00	4,00	26,00	0,20
1,60	15,00	18,00	3,00	6,00	32,00	0,30
1,80	15,00	18,00	3,00	6,00	38,00	0,30
2,00	17,00	20,00	3,00	6,00	44,00	0,30
2,20	13,00	16,00	3,00	6,00	50,00	0,30
2,40	13,00	16,00	3,00	6,00	56,00	0,30
2,60	15,00	17,00	2,00	4,00	60,00	0,20
2,80	5,00	17,00	12,00	24,00	64,00	1,20
3,00	15,00	18,00	3,00	6,00	70,00	0,30
3,20	15,00	18,00	3,00	6,00	76,00	0,30
3,40	15,00	18,00	3,00	6,00	82,00	0,30
3,60	10,00	12,00	2,00	4,00	86,00	0,20
3,80	10,00	12,00	2,00	4,00	90,00	0,20
4,00	8,00	10,00	2,00	4,00	94,00	0,20
4,20	8,00	10,00	2,00	4,00	98,00	0,20
4,40	8,00	10,00	2,00	4,00	102,00	0,20
4,60	10,00	12,00	2,00	4,00	106,00	0,20
4,80	10,00	12,00	2,00	4,00	110,00	0,20
5,00	28,00	30,00	2,00	4,00	114,00	0,20
5,20	42,00	45,00	3,00	6,00	120,00	0,30
5,40	68,00	70,00	2,00	4,00	124,00	0,20
5,60	23,00	25,00	2,00	4,00	128,00	0,20
5,80	18,00	20,00	2,00	4,00	132,00	0,20
6,00	18,00	20,00	2,00	4,00	136,00	0,20
6,20	23,00	25,00	2,00	4,00	140,00	0,20
6,40	23,00	25,00	2,00	4,00	144,00	0,20
6,60	40,00	42,00	2,00	4,00	148,00	0,20
6,80	52,00	54,00	2,00	4,00	152,00	0,20
7,00	43,00	45,00	2,00	4,00	156,00	0,20
7,20	75,00	77,00	2,00	4,00	160,00	0,20
7,40	122,00	125,00	3,00	6,00	166,00	0,30
7,60	165,00	168,00	3,00	6,00	168,00	0,30
7,80	250,00					

Sumber: Analisa Penulis, 2025

b. Klasifikasi Pondasi

Adapun klasifikasi pondasi dilakukan berdasarkan nilai beban (FZ) yang diperoleh dari SAP2000.

Tabel 4. 27 Klasifikasi Pondasi

Klasifikasi Pondasi Berdasarkan Gaya Yang Terjadi							
No	Tipe Pondasi	FZ			MX	MY	Banyak Pondasi
1	Tipe Pondasi 1	235,64	-	2019,96	338,468	721,278	14
2	Tipe Pondasi 2	2019,96	-	3347	293,067	485,904	7
3	Tipe Pondasi 3	3347	-	6378	373,868	696,512	14

Sumber: Analisa Penulis, 2025

c. Perhitungan Pondasi Tiang Pancang Tipe 1

Data Perencanaan:

Diameter penampang tiang, $D = 50 \text{ cm}$ Beban yang dipikul, $P = 2020 \text{ kN} = 205,98 \text{ ton}$ Panjang tiang, $L = 7,8 \text{ m} = 780 \text{ cm}$ *Conus Resistance*, $Q_c = 165 \text{ kg/cm}^2$ Total Friction, $T_f = 172 \text{ kg/cm}$

1. Menghitung Properties Tiang Lingkaran

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling, } K &= \pi \times D \\
 &= 3,14 \times 50 \\
 &= 157,08 \text{ cm} = 1,5708 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas, } A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 50^2 \\
 &= 1962,5 \text{ cm}^2 = 0,1963 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume, } V &= \text{Luas} \times \text{Tinggi} \\
 &= 1962,5 \times 780 \\
 &= 1530750 \text{ cm}^3 = 1,5308 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \frac{Q_c \times A}{3} \times \frac{T_f \times K}{5} \\
 &= \frac{165 \times 1962,5}{3} \times \frac{172 \times 157,08}{5} \\
 &= 107037,5 + 5403,5 \\
 &= 113341,0394 \text{ kg} = 113,341 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3. Menghitung Daya Dukung *Netto*, Q_{netto}

$$\text{Berat tiang, } W = V \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1530750 \times 0,0024 \\
 &= 3673,8 \text{ kg} = 3,6738 \text{ ton} \\
 Q_{\text{netto}} &= Q_u - W \\
 &= 113,341 - 3,6783 \\
 &= 109,667 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

4. Menghitung Jumlah Tiang, Jarak antar Tiang, dan Efisiensi

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tiang, } n &= \frac{P}{Q_{\text{netto}}} \\
 &= \frac{205,98}{109,667} \\
 &= 1,87822 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Jarak antar tiang dan Jarak tepi:

$$\begin{aligned}
 s &= \text{jarak antar tiang} \\
 s' &= \text{jarak ke tepi} \\
 s &= 2,5 \times D \quad \sim \quad 4 \times D \\
 &= 2,5 \times 50 \quad \sim \quad 4 \times 50 \\
 &= 125 \quad \sim \quad 200 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan, $s = 125 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 s' &= 1,5 \times D \quad \sim \quad 2 \times D \\
 &= 1,5 \times 50 \quad \sim \quad 2 \times 50 \\
 &= 75 \quad \sim \quad 100 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan, $s' = 75 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 \emptyset &= \arctan \frac{D}{s} \\
 &= \arctan \frac{50}{125} \\
 &= 21,80140949
 \end{aligned}$$

Asumsi,

$$\text{Jumlah tiang dalam 1 baris, } n = 1$$

$$\text{Jumlah tiang dalam 1 kolom, } m = 2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi, Eff} &= 1 - \frac{\emptyset \times (n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \\
 &= 1 - \frac{21,801 \times (1-1)2 + (2-1)1}{90 \times 2 \times 1} \\
 &= 0,9944
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{izin}} = Q_{\text{netto}} \times n \times \text{Eff}$$

$$= 109,66672 \times 2 \times 0,9944$$

$$= 218,115938 \text{ ton}$$

Syarat, $Q \text{ izin} > P$, $218,12 > 205,98$ (OK)

4.7.2 Perencanaan Tulangan *Pile Cap*

Arah 1-1

$$M_u = 348479200 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset = 0,8$$

$$b = 2200 \text{ mm}$$

$$d = 2200 \text{ mm}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d^2} \\ &= \frac{348479200}{0,8 \times 2200 \times 2200^2} = 0,040909 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,1176 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1 \times 0,041}{420}} \right) \\ &= 0,00009 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Tul. Bawah} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 2200 \times 2200 \\ &= 8712 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan

$$D19-150 = 27723 \text{ mm}^2 > 8712 \text{ mm}^2, \text{ OK}$$

Arah 2-2

$$M_u = 613536600 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset = 0,8$$

$$b = 2200 \text{ mm}$$

$$d = 2200 \text{ mm}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{613536600}{0,8 \times 2200 \times 4840000} = 0,07202486 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,1176 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14 \times 0,072}{420}} \right) \\ &= 0,000171696 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Tul. Bawah} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 2200 \times 2200 \\ &= 8712 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan

$$D19-150 = 27723 \text{ mm}^2 > 8712 \text{ mm}^2, \text{ OK}$$

4.7.3 Perencanaan *Tie Beam*

a. Beban Pelat yang Bekerja

$$\text{Dead Load (wd)} = 408 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Live Load (wl)} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$w_u = 1,2wd + 1,6wl$$

$$w_u = 1289,6 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Perataan beban pelat } l_x = 8 \text{ m}$$

$$l_y = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} q_1 (\text{trap}) &= (1/2 L_x - 1/4 L_x^2 / L_y) \times w_u \\ &= 2579,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_1 (\text{segi-3}) &= 1/4 L_x \times w_u \\ &= 2579,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan balok bagian tepi menerima beban dinding = 150 kg/m²

Kuat tekan beton rencana, $f_c' = 35 \text{ Mpa}$

Tegangan leleh tulangan utama, $f_y = 420 \text{ Mpa}$

Batasan tulangan:

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y$$

$$= 1,4/420 = 0,0033$$

$$\rho_b = \frac{\beta_1 (0,85 f_c')}{F_y} \times \frac{600}{600+f_y}$$

$$= \frac{\beta_1 (0,85 f_c')}{F_y} \times \frac{600}{600+f_y}$$

$$= 0,0354$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0354 = 0,0266$$

b. Direncanakan ukuran *tie beam*:

Lebar, $b = 400 \text{ mm}$

Tinggi, $h = 700 \text{ mm}$

Bentang, $L = 8 \text{ m}$

Berat sendiri balok $= 0,40 \times 0,70 \times 2400 = 672 \text{ kg/m}$

Beban dinding ($t = 5 \text{ m}$) $= 5 \times 150 = 750 \text{ kg/m}$
 $= 1422 \text{ kg/m}$

Beban pelat (q_1) $= 2579 \text{ kg/m}$

Berat sendiri & dinding $= 1,2 \times 1422 = 1706,4 \text{ kg/m}$
 $4285,6 \text{ kg/m}$

Momen yang terjadi

$$M_{\text{lapangan}} = 1/12 \cdot w_u \cdot L^2$$

$$= 1/12 \times 4285,6 \times 8^2 = 22856,53 \text{ kgm}$$

$$= 228,57 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{tumpuan}} = 1/12 \cdot w_u \cdot L^2$$

$$= 1/12 \times 4285,6 \times 8^2 = 22856,53 \text{ kgm}$$

$$= 228,57 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{maks}} &= \frac{1}{2} \cdot w_u \cdot L \\
 &= 0,5 \times 4285,6 \times 8 = 17142,4 \text{ kg} \\
 &= 171,42 \text{ kN} \\
 \text{tinggi balok (h)} &= 70 \text{ cm} = 700 \text{ mm} \\
 \text{lebar balok (b)} &= 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm} \\
 \text{selimut beton (p)} &= 35 \text{ cm} = 350 \text{ mm} \\
 \text{Ø. tul utama (Dx)} &= 1,9 \text{ cm} = 19 \text{ mm} \\
 d \text{ efektif} &= h - p - 1/2 D_x \\
 &= 34,05 \text{ cm} = 340,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Penulangan Tumpuan

$$M_u = 22856,53 \text{ kgm} = 2285653 \text{ kgcm}$$

$$\text{faktor reduksi, } \phi = 0,80$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi = 2285653 / 0,80 \\
 &= 2857067 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

Koefisien ketahanan R_n :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2857066,67}{40 \cdot 34,05^2} = 61,6064 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = \rho \cdot f_y [1 - 0,59 \cdot \rho \cdot f_y / f_c]$$

$$R_n = \rho \cdot f_y - 0,59 \cdot \rho^2 \cdot f_y^2 / f_c$$

$$6,1606 = 420\rho - 2973,60 \rho^2$$

Persamaan:

$$2973,60\rho^2 - 420\rho + 6,1606 = 0$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{1,2} &= \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c})}{2 \cdot a} \\
 &= \frac{420 \pm \sqrt{(176400 - 73277,2)}}{5947,2} \\
 \rho_1 &= 0,1246
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_2 &= 0,0166 < \rho_{\text{maks}} = 0,0266 \\
 &< \rho_{\text{min}} = 0,0033, \text{ dipakai } \rho
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ tarik} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0166 \times 400 \times 341 \\
 &= 2264,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ total yang dibutuhkan} = 2264,33 \text{ mm}^2$$

Pada bagian tarik digunakan:

$$\text{Diameter} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah} = 6 \text{ buah}$$

$$A_s = 1701,17 \text{ mm}^2$$

Pada bagian tekan digunakan:

$$\text{Diameter} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah} = 2 \text{ buah}$$

$$A_s = 567,06 \text{ mm}^2$$

A_s total terpasang = 2268,23 mm², sehingga A_s terpasang memenuhi.

d. Penulangan Area Lapangan

$$M_u = 22856,53 \text{ kgm} = 2285653 \text{ kgcm}$$

$$\text{Faktor reduksi, } \phi = 0,80$$

$$\begin{aligned} M_n = M_u / \phi &= 2285653 / 0,80 \\ &= 2857067 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Koefisien ketahanan R_n :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2857066,67}{40 \cdot 34,05^2} = 61,6064 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = \rho \cdot f_y [1 - 0,59 \cdot \rho \cdot f_y / f_c]$$

$$R_n = \rho \cdot f_y - 0,59 \cdot \rho^2 \cdot f_y^2 / f_c$$

$$6,1606 = 420\rho - 2973,60 \rho^2$$

Persamaan:

$$2973,60\rho^2 - 420\rho + 6,1606 = 0$$

$$\begin{aligned} \rho_{1,2} &= \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c})}{2 \cdot a} \\ &= \frac{420 \pm \sqrt{(176400 - 73277,2)}}{5947,2} \end{aligned}$$

$$\rho_1 = 0,1246$$

$$\begin{aligned} \rho_2 &= 0,0166 < \rho_{\text{maks}} = 0,0266 \\ &< \rho_{\text{min}} = 0,0033, \text{ dipakai } \rho \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tarik} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0166 \times 400 \times 341 \\ &= 2264,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

A_s total yang dibutuhkan = 2264,33 mm²

Pada bagian tarik digunakan:

$$\text{Diameter} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah} = 6 \text{ buah}$$

$$A_s = 1701,17 \text{ mm}^2$$

Pada bagian tekan digunakan:

$$\text{Diameter} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah} = 2 \text{ buah}$$

$$A_s = 567,06 \text{ mm}^2$$

A_s total terpasang = 2268,23 mm², sehingga A_s terpasang memenuhi.

e. Penulangan Geser

$$V_{\text{maks}} = 17142,40 \text{ kg} = 171,424 \text{ kN}$$

$$W_u = 4285,60 \text{ kg/cm} = 42,856 \text{ kN/m}$$

$$d = 34,05 \text{ cm} = 340,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6(\sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3}) \\ &= 1/6 (\sqrt{35} \times 400 \times 340,5 \times 10^{-3}) \\ &= 134,295 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 134,30 = 80,58 \text{ kN} \quad V_u > V_c$$

$$0,5 \times \phi V_c = 0,5 \times 80,58 = 40,29 \text{ kN}$$

$$V_n = V_u / \phi = 171,424 / 0,6 = 285,707 \text{ kN} > V_c$$

Karena $V_u > \phi V_c$ dan $V_n > V_c$, maka diperlukan sengkang

Dicoba dengan sengkang Ø10 dengan luas = 157 mm

Jarak sengkang maksimum

$$s \leq 1/2d = 170,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} s &\leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_n - V_c} = \frac{157 \times 420 \times 340,5 \times 10^{-3}}{285,7067 - 134,295} \\ &= 148,423 \end{aligned}$$

Pada 1/4L daerah tumpuan digunakan

$$\text{diameter} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{jarak} = 150 \text{ mm}$$

Pada 2/4L daerah tumpuan digunakan

diameter = 10 mm

jarak = 200 mm

Maka dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa pada *tie beam* digunakan tulangan Sengkang D10-150 pada area tumpuan dan D10-200 pada area lapangan.

Tipe struktur bawah yang lain juga dihitung dengan cara yang sama seperti di atas sehingga didapatkan dimensi dan detail struktur bawah yang digunakan pada perencanaan ulang struktur gedung ini. Adapun rekapitulasi hasil perhitungan struktur bawah dapat dilihat pada tabel 4.28, 4.29, dan 4.30.

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Kebutuhan Tiang Pancang

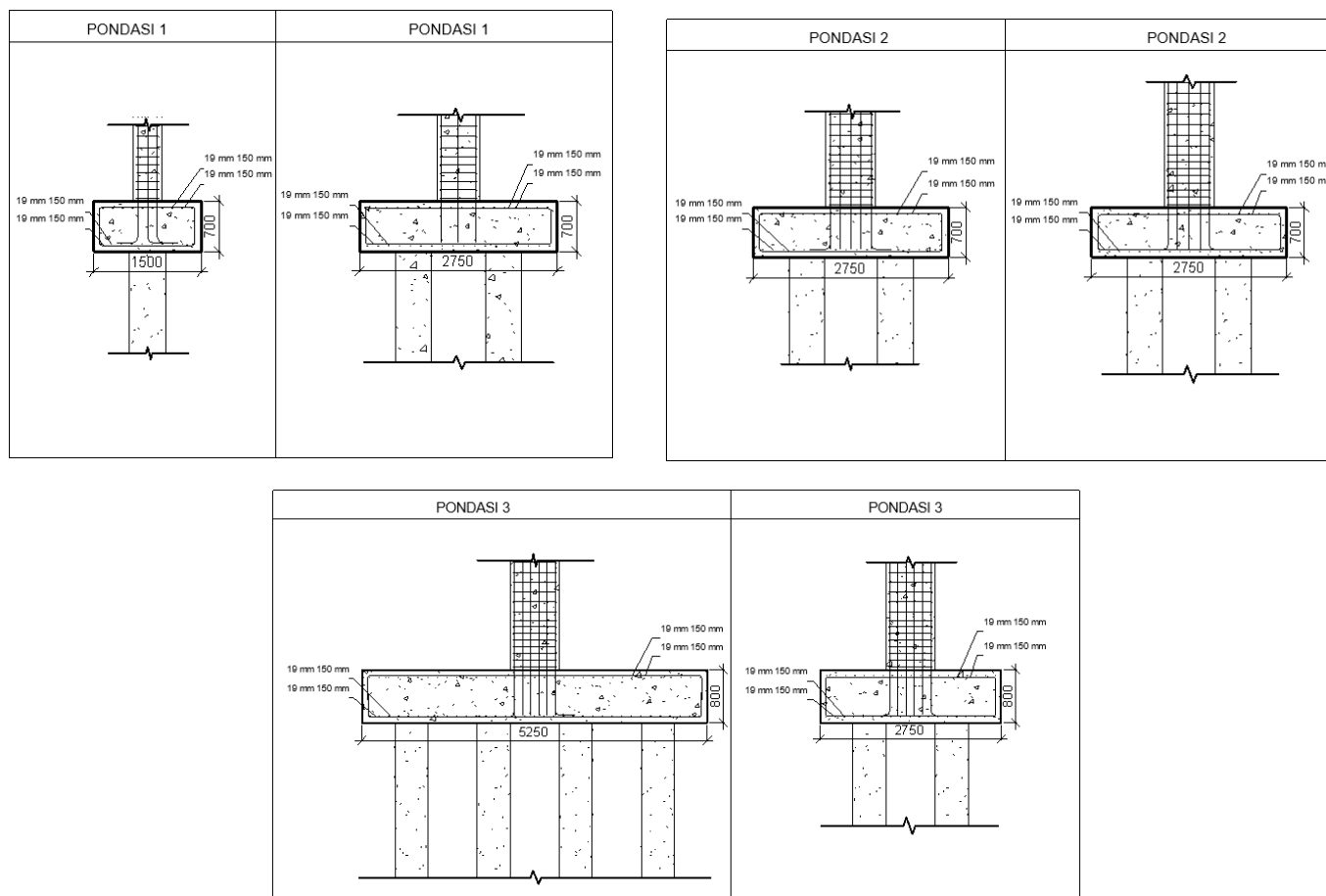
REKAPITULASI KEBUTUHAN TIANG PANGCANG												
Tipe	Jumlah Titik	Dimensi		Tebal	Jumlah Tiang	Nilai	Pu	Qu	Jarak antar tiang (S)	Jarak tiang ke tepi (S)	Qizin	Cek Kapasitas
		(mm)		Pilecap	Tiang	Efisiensi						
	(n)	LX	LY	mm	(n)	Tiang (Eff)	ton	ton	cm	cm	ton	Ptot < Pefisiensi
PC1	28	2750	1500	700	2	0,994	205,98	113,341	125	75	218,116	OK
PC2	15	2750	2750	700	4	0,873	341	113,338	125	75	383,0912	OK
PC3	25	5250	2750	800	8	0,813	650	113,338	125	75	713,0526	OK

Sumber: Analisa Penulis, 2025

Tabel 4. 29 Rekapitulasi Tulangan *Pilecap*

REKAPITULASI TULANGAN PILECAP													
Tipe	Dimensi		Tebal	Nama Tulangan	Daerah	Mu	ρ perlu	As perlu	∅	Jarak	As pakai	Cek Kapasitas	Dipasang
	(mm)		Pilecap			kNm		mm²	mm	mm	mm²	As Pakai ≥ As Perlu	
	LX	LY	mm										
PC1	2750	1500	700	Tulangan Arah X	Atas	373,8679	0,0018	11700	19	150	25203	OK	D 19-150
					Bawah	373,8679	0,0018	11700	19	150	25203	OK	D 19-150
				Tulangan Arah Y	Atas	696,5119	0,0018	11700	19	150	40954	OK	D 19-150
					Bawah	696,5119	0,0018	11700	19	150	40954	OK	D 19-150
PC2	2750	2750	700	Tulangan Arah X	Atas	293,0674	0,0018	19012,5	19	150	40954	OK	D 19-150
					Bawah	293,0674	0,0018	19012,5	19	150	40954	OK	D 19-150
				Tulangan Arah Y	Atas	485,9041	0,0018	19012,5	19	150	40954	OK	D 19-150
					Bawah	485,9041	0,0018	19012,5	19	150	40954	OK	D 19-150
PC3	5250	2750	800	Tulangan Arah X	Atas	338,4684	0,0018	33637,5	19	150	40954	OK	D 19-150
					Bawah	338,4684	0,0018	33637,5	19	150	40954	OK	D 19-150
				Tulangan Arah Y	Atas	721,278	0,0018	33637,5	19	150	72457	OK	D 19-150
					Bawah	721,278	0,0018	33637,5	19	150	72457	OK	D 19-150

Sumber: Analisa Penulis, 2025



Gambar 4. 37 Penulangan Pile Cap

Sumber: Analisa Pribadi, 2024

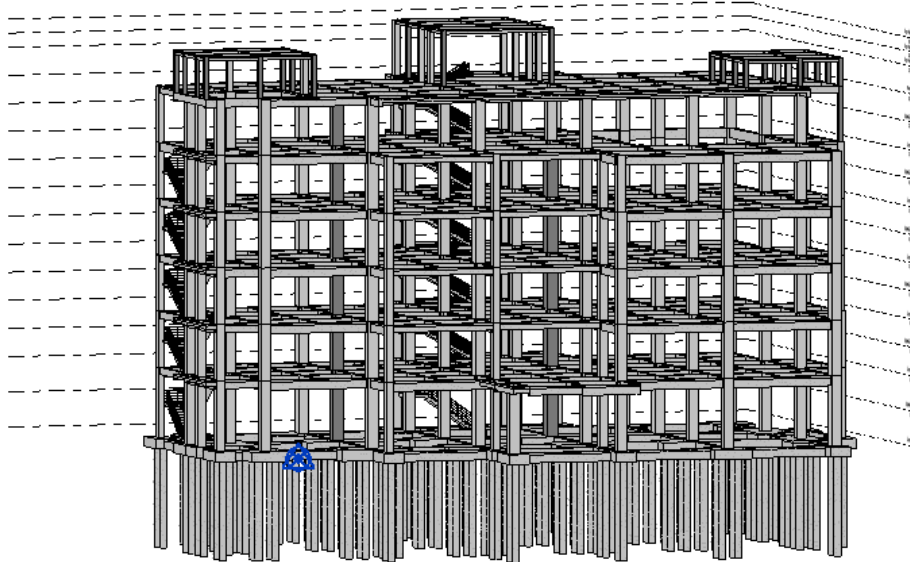
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Penulangan *Tie Beam*

Tipe Tie Beam	Dimensi Balok (b x h)			Tebal Selimut (mm)	Kuat Tekan Beton, f_c' (MPa)	Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y (MPa)	Tinggi Efektif (d)	Daerah	Letak Tulangan	M_u (kNm)	As perlu mm^2	ϕ mm	Luas mm^2	Jumlah	As Terpasang mm^2	Jarak Bersih Antar Tulangan mm	Jarak Bersih $\geq db$ dan 25 mm?	Jumlah Lapis	Syarat As Terpasang $\geq$ As perlu	Dipasang		
TB1	400	x	700	35	35	420	642	Tumpuan	Atas	260.57	1233.55	19	283.53	6	1701.172	37	YA	2	OK	6	D	19
									Bawah		411.18	19	283.53	2	567.057	262	YA	1	OK	2	D	19
								Lapangan	Bawah	260.57	1233.55	19	283.53	6	1701.172	37	YA	1	OK	6	D	19
									Atas		411.18	19	283.53	2	567.057	262	YA	1	OK	2	D	19
TB1A	400	x	700	35	35	420	446	Tumpuan	Atas	45.80	480.80	19	283.53	2	567.057	262	YA	1	OK	2	D	19
									Bawah		160.266	19	283.53	2	567.057	262	YA	1	OK	2	D	19
								Lapangan	Bawah	45.80	480.80	19	283.53	2	567.057	262	YA	1	OK	2	D	19
									Atas		160.266	19	283.53	2	567.057	262	YA	1	OK	2	D	19

Sumber: Analisa Penulis, 2025

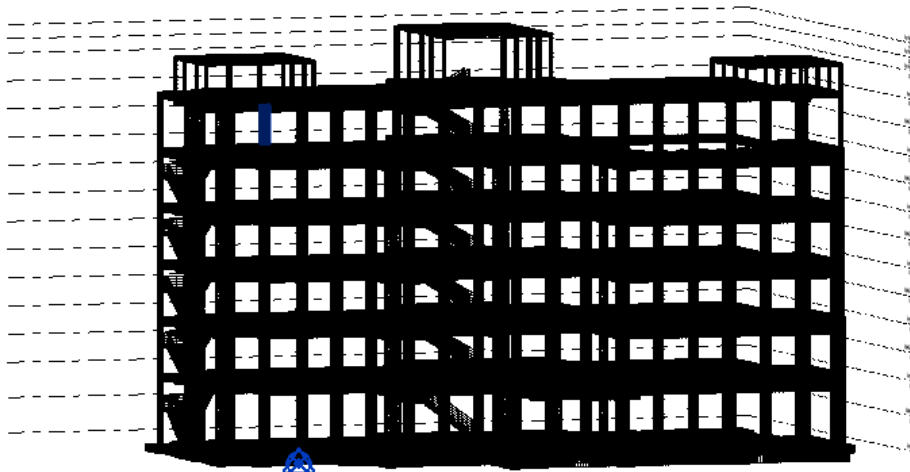
4.8 Memodelkan 3D dengan Revit

Struktur hasil perhitungan dan Analisa SAP 2000 selanjutnya dimodelkan menggunakan Autodesk Revit sebagai berikut:



Gambar 4. 38 Permodelan 3D Elemen Struktur dengan Revit

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025



Gambar 4. 39 Permodelan 3D Tulangan Struktur dengan Revit

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

4.8.1 Quantity Take Off/Scheduling

Quantity take off atau *scheduling* dari Revit digunakan untuk mengetahui volume pekerjaan sesuai permodelan yang telah dibuat. *Quantity take off* yang diperoleh

meliputi volume pekerjaan kolom, balok, pelat lantai, tangga, *tie beam*, dan *pile cap*. Berikut merupakan hasil *quantity take off* pada model struktur gedung ICT universitas Diponegoro:

<Volume Beton Kolom>					
A	B	C	D	E	F
Type	Base Level	h (mm)	b (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m3)
K2 750X750	Lantai 2	750	750	5000	2.813
K3 700X700	Lantai 2	700	700	4000	1.960
K2 750X750	Lantai 2	750	750	4000	2.250
K2 750X750	Lantai 2	750	750	5000	2.813
K3 700X700	Lantai 2	700	700	5000	2.450
K3 700X700	Lantai 2	700	700	5000	2.450
K3 700X700	Lantai 2	700	700	4000	1.960

Gambar 4. 40 *Quantity Take Off* Beton Kolom

Sumber: Analisa Penulis, 2025

<Luas Bekisting Kolom>				
A	B	C	D	E
Type	Base Level	Keliling Kolom (m2)	Tinggi Kolom (mm)	Luas Bekisting (m2)
K2 750X750	Lantai 2	3000	5000	15.000
K3 700X700	Lantai 2	2800	4000	11.200
K2 750X750	Lantai 2	3000	4000	12.000
K2 750X750	Lantai 2	3000	5000	15.000
K3 700X700	Lantai 2	2800	5000	14.000
K3 700X700	Lantai 2	2800	5000	14.000

Gambar 4. 41 *Quantity Take Off* Bekisting Kolom

Sumber: Analisa Penulis, 2025

<Volume Beton Balok>					
A	B	C	D	E	F
Family	Type	Reference Level	Panjang Bentang (	Bentang Bersih (m)	Volume
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	3000	2625	0.643
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	8000	7275	1.782
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	8000	7275	1.782
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	8000	7275	1.782
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	8000	7275	1.782
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	8000	7275	1.782

Gambar 4. 42 *Quantity Take Off* Beton Balok dan *Tie Beam*

Sumber: Analisa Penulis, 2025

<Luas Bekisting Balok>						
A	B	C	D	E	F	G
Family	Type	Reference Level	Length	Cut Length	Kelling Bersih	Luas Bekisting (m2)
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	3000	2625	1490	3.911
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	8000	7275	1490	10.840
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	8000	7275	1490	10.840
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	8000	7275	1490	10.840
Concrete - Rectan	B1 700X350	Lantai 2	8000	7275	1490	10.840

Gambar 4. 43 *Quantity Take Off* Bekisting Balok dan Tie Beam

Sumber: Analisa Penulis, 2025

<Volume Pelat>				
A	B	C	D	E
Type	Elevation at Top	Default Thickness	Area	Volume
P13	5000	130	40.959	5.325
P13	0	130	683.856	88.901
P13	5000	130	840.921	109.320
P13	9000	130	773.885	100.605
P13	13000	130	774.231	100.650
P13	17000	130	774.676	100.708
P13	21000	130	609.661	79.256
P12	25000	120	624.493	74.939
P10	29000	100	76.630	7.663
P10	27000	100	48.720	4.872
P10	28000	100	48.570	4.857

Gambar 4. 44 *Quantity Take Off* Beton Pelat

Sumber: Analisa Penulis, 2025

<Volume Tulangan>						
A	B	C	D	E	F	G
Family	Type	Partition	Quantity	Total Bar Length	Reinforcement Vo	Berat Tulangan
Rebar Bar	13M	K2 Lantai 1	18	13968 mm	1769.42 cm³	13.890
Rebar Bar	13M	K2 Lantai 2	7	18029 mm	2283.85 cm³	17.928
Rebar Bar	22M	K2 Lantai 2	5	24394 mm	9442.22 cm³	74.121
Rebar Bar	13M	K2 Lantai 2	7	18029 mm	2283.85 cm³	17.928
Rebar Bar	22M	K2 Lantai 2	3	14677 mm	5681.18 cm³	44.597
Rebar Bar	13M	K2 Lantai 2	7	5432 mm	688.11 cm³	5.402

Gambar 4. 45 *Quantity Take Off* Tulangan Tie Beam, Balok, dan Kolom

Sumber: Analisa Penulis, 2025

<Structural Area Reinforcement Schedule>				
A	B	C	D	E
Type	Partition	Family	Reinforcement Vol	Berat Tulangan
Structural Area Reinforcement 1	P13 Lantai 2	Structural Area Reinforcement	3518058.18 cm ³	27616.757
Structural Area Reinforcement 1	P13 Lantai 3	Structural Area Reinforcement	3342194.86 cm ³	26236.230
Structural Area Reinforcement 1	P13 Lantai 4	Structural Area Reinforcement	3340284.30 cm ³	26221.232
Structural Area Reinforcement 1	P13 Lantai 5	Structural Area Reinforcement	3338619.85 cm ³	26208.166
Structural Area Reinforcement 1	P13 Lantai 6	Structural Area Reinforcement	2674280.39 cm ³	20993.101
Structural Area Reinforcement 1	P12 Lantai 7	Structural Area Reinforcement	2017002.63 cm ³	15833.471
Structural Area Reinforcement 1	P10 Top Atap 3	Structural Area Reinforcement	146515.58 cm ³	1150.147
Structural Area Reinforcement 1	P10 Top Atap 2	Structural Area Reinforcement	95015.41 cm ³	745.871
Structural Area Reinforcement 1	P10 Top Atap 1	Structural Area Reinforcement	94965.35 cm ³	745.478
Structural Area Reinforcement 1	P13 Lantai 1	Structural Area Reinforcement	2403749.35 cm ³	18869.432

Gambar 4. 46 *Quantity Take Off* Tulangan Pelat Lantai

Sumber: Analisa Penulis, 2025

<Structural Foundation Schedule>									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Family	Type	Level	Length	Width	Foundation Thickne	Volume	Estimated Reinforc	Berat Tulangan	Luas Bekisting
M_Footing-Rectan	PC 2	Lantai 1	2750	2750	700	5.294 m ³	86029.52 cm ³	675.33 kg	7.700 m ²
M_Footing-Rectan	PC 3	Lantai 1	2750	5250	800	11.550 m ³	148608.31 cm ³	1166.58 kg	12.800 m ²
M_Footing-Rectan	PC 1	Lantai 1	1500	2750	700	2.888 m ³	41285.95 cm ³	324.09 kg	5.950 m ²
M_Footing-Rectan	PC 1	Lantai 1	1500	2750	700	2.888 m ³	55423.09 cm ³	435.07 kg	5.950 m ²
M_Footing-Rectan	PC 1	Lantai 1	1500	2750	700	2.888 m ³	142111.70 cm ³	1115.58 kg	5.950 m ²
M_Footing-Rectan	PC 1	Lantai 1	1500	2750	700	2.888 m ³	44653.77 cm ³	350.53 kg	5.950 m ²
M_Footing-Rectan	PC 2	Lantai 1	2750	2750	700	5.294 m ³	73792.05 cm ³	579.27 kg	7.700 m ²

Gambar 4. 47 *Quantity Take Off* Volume Pile Cap

Sumber: Analisa Penulis, 2025

4.8.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Menyusun rencana anggaran biaya atau RAB dari hasil volume yang telah diperoleh dari Revit. Penyusunan RAB didasarkan pada harga satuan pekerjaan Kota Semarang tahun 2025 diperoleh nilai sebesar Rp15.197.247.318,00. dengan nilai PPN 12% sehingga didapatkan total kontrak pembangunan struktur hasil *redesign* sebesar Rp17,020,910,000.00.

RENCANA ANGGARAN BIAYA

NAMA PEKERJAAN : PEMBANGUNAN GEDUNG ICT UNDIP
 LOKASI : JL. PROF. SOEDARTO, SH., 50275, KOTA SEMARANG
 PEMILIK PROYEK : UNIVERSITAS DIPONEGORO
 TAHUN ANGGARAN : 2025

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	2	3	4	5	6
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN				Rp166,087,579.13
1	Pembersihan Lokasi	1881.9	m ²	Rp15,838.90	Rp29,807,225.91
2	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	167.8	m'	Rp48,103.53	Rp8,071,772.00
3	Pagar Proyek dari Seng Gelombang Rangka Kayu Setinggi 2m	175.8	m'	Rp292,177.34	Rp51,364,777.10
4	Direksi Keet	30	m ²	Rp2,561,460.14	Rp76,843,804.12
II.	PEKERJAAN TANAH DAN URUGAN				Rp58,998,662.87
1	Pekerjaan Galian Tanah				
1.a	Pile Cap	451.631	m ³	Rp36,145.89	Rp16,324,613.48
1.b	Sloof	74.25	m ³	Rp36,145.89	Rp2,683,832.33
1.c	Pelat Lantai 1	88.901	m ³	Rp36,145.89	Rp3,213,405.77
2	Pekerjaan Urugan Kembali Lantai 1	175.160	m ³	Rp79,194.50	Rp13,871,728.42
3	Pemadatan Tanah Dasar dengan Stemper	175.160	m ³	Rp37,884.00	Rp6,635,770.91
4	Pekerjaan Urugan Pasir Urug, T = 10 cm, di bawah:				
4.a	Pile Cap	30.831	m ³	Rp406,952.70	Rp12,546,860.43
4.b	Tie Beam	9.079	m ³	Rp406,952.70	Rp3,694,621.83
4.c	Pelat Lantai 1	0.068	m ³	Rp406,952.70	Rp27,829.70
III.	PEKERJAAN PONDASI				Rp2,144,984,889.87
1	Pekerjaan Tiang Pancang				
1.a	Mobilisasi Alat Jack Pile	1	Ls	Rp40,000,000.00	Rp40,000,000.00
1.b	Pekerjaan Jacking Pile D=50 cm	1294.8	m'	Rp949,305.23	Rp1,229,160,414.87
2	Pekerjaan Pile Cap, PC1				
2.a	Pekerjaan Lantai Kerja, T = 5 cm dengan Beton Mutu Fc' = 10 Mpa	2.663	m ³	Rp1,329,296.26	Rp3,539,251.28
2.b	Pekerjaan Bekisting Bata Merah	77	m ²	Rp156,498.90	Rp12,050,415.30
2.c	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	5657.41	kg	Rp17,043.80	Rp96,423,753.81
2.d	Pekerjaan Beton, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	37.281	m ³	Rp1,262,522.90	Rp47,068,116.23
3	Pekerjaan Pile Cap, PC2				
3.a	Pekerjaan Lantai Kerja, T = 5 cm dengan Beton Mutu Fc' = 10 Mpa	2.647	m ³	Rp1,329,296.26	Rp3,518,481.03
3.b	Pekerjaan Bekisting Bata Merah	53.9	m ²	Rp156,498.90	Rp8,435,290.71
3.c	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	4495.9	kg	Rp17,043.80	Rp76,627,211.88
3.d	Pekerjaan Beton, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	37.058	m ³	Rp1,262,522.90	Rp46,786,573.63
4	Pekerjaan Pile Cap, PC3				
4.a	Pekerjaan Lantai Kerja, T = 5 cm dengan Beton Mutu Fc' = 10 Mpa	10.106	m ³	Rp1,329,296.26	Rp13,434,200.28
4.b	Pekerjaan Bekisting Bata Merah	224	m ²	Rp156,498.90	Rp35,055,753.60
4.c	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	16292.68	kg	Rp17,043.80	Rp277,689,148.43
4.d	Pekerjaan Beton, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	202.132	m ³	Rp1,262,522.90	Rp255,196,278.82
IV.	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS				
IV.1	Pekerjaan Struktur Lantai 1				Rp1,276,404,719.90
1	Kolom K1 800X800 mm				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	32	m ²	Rp267,622.17	Rp8,563,909.42
1.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	1497.676	kg	Rp17,923.12	Rp26,843,034.01
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	6.40	m ³	Rp1,262,522.90	Rp8,080,146.56
2	Kolom K2 750X750 mm				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	60	m ²	Rp267,622.17	Rp16,057,330.17
2.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	3987.731	kg	Rp17,923.12	Rp71,472,600.78
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	11.25	m ³	Rp1,262,522.90	Rp14,205,907.67
3	Kolom K3 700X700 mm				
3.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	168	m ²	Rp267,622.17	Rp44,960,524.48

3.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	8206.801	kg	Rp17,923.12	Rp147,091,519.35
3.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	29.40	m ³	Rp1,262,522.90	Rp37,118,173.26
4	Kolom K4 600X600 mm				
4.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	108	m ²	Rp267,622.17	Rp28,903,194.31
4.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	3898.358	kg	Rp17,923.12	Rp69,870,757.34
4.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	16.20	m ³	Rp1,262,522.90	Rp20,452,870.98
5	Kolom K5 600X400 mm				
5.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	10	m ²	Rp267,622.17	Rp2,676,221.70
5.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	338.034	kg	Rp17,923.12	Rp6,058,625.60
5.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.20	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,515,027.48
6	Kolom K6 550X550 mm				Rp0.00
6.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	22	m ²	Rp267,622.17	Rp5,887,687.73
6.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	681.638	kg	Rp17,923.12	Rp12,217,083.01
6.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	3.03	m ³	Rp1,262,522.90	Rp3,820,394.30
7	Tie Beam TB 400X700 mm				
7.a	Lantai Kerja t = 5cm, Mutu Beton f'c = 10 Mpa	2.593	m ³	Rp1,329,296.26	Rp3,446,200.54
7.b	Pekerjaan Bekisting Bata Merah	181.475	m ²	Rp156,498.90	Rp28,400,637.88
7.c	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	7502.26	kg	Rp17,923.12	Rp134,463,943.01
7.d	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	36.261	m ³	Rp1,262,522.90	Rp45,780,342.88
8	Tie Beam TB 1A 400X700 mm				
8.a	Lantai Kerja t = 5cm, Mutu Beton f'c = 10 Mpa	1.947	m ³	Rp1,329,296.26	Rp2,587,973.65
8.b	Pekerjaan Bekisting Bata Merah	78.4	m ²	Rp156,498.90	Rp12,269,513.76
8.c	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	1737.093	kg	Rp17,923.12	Rp31,134,134.80
8.d	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	14.649	m ³	Rp1,262,522.90	Rp18,494,697.96
9	Balok Bordes Tangga A				
9.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.29	m ²	Rp274,716.48	Rp354,384.26
9.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	34.696	kg	Rp17,923.12	Rp621,860.74
9.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.129	m ³	Rp1,262,522.90	Rp162,865.45
9.d	Balok Bordes Tangga B				
10	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.688	m ²	Rp274,716.48	Rp463,721.42
10.a	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	57.016	kg	Rp17,923.12	Rp1,021,904.89
10.b	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.169	m ³	Rp1,262,522.90	Rp213,366.37
11	Pelat Lantai, P1, T= 130 mm				
11.a	Lantai Kerja t = 5cm, Mutu Beton f'c = 10 Mpa	0.034	m ³	Rp1,329,296.26	Rp45,452.36
11.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	18869.432	kg	Rp17,043.80	Rp321,606,789.27
11.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	88.901	m ³	Rp1,262,522.90	Rp112,239,548.33
12	Tangga Tipe A				
12.a	Pekerjaan Bekisting	9.198	m ²	Rp267,532.32	Rp2,460,769.59
12.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	778.768	kg	Rp17,043.80	Rp13,273,164.56
12.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.975	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,493,330.09
13	Tangga Tipe B				
13.a	Pekerjaan Bekisting	9.699	m ²	Rp267,532.32	Rp2,594,897.86
13.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	810.432	kg	Rp17,043.80	Rp13,812,839.38
13.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	2.113	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,667,372.70
IV.2	Pekerjaan Struktur Lantai 2				Rp2,221,107,528.49
1	Kolom K1 800X800 mm				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	25.6	m ²	Rp267,622.17	Rp6,851,127.54
1.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	1010.536	kg	Rp17,923.12	Rp18,111,962.94
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	5.12	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,464,117.25
2	Kolom K2 750X750 mm				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	90	m ²	Rp267,622.17	Rp24,085,995.26

2.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	2728.147	kg	Rp17,923.12	Rp48,896,919.43
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	16.88	m ³	Rp1,262,522.90	Rp21,306,336.46
3	Kolom K3 700X700 mm				
3.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	184.8	m ²	Rp267,622.17	Rp49,456,576.92
3.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	5630.884	kg	Rp17,923.12	Rp100,923,037.23
3.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	32.34	m ³	Rp1,262,522.90	Rp40,829,990.59
4	Kolom K4 600X600 mm				
4.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	57.6	m ²	Rp267,622.17	Rp15,415,036.96
4.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	2069.2	kg	Rp17,923.12	Rp37,086,530.04
4.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	8.64	m ³	Rp1,262,522.90	Rp10,908,197.86
5	Kolom K5 600X400 mm				
5.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	16	m ²	Rp267,622.17	Rp4,281,954.71
5.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	465.331	kg	Rp17,923.12	Rp8,340,185.63
5.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.92	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,424,043.97
6	Kolom K6 550X550 mm				
6.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	35.2	m ²	Rp267,622.17	Rp9,420,300.37
6.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	772.244	kg	Rp17,923.12	Rp13,841,025.67
6.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	4.84	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,110,610.84
7	B1 350X700 mm				
7.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	434.119	m ²	Rp274,716.48	Rp119,259,645.25
7.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	18259.533	kg	Rp17,923.12	Rp327,267,890.57
7.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	71.1	m ³	Rp1,262,522.90	Rp89,765,378.19
8	B3 300X600 mm				
8.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	45.074	m ²	Rp274,716.48	Rp12,382,570.79
8.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	1497.111	kg	Rp17,923.12	Rp26,832,907.44
8.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	6.509	m ³	Rp1,262,522.90	Rp8,217,761.56
9	B4 250X500 mm				
9.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	13.316	m ²	Rp274,716.48	Rp3,658,124.70
9.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	443.771	kg	Rp17,923.12	Rp7,953,763.06
9.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.681	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,122,300.99
10	BA1 250X500 mm				
10.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	211.546	m ²	Rp274,716.48	Rp58,115,173.29
10.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	8373.153	kg	Rp17,923.12	Rp150,073,067.03
10.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	26.718	m ³	Rp1,262,522.90	Rp33,732,086.84
11	BA2 200X300 mm				
11.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	8.505	m ²	Rp274,716.48	Rp2,336,463.70
11.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	150.117	kg	Rp17,923.12	Rp2,690,565.74
11.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.693	m ³	Rp1,262,522.90	Rp874,928.37
12	BA3 200X400 mm				
12.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	5.78	m ²	Rp274,716.48	Rp1,587,861.28
12.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	95.057	kg	Rp17,923.12	Rp1,703,718.48
12.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.578	m ³	Rp1,262,522.90	Rp729,738.24
13	BK2 250X400 mm				
13.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.296	m ²	Rp274,716.48	Rp356,032.56
13.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	28.029	kg	Rp17,923.12	Rp502,367.27
13.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.16	m ³	Rp1,262,522.90	Rp202,003.66
14	Balok Bordes Tangga A				
14.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.29	m ²	Rp274,716.48	Rp354,384.26
14.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	34.696	kg	Rp17,923.12	Rp621,860.74
14.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.129	m ³	Rp1,262,522.90	Rp162,865.45
15	Balok Bordes Tangga B				
15.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.688	m ²	Rp274,716.48	Rp463,721.42
15.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	57.052	kg	Rp17,923.12	Rp1,022,550.12

15.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.169	m ³	Rp1,262,522.90	Rp213,366.37
16	Pelat Lantai, P1 = 130 mm				
16.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	881.88	m ²	Rp319,938.22	Rp282,147,114.59
16.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	28245.387	kg	Rp17,043.80	Rp481,408,673.28
16.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	114.645	m ³	Rp1,262,522.90	Rp144,741,937.87
17	Tangga Tipe A				
17.a	Pekerjaan Bekisting	8.004	m ²	Rp267,532.32	Rp2,141,286.71
17.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	654.568	kg	Rp17,043.80	Rp11,156,324.83
17.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.676	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,116,053.35
18	Tangga Tipe B				
18.a	Pekerjaan Bekisting	8.414	m ²	Rp267,532.32	Rp2,251,109.81
18.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	876.037	kg	Rp17,043.80	Rp14,930,997.76
18.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.788	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,256,983.24
IV.3	Pekerjaan Struktur Lantai 3				Rp2,027,169,333.75
1	Kolom K1 800X800 mm				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	25.6	m ²	Rp267,622.17	Rp6,851,127.54
1.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	1010.536	kg	Rp17,923.12	Rp18,111,962.94
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	5.12	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,464,117.25
2	Kolom K2 750X750 mm				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	60	m ²	Rp267,622.17	Rp16,057,330.17
2.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	1929.776	kg	Rp17,923.12	Rp34,587,616.28
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	11.25	m ³	Rp1,262,522.90	Rp14,203,382.63
3	Kolom K3 700X700 mm				
3.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	156.8	m ²	Rp267,622.17	Rp41,963,156.18
3.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	5551.854	kg	Rp17,923.12	Rp99,506,572.67
3.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	27.44	m ³	Rp1,262,522.90	Rp34,643,628.38
4	Kolom K4 600X600 mm				
4.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	48	m ²	Rp267,622.17	Rp12,845,864.14
4.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	1834.23	kg	Rp17,923.12	Rp32,875,133.39
4.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	7.20	m ³	Rp1,262,522.90	Rp9,090,164.88
5	Kolom K5 600X400 mm				
5.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	16	m ²	Rp267,622.17	Rp4,281,954.71
5.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	447.875	kg	Rp17,923.12	Rp8,027,319.56
5.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.92	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,424,043.97
6	Kolom K6 550X550 mm				
6.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	35.2	m ²	Rp267,622.17	Rp9,420,300.37
6.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	721.511	kg	Rp17,923.12	Rp12,931,731.77
6.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	4.84	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,110,610.84
7	Kolom K7 500X500 mm				
7.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	8	m ²	Rp267,622.17	Rp2,140,977.36
7.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	287.08	kg	Rp17,923.12	Rp5,145,370.70
7.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.00	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,262,522.90
8	B1 350X700 mm				
8.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	383.756	m ²	Rp274,716.48	Rp105,424,098.98
8.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	16337.507	kg	Rp17,923.12	Rp292,819,178.52
8.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	62.954	m ³	Rp1,262,522.90	Rp79,480,866.65
9	B3 300X600 mm				
9.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	36.704	m ²	Rp274,716.48	Rp10,083,193.82
9.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	1293.203	kg	Rp17,923.12	Rp23,178,238.89
9.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	5.192	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,555,018.90
10	B4 250X500 mm				
10.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	13.341	m ²	Rp274,716.48	Rp3,664,992.61
10.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	382.581	kg	Rp17,923.12	Rp6,857,047.05

10.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.684	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,126,088.56
11	BA1 250X500 mm				
11.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	200.258	m ²	Rp274,716.48	Rp55,014,173.62
11.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	7904.9	kg	Rp17,923.12	Rp141,680,510.02
11.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	25.293	m ³	Rp1,262,522.90	Rp31,932,991.71
12	BA2 200X300 mm				
12.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	8.28	m ²	Rp274,716.48	Rp2,274,652.49
12.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	150.117	kg	Rp17,923.12	Rp2,690,565.74
12.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.83	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,047,894.01
13	BA3 200X400 mm				
13.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	2.1	m ²	Rp274,716.48	Rp576,904.62
13.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	35.973	kg	Rp17,923.12	Rp644,748.57
13.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.21	m ³	Rp1,262,522.90	Rp265,129.81
14	BK2 250X400 mm				
14.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	7.533	m ²	Rp274,716.48	Rp2,069,439.27
14.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	325.513	kg	Rp17,923.12	Rp5,834,210.16
14.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.93	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,174,146.30
15	Balok Bordes Tangga A				
15.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.29	m ²	Rp274,716.48	Rp354,384.26
15.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	42.837	kg	Rp17,923.12	Rp767,772.90
15.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.129	m ³	Rp1,262,522.90	Rp162,865.45
16	Balok Bordes Tangga B				
16.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.688	m ²	Rp274,716.48	Rp463,721.42
16.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	57.055	kg	Rp17,923.12	Rp1,022,603.89
16.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.169	m ³	Rp1,262,522.90	Rp213,366.37
17	Pelat Lantai, $P_1 = 130$ mm				
17.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	773.885	m ²	Rp319,938.22	Rp247,595,386.87
17.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	27019.882	kg	Rp17,043.80	Rp460,521,413.49
17.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	100.605	m ³	Rp1,262,522.90	Rp127,016,116.35
18	Tangga Tipe A				
18.a	Pekerjaan Bekisting	8.004	m ²	Rp267,532.32	Rp2,141,286.71
18.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	669.075	kg	Rp17,043.80	Rp11,403,579.21
18.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.676	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,116,053.35
19	Tangga Tipe B				
19.a	Pekerjaan Bekisting	8.414	m ²	Rp267,532.32	Rp2,251,109.81
19.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	853.314	kg	Rp17,043.80	Rp14,543,711.53
19.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.788	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,256,983.24
IV.4	Pekerjaan Struktur Lantai 4				Rp2,021,885,635.90
1	Kolom K1 800X800 mm				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	25.6	m ²	Rp267,622.17	Rp6,851,127.54
1.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	1010.536	kg	Rp17,923.12	Rp18,111,962.94
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	5.12	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,464,117.25
2	Kolom K2 750X750 mm				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	48	m ²	Rp267,622.17	Rp12,845,864.14
2.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	2326.337	kg	Rp17,923.12	Rp41,695,228.61
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	9.00	m ³	Rp1,262,522.90	Rp11,362,706.10
3	Kolom K3 700X700 mm				
3.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	168	m ²	Rp267,622.17	Rp44,960,524.48
3.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	5447.119	kg	Rp17,923.12	Rp97,629,394.18
3.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	29.40	m ³	Rp1,262,522.90	Rp37,118,173.26
4	Kolom K4 600X600 mm				
4.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	48	m ²	Rp267,622.17	Rp12,845,864.14
4.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	1834.23	kg	Rp17,923.12	Rp32,875,133.39

4.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	7.20	m ³	Rp1,262,522.90	Rp9,090,164.88
5	Kolom K5 600X400 mm				
5.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	16	m ²	Rp267,622.17	Rp4,281,954.71
5.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	465.331	kg	Rp17,923.12	Rp8,340,185.63
5.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.92	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,424,043.97
6	Kolom K6 550X550 mm				
6.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	35.2	m ²	Rp267,622.17	Rp9,420,300.37
6.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	714.097	kg	Rp17,923.12	Rp12,798,849.72
6.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	4.84	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,110,610.84
7	Kolom K7 500X500 mm				
7.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	8	m ²	Rp267,622.17	Rp2,140,977.36
7.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	229.315	kg	Rp17,923.12	Rp4,110,041.39
7.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.00	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,262,522.90
8	B1 350X700 mm				
8.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	387.592	m ²	Rp274,716.48	Rp106,477,911.41
8.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	16513.448	kg	Rp17,923.12	Rp295,972,591.03
8.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	63.585	m ³	Rp1,262,522.90	Rp80,277,518.60
9	B3 300X600 mm				
9.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	12.307	m ²	Rp274,716.48	Rp3,380,935.77
9.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	332.047	kg	Rp17,923.12	Rp5,951,319.85
9.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.787	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,256,128.42
10	B4 250X500 mm				
10.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	13.39	m ²	Rp274,716.48	Rp3,678,453.72
10.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	390.162	kg	Rp17,923.12	Rp6,992,922.26
10.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.69	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,133,663.70
11	BA1 250X500 mm				
11.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	213.426	m ²	Rp274,716.48	Rp58,631,640.28
11.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	8465.477	kg	Rp17,923.12	Rp151,727,801.61
11.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	26.957	m ³	Rp1,262,522.90	Rp34,033,829.82
12	BA2 200X300 mm				
12.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	6.915	m ²	Rp274,716.48	Rp1,899,664.49
12.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	151.599	kg	Rp17,923.12	Rp2,717,127.81
12.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.693	m ³	Rp1,262,522.90	Rp874,928.37
13	BA3 200X400 mm				
13.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	0.64	m ²	Rp274,716.48	Rp175,818.55
13.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	11.647	kg	Rp17,923.12	Rp208,750.64
13.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.064	m ³	Rp1,262,522.90	Rp80,801.47
14	BK1 250X500 mm				
14.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	5.916	m ²	Rp274,716.48	Rp1,625,222.72
14.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	84.836	kg	Rp17,923.12	Rp1,520,526.22
14.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.723	m ³	Rp1,262,522.90	Rp912,804.06
15	BK2 250X400 mm				
15.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	7.574	m ²	Rp274,716.48	Rp2,080,702.65
15.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	123.585	kg	Rp17,923.12	Rp2,215,029.39
15.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.935	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,180,458.91
16	Balok Bordes Tangga A				
16.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.29	m ²	Rp274,716.48	Rp354,384.26
16.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	34.696	kg	Rp17,923.12	Rp621,860.74
16.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.129	m ³	Rp1,262,522.90	Rp162,865.45
17	Balok Bordes Tangga B				
17.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.688	m ²	Rp274,716.48	Rp463,721.42
17.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	56.764	kg	Rp17,923.12	Rp1,017,388.26
17.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.169	m ³	Rp1,262,522.90	Rp213,366.37

18	Pelat Lantai, P1 = 130 mm				
18.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	774.231	m ²	Rp319,938.22	Rp247,706,085.49
18.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	27007.791	kg	Rp17,043.80	Rp460,315,336.93
18.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	100.65	m ³	Rp1,262,522.90	Rp127,072,929.89
19	Tangga Tipe A				
19.a	Pekerjaan Bekisting	8.004	m ²	Rp267,532.32	Rp2,141,286.71
19.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	640.061	kg	Rp17,043.80	Rp10,909,070.46
19.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.676	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,116,053.35
20	Tangga Tipe B				
20.a	Pekerjaan Bekisting	8.414	m ²	Rp267,532.32	Rp2,251,109.81
20.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	852.914	kg	Rp17,043.80	Rp14,536,894.01
20.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.788	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,256,983.24
IV.5	Pekerjaan Struktur Lantai 5				Rp2,006,056,384.43
1	Kolom K1 800X800 mm				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	25.6	m ²	Rp267,622.17	Rp6,851,127.54
1.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	880.93	kg	Rp17,923.12	Rp15,789,018.42
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	5.12	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,464,117.25
2	Kolom K2 750X750 mm				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	48	m ²	Rp267,622.17	Rp12,845,864.14
2.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	2252.593	kg	Rp17,923.12	Rp40,373,505.69
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	9.00	m ³	Rp1,262,522.90	Rp11,362,706.10
3	Kolom K3 700X700 mm				
3.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	156.8	m ²	Rp267,622.17	Rp41,963,156.18
3.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	4979.544	kg	Rp17,923.12	Rp89,248,989.06
3.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	27.44	m ³	Rp1,262,522.90	Rp34,643,628.38
4	Kolom K4 600X600 mm				
4.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	57.6	m ²	Rp267,622.17	Rp15,415,036.96
4.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	1766.209	kg	Rp17,923.12	Rp31,655,984.51
4.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	8.64	m ³	Rp1,262,522.90	Rp10,908,197.86
5	Kolom K5 600X400 mm				
5.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	16	m ²	Rp267,622.17	Rp4,281,954.71
5.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	447.875	kg	Rp17,923.12	Rp8,027,319.56
5.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.92	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,424,043.97
6	Kolom K6 550X550 mm				
6.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	35.2	m ²	Rp267,622.17	Rp9,420,300.37
6.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	884.392	kg	Rp17,923.12	Rp15,851,068.28
6.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	4.84	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,110,610.84
7	Kolom K7 500X500 mm				
7.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	8	m ²	Rp267,622.17	Rp2,140,977.36
7.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	168.873	kg	Rp17,923.12	Rp3,026,731.87
7.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.00	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,262,522.90
8	B1 350X700 mm				
8.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	380.218	m ²	Rp274,716.48	Rp104,452,152.06
8.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	16159.647	kg	Rp17,923.12	Rp289,631,371.52
8.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	62.373	m ³	Rp1,262,522.90	Rp78,747,340.84
9	B3 300X600 mm				
9.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	15.438	m ²	Rp274,716.48	Rp4,241,073.08
9.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	432.599	kg	Rp17,923.12	Rp7,753,525.91
9.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	2.242	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,830,576.34
10	B4 250X500 mm				
10.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	15.89	m ²	Rp274,716.48	Rp4,365,244.93
10.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	489.854	kg	Rp17,923.12	Rp8,779,714.42
10.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	2.006	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,532,620.94

11	BA1 250X500 mm				
11.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	213.426	m ²	Rp274,716.48	Rp58,631,640.28
11.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	8477.07	kg	Rp17,923.12	Rp151,935,584.40
11.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	26.957	m ³	Rp1,262,522.90	Rp34,033,829.82
12	BA2 200X300 mm				
12.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	8.025	m ²	Rp274,716.48	Rp2,204,599.78
12.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	82.696	kg	Rp17,923.12	Rp1,482,170.74
12.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.804	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,015,068.41
13	BA3 200X400 mm				
13.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	0.64	m ²	Rp274,716.48	Rp175,818.55
13.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	104.896	kg	Rp17,923.12	Rp1,880,064.11
13.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.064	m ³	Rp1,262,522.90	Rp80,801.47
14	BK1 250X500 mm				
14.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	3.837	m ²	Rp274,716.48	Rp1,054,087.15
14.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	58.469	kg	Rp17,923.12	Rp1,047,947.19
14.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.485	m ³	Rp1,262,522.90	Rp612,323.61
15	BK2 250X400 mm				
15.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	7.574	m ²	Rp274,716.48	Rp2,080,702.65
15.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	123.573	kg	Rp17,923.12	Rp2,214,814.31
15.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.935	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,180,458.91
16	Balok Bordes Tangga A				
16.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.29	m ²	Rp274,716.48	Rp354,384.26
16.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	34.696	kg	Rp17,923.12	Rp621,860.74
16.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.129	m ³	Rp1,262,522.90	Rp162,865.45
17	Balok Bordes Tangga B				
17.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.688	m ²	Rp274,716.48	Rp463,721.42
17.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	57.761	kg	Rp17,923.12	Rp1,035,257.62
17.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.169	m ³	Rp1,262,522.90	Rp213,366.37
18	Pelat Lantai, P1 = 130 mm				
18.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	774.676	m ²	Rp319,938.22	Rp247,848,458.00
18.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	27023.767	kg	Rp17,043.80	Rp460,587,628.65
18.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	100.708	m ³	Rp1,262,522.90	Rp127,146,156.21
19	Tangga Tipe A				
19.a	Pekerjaan Bekisting	8.004	m ²	Rp267,532.32	Rp2,141,286.71
19.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	654.568	kg	Rp17,043.80	Rp11,156,324.83
19.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.676	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,116,053.35
20	Tangga Tipe B				
20.a	Pekerjaan Bekisting	8.414	m ²	Rp267,532.32	Rp2,251,109.81
20.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	860.755	kg	Rp17,043.80	Rp14,670,534.43
20.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.788	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,256,983.24
IV.6	Pekerjaan Struktur Lantai 6				Rp1,648,126,302.30
1	Kolom K1 800X800 mm				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	12.8	m ²	Rp267,622.17	Rp3,425,563.77
1.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	393.715	kg	Rp17,923.12	Rp7,056,603.12
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	2.56	m ³	Rp1,262,522.90	Rp3,232,058.62
2	Kolom K2 750X750 mm				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	36	m ²	Rp267,622.17	Rp9,634,398.10
2.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	1567.055	kg	Rp17,923.12	Rp28,086,522.49
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	6.75	m ³	Rp1,262,522.90	Rp8,522,029.58
3	Kolom K3 700X700 mm				
3.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	145.6	m ²	Rp267,622.17	Rp38,965,787.88
3.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	4058.541	kg	Rp17,923.12	Rp72,741,737.25
3.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	25.48	m ³	Rp1,262,522.90	Rp32,169,083.49

4	Kolom K4 600X600 mm				
4.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	38.4	m ²	Rp267,622.17	Rp10,276,691.31
4.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	1023.161	kg	Rp17,923.12	Rp18,338,242.40
4.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	5.76	m ³	Rp1,262,522.90	Rp7,272,131.90
5	Kolom K5 600X400 mm				
5.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	24	m ²	Rp267,622.17	Rp6,422,932.07
5.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	592.437	kg	Rp17,923.12	Rp10,618,322.35
5.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	2.88	m ³	Rp1,262,522.90	Rp3,636,065.95
6	Kolom K6 550X550 mm				
6.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	8.8	m ²	Rp267,622.17	Rp2,355,075.09
6.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	259.622	kg	Rp17,923.12	Rp4,653,237.53
6.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.21	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,527,652.71
7	Kolom K9 300X300 mm				
7.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	9.6	m ²	Rp267,622.17	Rp2,569,172.83
7.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	245.726	kg	Rp17,923.12	Rp4,404,177.79
7.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.72	m ³	Rp1,262,522.90	Rp909,016.49
8	B1 350X700 mm				
8.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	364.388	m ²	Rp274,716.48	Rp100,103,390.12
8.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	15519.596	kg	Rp17,923.12	Rp278,159,657.51
8.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	59.77	m ³	Rp1,262,522.90	Rp75,460,993.73
9	B3 300X600 mm				
9.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	23.374	m ²	Rp274,716.48	Rp6,421,223.09
9.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	783.308	kg	Rp17,923.12	Rp14,039,327.12
9.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	3.39	m ³	Rp1,262,522.90	Rp4,279,952.63
10	B4 250X500 mm				
10.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	9.9	m ²	Rp274,716.48	Rp2,719,693.19
10.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	321.277	kg	Rp17,923.12	Rp5,758,287.80
10.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.25	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,578,153.63
11	BA1 250X500 mm				
11.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	158.381	m ²	Rp274,716.48	Rp43,509,871.43
11.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	6246.629	kg	Rp17,923.12	Rp111,959,111.77
11.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	20.003	m ³	Rp1,262,522.90	Rp25,254,245.57
12	BA2 200X300 mm				
12.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	8.28	m ²	Rp274,716.48	Rp2,274,652.49
12.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	147.501	kg	Rp17,923.12	Rp2,643,678.85
12.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.83	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,047,894.01
13	BA3 200X400 mm				
13.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	2.78	m ²	Rp274,716.48	Rp763,711.83
13.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	46.696	kg	Rp17,923.12	Rp836,938.24
13.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.278	m ³	Rp1,262,522.90	Rp350,981.37
14	BK1 250X500 mm				
14.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	3.985	m ²	Rp274,716.48	Rp1,094,745.19
14.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	57.125	kg	Rp17,923.12	Rp1,023,858.51
14.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.479	m ³	Rp1,262,522.90	Rp604,748.47
15	BK2 250X400 mm				
15.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	7.533	m ²	Rp274,716.48	Rp2,069,439.27
15.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	123.101	kg	Rp17,923.12	Rp2,206,354.60
15.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.93	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,174,146.30
16	Balok Bordes Tangga A				
16.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.29	m ²	Rp274,716.48	Rp354,384.26
16.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	34.696	kg	Rp17,923.12	Rp621,860.74
16.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.129	m ³	Rp1,262,522.90	Rp162,865.45
17	Pelat Lantai, P1 = 130 mm				
17.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	609.661	m ²	Rp319,938.22	Rp195,053,853.16

17.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	21961.396	kg	Rp17,043.80	Rp374,305,599.42
17.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	79.256	m ³	Rp1,262,522.90	Rp100,062,514.96
18	Tangga Tipe A				
18.a	Pekerjaan Bekisting	8.004	m ²	Rp267,532.32	Rp2,141,286.71
18.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	654.568	kg	Rp17,043.80	Rp11,156,324.83
18.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.676	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,116,053.35
IV.7	Pekerjaan Struktur Lantai 7				Rp1,337,778,969.72
1	Kolom K8 400X400 mm				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	60.8	m ²	Rp267,622.17	Rp16,271,427.91
1.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	1176.764	kg	Rp17,923.12	Rp21,091,288.15
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	6.08	m ³	Rp1,262,522.90	Rp7,676,139.23
2	Kolom K9 300X300 mm				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	67.2	m ²	Rp267,622.17	Rp17,984,209.79
2.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	1593.83	kg	Rp17,923.12	Rp28,566,414.16
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	5.04	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,363,115.42
3	B1 350X700 mm				
3.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	22.872	m ²	Rp274,716.48	Rp6,283,315.42
3.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	951.225	kg	Rp17,923.12	Rp17,048,924.48
3.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	3.698	m ³	Rp1,262,522.90	Rp4,668,809.68
4	B2 500X750 mm				
4.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	12.848	m ²	Rp274,716.48	Rp3,529,557.38
4.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	463.583	kg	Rp17,923.12	Rp8,308,856.01
4.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	2.738	m ³	Rp1,262,522.90	Rp3,456,787.70
5	B1A 300X600 mm				
5.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	245.99	m ²	Rp274,716.48	Rp67,577,507.86
5.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	6012.614	kg	Rp17,923.12	Rp107,764,831.70
5.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	35.147	m ³	Rp1,262,522.90	Rp44,373,892.37
6	BA1A 250X500 mm				
6.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	154.029	m ²	Rp274,716.48	Rp42,314,305.29
6.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	5987.675	kg	Rp17,923.12	Rp107,317,846.89
6.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	19.079	m ³	Rp1,262,522.90	Rp24,087,674.41
7	B3 300X600 mm				
7.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	11.966	m ²	Rp274,716.48	Rp3,287,257.45
7.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	296.407	kg	Rp17,923.12	Rp5,312,539.68
7.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	1.737	m ³	Rp1,262,522.90	Rp2,193,002.28
8	B4 250X500 mm				
8.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	25.196	m ²	Rp274,716.48	Rp6,921,756.53
8.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	919.538	kg	Rp17,923.12	Rp16,480,994.42
8.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	3.183	m ³	Rp1,262,522.90	Rp4,018,610.39
9	BA2 200X300 mm				
9.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	28.515	m ²	Rp274,716.48	Rp7,833,540.54
9.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	603.895	kg	Rp17,923.12	Rp10,823,685.51
9.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	2.855	m ³	Rp1,262,522.90	Rp3,604,502.88
10	BA3 200X400 mm				
10.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.82	m ²	Rp274,716.48	Rp499,984.00
10.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	30.535	kg	Rp17,923.12	Rp547,282.62
10.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.182	m ³	Rp1,262,522.90	Rp229,779.17
11	BK1 250X500 mm				
11.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	1.906	m ²	Rp274,716.48	Rp523,609.62
11.b	Pekerjaan Pembesian, Fy = 420 Mpa	29.777	kg	Rp17,923.12	Rp533,696.89
11.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton Fc' = 35 Mpa	0.241	m ³	Rp1,262,522.90	Rp304,268.02
12	BK2 250X400 mm				
12.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	10.511	m ²	Rp274,716.48	Rp2,887,544.96

12.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	167.254	kg	Rp17,923.12	Rp2,997,714.33
12.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	1.298	m ³	Rp1,262,522.90	Rp1,638,754.72
13	Pelat Lantai, $P_2 = 120$ mm				
13.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	624.493	m ²	Rp319,938.22	Rp199,799,176.79
13.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	17070.547	kg	Rp17,043.80	Rp290,946,956.52
13.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	74.939	m ³	Rp1,262,522.90	Rp94,612,203.60
14	Waterproofing Coating	793.5	m ²	Rp185,377.70	Rp147,097,204.95
IV.8	Pekerjaan Struktur Top Atap 1				Rp69,887,987.21
1	BA2 200X300				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	27.9	m ²	Rp274,716.48	Rp7,664,589.90
1.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	581.161	kg	Rp17,923.12	Rp10,416,221.19
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	2.79	m ³	Rp1,262,522.90	Rp3,522,438.89
2	Pelat Lantai, $P_3 = 100$ mm				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	50.003	m ²	Rp319,938.22	Rp15,997,870.65
2.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	765.178	kg	Rp19,266.39	Rp14,742,217.23
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	5	m ³	Rp1,262,522.90	Rp6,312,614.50
3	Waterproofing Coating	60.59	m ²	Rp185,377.70	Rp11,232,034.84
IV.9	Pekerjaan Struktur Top Atap 2				Rp87,934,300.34
1	BA2 200X300				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	29.28	m ²	Rp274,716.48	Rp8,043,698.65
1.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	818.24	kg	Rp17,923.12	Rp14,665,417.72
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	2.904	m ³	Rp1,262,522.90	Rp3,666,366.50
2	Pelat Lantai, $P_3 = 100$ mm				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	73.024	m ²	Rp319,938.22	Rp23,363,168.34
2.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	921.017	kg	Rp19,266.39	Rp17,744,672.07
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	7.302	m ³	Rp1,262,522.90	Rp9,218,942.22
3	Waterproofing Coating	60.59	m ²	Rp185,377.70	Rp11,232,034.84
IV.9	Pekerjaan Struktur Top Atap 3				Rp130,825,022.40
1	BA2 200X300				
1.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	32.55	m ²	Rp274,716.48	Rp8,942,021.55
1.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	669.597	kg	Rp17,923.12	Rp12,001,270.66
1.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	3.243	m ³	Rp1,262,522.90	Rp4,094,361.76
2	BA2A 200X250				
2.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	6.5	m ²	Rp274,716.48	Rp1,785,657.15
2.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	205.849	kg	Rp17,923.12	Rp3,689,457.34
2.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	0.65	m ³	Rp1,262,522.90	Rp820,639.89
3	Pelat Lantai, $P_3 = 100$ mm				
3.a	Pekerjaan Bekisting Plywood	118.898	m ²	Rp319,938.22	Rp38,040,014.10
3.b	Pekerjaan Pembesian, $F_y = 420$ Mpa	1501.164	kg	Rp19,266.39	Rp28,922,010.03
3.c	Pekerjaan Pengecoran, Mutu Beton $F_c' = 35$ Mpa	11.89	m ³	Rp1,262,522.90	Rp15,011,397.28
4	Waterproofing Coating	94.5	m ²	Rp185,377.70	Rp17,518,192.65
JUMLAH PEKERJAAN STRUKTUR					Rp15,197,247,316.31

Gambar 4. 48 Rencana Anggaran Biaya Pembangunan ICT UNDIP

Sumber: Analisa Pribadi, 2025

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA

NAMA PEKERJAAN : PEMBANGUNAN GEDUNG ICT UNDIP
 LOKASI : JL. PROF. SOEDARTO, SH., 50275, KOTA
 : SEMARANG
 PEMILIK PROYEK : UNIVERSITAS DIPONEGORO
 TAHUN ANGGARAN : 2025

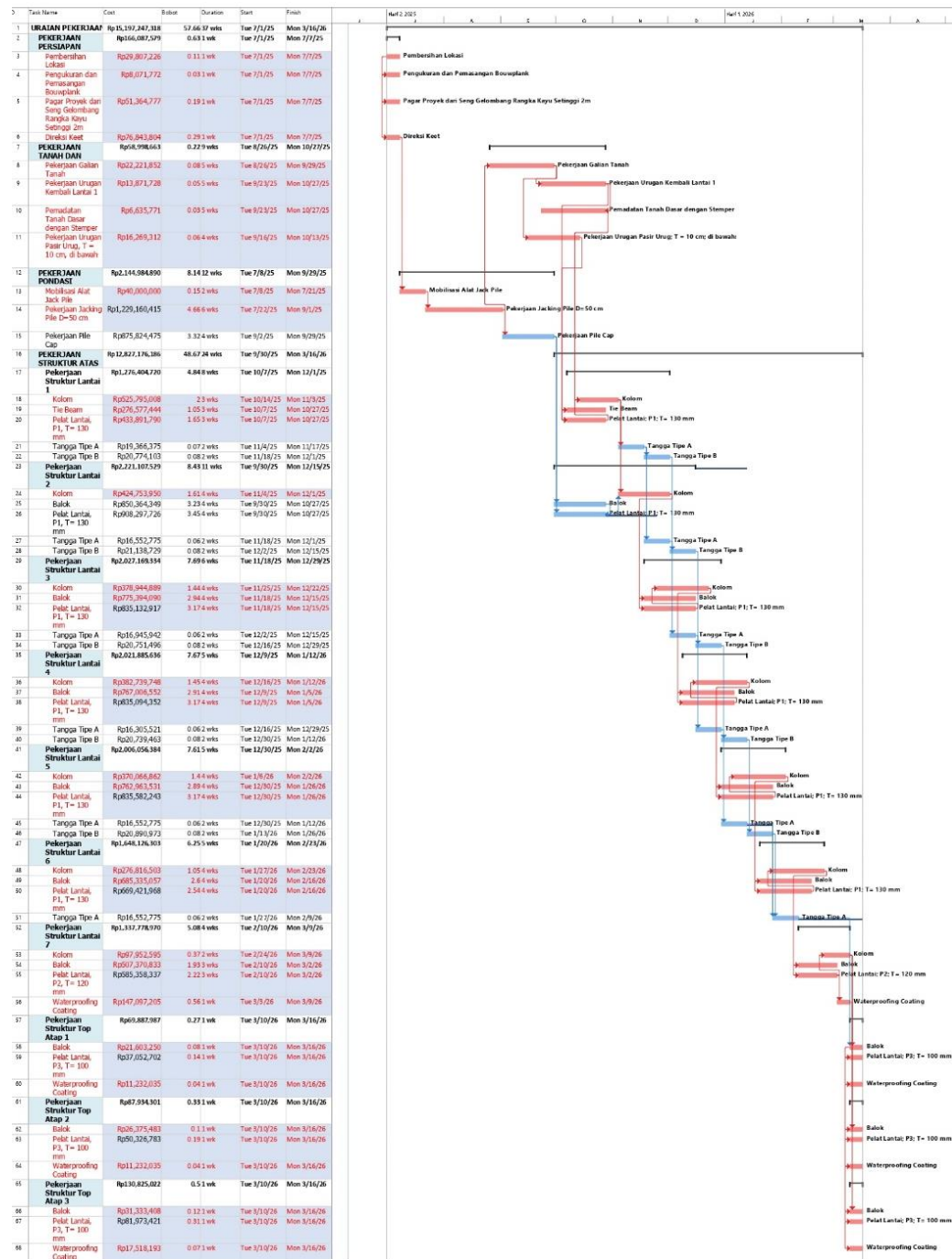
NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	2	3
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp166,087,579.13
II.	PEKERJAAN TANAH DAN URUGAN	Rp58,998,662.87
III.	PEKERJAAN PONDASI	Rp2,144,984,889.87
IV	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS	
IV.1	Pekerjaan Struktur Lantai 1	Rp1,276,404,719.90
IV.2	Pekerjaan Struktur Lantai 2	Rp2,221,107,528.49
IV.3	Pekerjaan Struktur Lantai 3	Rp2,027,169,333.75
IV.4	Pekerjaan Struktur Lantai 4	Rp2,021,885,635.90
IV.5	Pekerjaan Struktur Lantai 5	Rp2,006,056,384.43
IV.6	Pekerjaan Struktur Lantai 6	Rp1,648,126,302.30
IV.7	Pekerjaan Struktur Lantai 7	Rp1,337,778,969.72
IV.8	Pekerjaan Struktur Top Atap 1	Rp69,887,987.21
IV.9	Pekerjaan Struktur Top Atap 2	Rp87,934,300.34
IV.9	Pekerjaan Struktur Top Atap 3	Rp130,825,022.40
JUMLAH PEKERJAAN STRUKTUR		Rp15,197,247,316.31
PPN 12%		Rp1,823,669,677.96
TOTAL HARGA		Rp17,020,916,994.27
PEMBULATAN		Rp17,020,910,000.00

Gambar 4. 49 Rekapitulasi RAB

Sumber: Analisa Pribadi, 2025

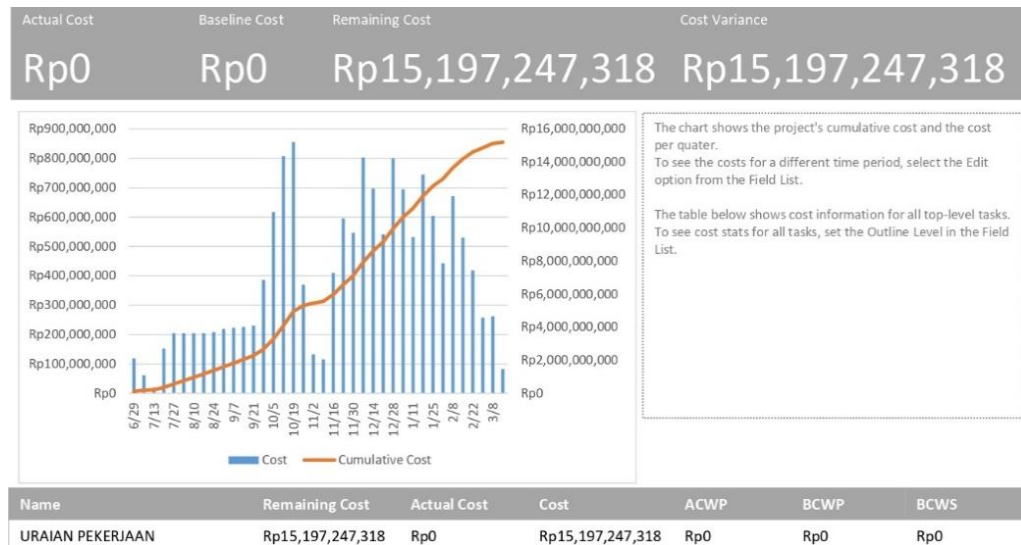
4.9 Penjadwalan Proyek

Dari hasil perhitungan RAB, diperoleh bobot setiap pekerjaan yang selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan penjadwalan proyek menggunakan Microsoft Project. Adapun *output* penjadwalan yang diperoleh dari Ms. Project adalah direncanakan struktur Gedung ICT Universitas Diponegoro diselesaikan dengan durasi waktu pengerjaan selama 37 minggu, dimulai pada 1 Juli 2025 hingga 16 Maret 2026 dengan durasi kerja per hari adalah 11 jam kerja yang dimulai pukul 08.00 – 21.00 dikurangi 2 jam waktu istirahat selama 7 hari kerja.



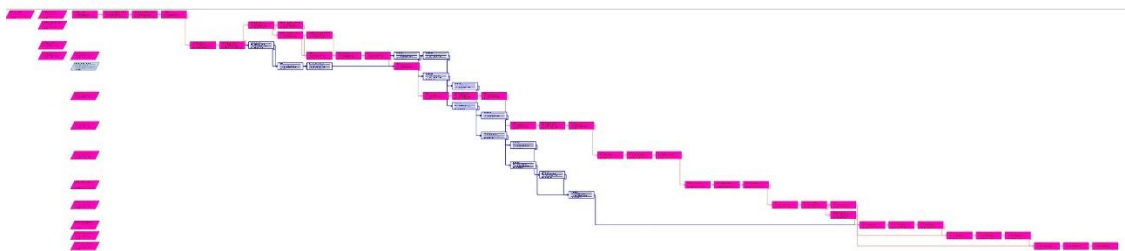
Gambar 4. 50 Gantt Chart Pembangunan Gedung ICT UNDIP

Sumber: Analisa Pribadi, 2025



Grafik 4. 1 Kurva S Pembangunan Gedung ICT UNDIP

Sumber: Analisa Pribadi, 2025

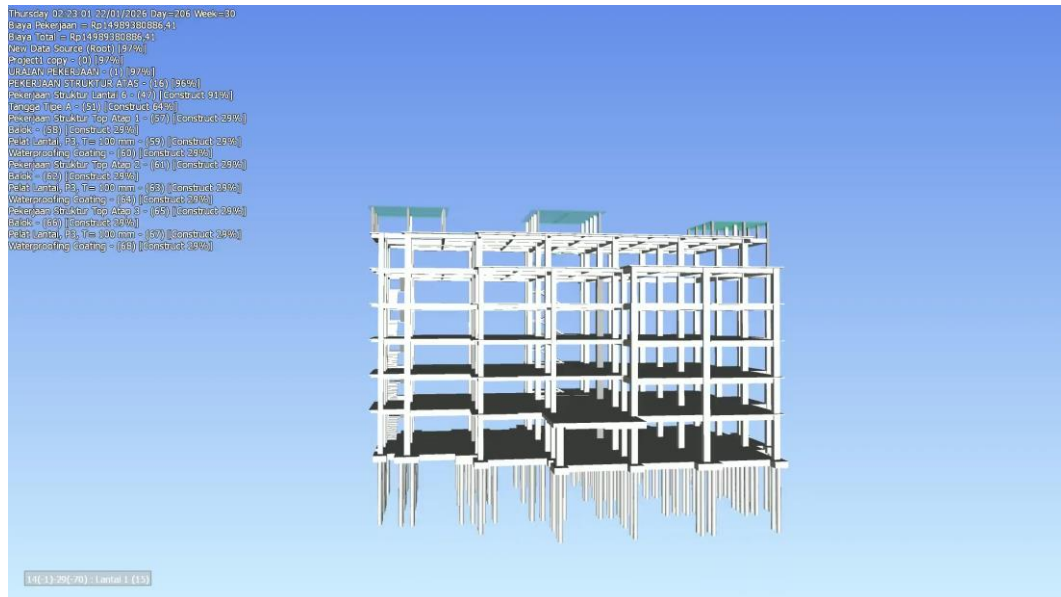


Gambar 4. 51 Network Planning

Sumber: Analisa Pribadi, 2025

4.8 Mengintegrasikan BIM 5D

Mengintegrasikan model 3D, RAB dan penjadwalan menggunakan Autodesk Naviswork untuk mendapatkan simulasi keberjalanan proyek sesuai dengan penjadwalan dan RAB yang telah direncanakan. Simulasi 5D ini akan memberi gambaran rinci terkait keberjalanan proyek terhadap durasi dan biaya pelaksanaan dari awal hingga akhir pelaksanaan proyek.



Gambar 4. 52 Hasil Simulasi Naviswork

Sumber: Analisa Pribadi, 2025



Simulasi 5D Struktur ICT

Gambar 4. 53 Simulasi 5D

Sumber: Analisa Pribadi, 2025