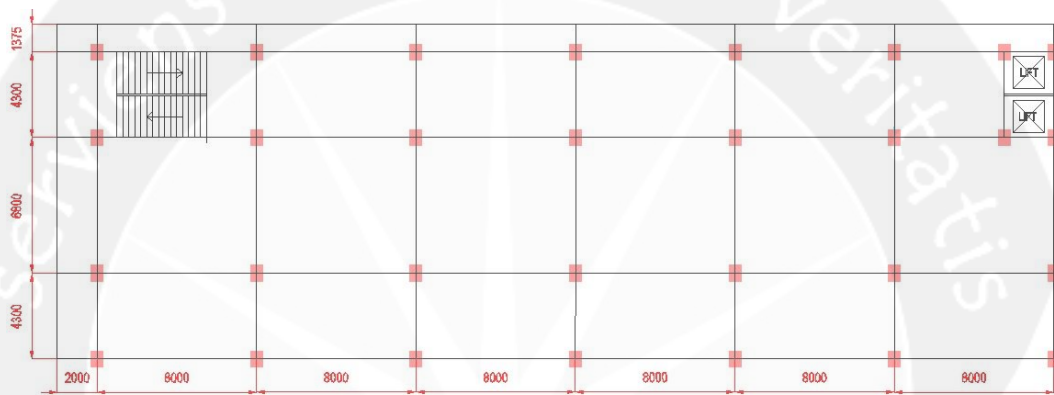


BAB IV

ESTIMASI DIMENSI ELEMEN STRUKTUR

4.1. Denah Bangunan

Dalam tugas akhir ini penulis akan merancang gedung hotel 7 lantai dan 1 basement. Denah bangunan hotel seperti terlihat pada gambar 4.1 :



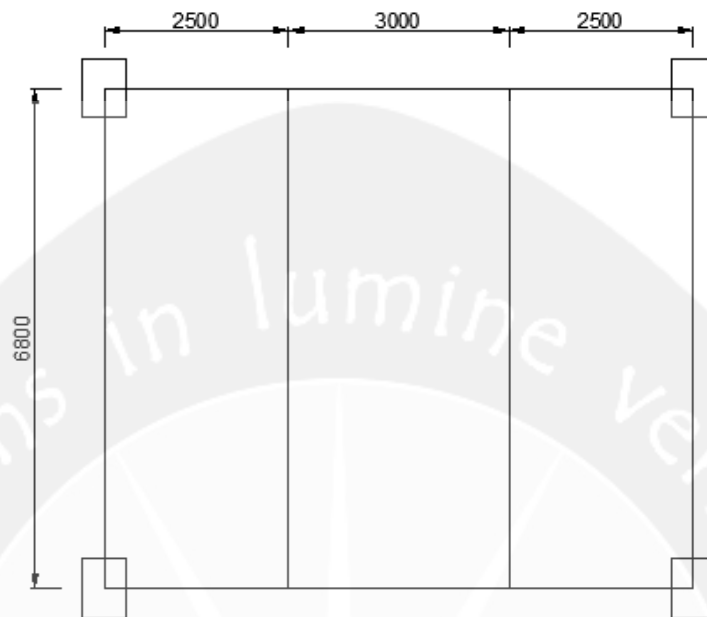
Gambar 4.1. Denah bangunan

4.2. Perencanaan Pelat Lantai

Perencanaan plat lantai dibawah ini mengacu pada SNI 2847:2013 dan PPURG 1987. Dalam mengestimasi dimensi pelat, penulis hanya menggunakan pelat terbesar untuk mewakili seluruh pelat yang terdapat pada bangunan.

4.2.1. Estimasi Pelat

Di bawah ini merupakan gambar plat terbesar yang akan digunakan sebagai acuan dalam estimasi diemnsi :



Gambar 4.2. Denah Pelat Lantai

Direncanakan :

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

Menentukan tebal pelat lantai $6800 \times 3000 \text{ mm}^2$

$$L_x = 3000 \text{ mm}$$

$$L_y = 6800 \text{ mm}$$

Menghitung nilai β dimana :

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{6800}{3000} = 2,2667 > 2, \text{ jadi digunakan pelat satu.}$$

Menentukan tebal plat lantai :

$$h_{min} = \frac{l_x}{24} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) = \frac{3000}{24} \left(0,4 + \frac{240}{700} \right) = 92,857 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm}$$

Maka digunakan tebal pelat 125 mm.

4.2.2. Pembebanan Pelat

Pelat lantai berfungsi sebagai penahan beban yang nantinya akan disalurkan ke balok, kolom, fondasi dan akhirnya ke tanah. Pelat lantai yang ditinjau terdiri dari dua jenis, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

Beban Rencana Pelat Atap

Beban mati

Berat sendiri pelat atap	=	0,125 . 24	=	3	kN/m ²
Berat pasir 30 mm	=	0,03 . 16	=	0,48	kN/m ²
Berat spesi	=	0,02 . 22	=	0,44	kN/m ²
Berat plafond dan penggantung	=		=	0,18	kN/m ²
Berat mekanikal dan elektrik	=		=	0,15	kN/m ²
				4,25	kN/m ²
				$Q_{DL \text{ atap}}$	= 4,25 kN/m ² +

Beban hidup

$$\text{Beban hidup pelat atap} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban terfaktor, } W_u &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\ &= 1,2 \times 4,25 + 1,6 \times 1 \\ &= 6,7 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Rencana Pelat Lantai

Beban mati

Berat sendiri pelat atap	=	0,125 . 24	=	3	kN/m ²
Berat pasir 30 mm	=	0,03 . 16	=	0,48	kN/m ²
Berat spesi	=	0,02 . 22	=	0,44	kN/m ²
Berat plafond dan penggantung	=		=	0,18	kN/m ²

$$\begin{array}{r} \text{Berat mekanikal dan elektrik} \\ \hline = 0,15 \quad \text{kN/m}^2 \\ + \\ Q_{DL \text{ atap}} = 4,25 \quad \text{kN/m}^2 \end{array}$$

Beban hidup

$$\text{Beban hidup pelat lantai} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban terfaktor, } W_u &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\ &= 1,2 \times 4,25 + 1,6 \times 2,5 \\ &= 9,1 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.3. Perhitungan Momen Pelat Lantai

Di bawah ini merupakan perhitungan momen pada daerah lapangan dan tumpuan pelat :

$$M_u \text{ tumpuan} = \frac{1}{10} \times W_u \times L^2 = \frac{1}{10} \times 9,1 \times 3^2 = 8,19 \text{ kN m}$$

$$M_u \text{ lapangan} = \frac{1}{14} \times W_u \times L^2 = \frac{1}{14} \times 9,1 \times 3^2 = 5,85 \text{ kNm}$$

Digunakan momen terbesar, maka $M_u = 8,19 \text{ kN m}$

4.2.4. Penulangan Pelat Lantai

Berikut adalah data-data yang digunakan dalam perencanaan penulangan pelat lantai :

$$\text{Tulangan pokok} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{As tul. Pokok} = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan susut} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{As tul. Susut} = 50,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi efektif (d)} &= \text{tebal pelat} - (\text{selimut beton} + 0,5 \text{ diameter } 10\text{mm}) \\
 &= 125 - (20 + 0,5 \cdot 10) \\
 &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan Pokok

$$M_u = 8,19 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b_w \times d^2}$$

$$= \frac{8,19 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 100^2}$$

$$= 0,91$$

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

$$= \frac{0,85 \times 25}{240} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,91}{0,85 \times 25}} \right)$$

$$= 0,003876$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,00387 \times 1000 \times 100$$

$$= 387,6 \text{ mm}^2$$

Untuk slab dengan batang tulangan mutu 240 MPa, $\rho = 0,0021$ (ekstrapolasi linier)

$$A_{s \text{ min}} = 0,0021 \cdot 1000 \cdot 125$$

$$= 262,5 \text{ mm}^2$$

Maka, nilai A_s digunakan $= A_{s \text{ perlu}} = 387,6 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Spasi} &= 1000 \cdot \text{luas tulangan D10} / A_s \\ &= \frac{1000 \times 78,5}{387,6} \\ &= 202,528 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan P10 – 200 mm.

$$\begin{aligned} A_s &= 1000 \cdot \text{luas tulangan D10} / \text{spasi} \\ &= \frac{1000 \times 78,5}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 > 387,6 \text{ mm}^2 \quad (\text{ok}) \end{aligned}$$

Tulangan Susut dan Suhu

$$\begin{aligned} A_s &= 0,0021 \cdot 1000 \cdot 125 \\ &= 262,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi} &= 1000 \cdot \text{luas tulangan P8} / A_s \text{ perlu} \\ &= 1000 \cdot 50,3 / 262,5 \\ &= 191,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan P8 – 175 mm.

$$\begin{aligned} A_s &= 1000 \cdot \text{luas tulangan P8} / \text{spasi} \\ &= 1000 \cdot 50,3 / 175 \\ &= 287,2 \text{ mm}^2 > 262,5 \text{ mm}^2 \quad (\text{ok}) \end{aligned}$$

4.3. Perencanaan Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 perencanaan tinggi minimum balok dapat direncanakan seperti di bawah ini. Berikut adalah perhitungan estimasi dimensi balok :

4.3.1. Pembebanan Balok

Pembebanan pada balok tergantung dari letak balok dan beban mati dan hidup yang harus ditanggungnya. Berikut ini pembebanan pada berbagai macam balok :

a. Tie Beam

Beban Rencana Balok Induk

Beban Mati

$$\text{Berat pasir} = 0,03 \cdot 16 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ubin dan spesi} = 0,02 \cdot 22 = 0,44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tembok} = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{DL} = 2,92 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup

$$Q_{LL} = 8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban terfaktor} = 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL}$$

$$= 1,2 \cdot 2,92 + 1,6 \cdot 8$$

$$= 16,304 \text{ kN/m}^2$$

Beban Rencana Balok Anak

Beban Mati

$$\text{Berat pasir} = 0,03 \cdot 16 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ubin dan spesi} = 0,02 \cdot 22 = 0,44 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{DL} = 0,92 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup

$$Q_{LL} = 8 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban terfaktor} &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\
 &= 1,2 \cdot 0,92 + 1,6 \cdot 8 \\
 &= 13,904 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. **Ground – lantai 7**

Beban Rencana Balok Induk

Beban Mati

Berat pelat lantai	= 0,125 . 24	= 3	kN/m ²
Berat pasir	= 0,03 . 16	= 0,48	kN/m ²
Berat ubin dan spesi	= 0,02 . 22	= 0,44	kN/m ²
Berat <i>plafond</i> dan penggantung		= 0,18	kN/m ²
Tembok		= 2	kN/m ²
Mekanikal dan Elektrikal		= 0,15	kN/m ²
		Q_{DL}	= 6,25 kN/m ²

Beban Hidup

$$Q_{LL} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban terfaktor} &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\
 &= 1,2 \cdot 6,25 + 1,6 \cdot 2,5 \\
 &= 11,5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Rencana Balok Anak

Beban Mati

Berat pelat lantai	= 0,125 . 24	= 3	kN/m ²
Berat pasir	= 0,03 . 16	= 0,48	kN/m ²
Berat ubin dan spesi	= 0,02 . 22	= 0,44	kN/m ²

$$\text{Berat } \textit{plafond} \text{ dan penggantung} = 0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Mekanikal dan Elektrikal} = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{DL} = 4,25 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup

$$Q_{LL} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban terfaktor} &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\ &= 1,2 \cdot 4,25 + 1,6 \cdot 2,5 \\ &= 9,1 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Rencana Kantilever

Beban Mati

$$\text{Berat pelat lantai} = 0,125 \cdot 24 = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat pasir} = 0,03 \cdot 16 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ubin dan spesi} = 0,02 \cdot 22 = 0,44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat } \textit{plafond} \text{ dan penggantung} = 0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{DL} = 4,25 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup

$$Q_{LL} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban terfaktor} &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\ &= 1,2 \times 4,25 + 1,6 \times 2,5 \\ &= 9,9 \text{ Kn /m}^2 \end{aligned}$$

4.3.2. Estimasi Dimensi Balok

Data-data perencanaan :

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

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

$$17 < f'_c < 28 \text{ MPa, maka } \beta_1 = 0,85$$

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Diamer sengkang} = 10 \text{ mm}$$

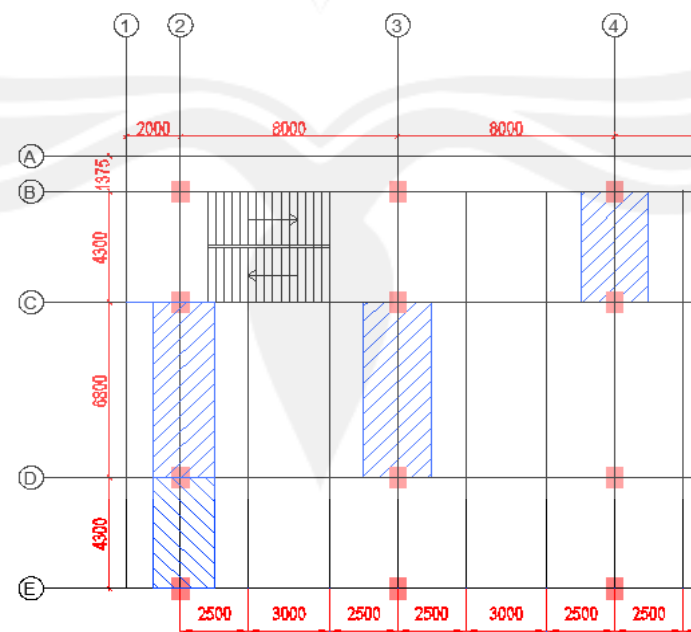
$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\rho = 0,01$$

$$R_n = \rho \times f_y \times \left(1 - 0,59 \frac{\rho \times f_y}{f'_c} \right)$$

$$= 0,01 \times 420 \times \left(1 - 0,59 \frac{0,01 \times 420}{25} \right)$$

$$= 3,7837 \text{ MPa}$$



Gambar 4.3. Tributary Area Balok Induk

1. Balok induk panjang pentang 4,3 m

$$L = 4300 \text{ mm}$$

$$L \text{ tribute area} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Beban terfaktor} = 11,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{10} \times \text{Beban terfaktor} \times L \text{ tribute area} \times L^2 \\ &= \frac{1}{10} \times 11,5 \times 2,5 \times 4,3^2 \\ &= 53,1587 \text{ kN m} \end{aligned}$$

Ditaksir momen akibat beban sendiri balok 15%

$$\begin{aligned} M_{u \text{ maks total}} &= 1,15 \times M_{u \text{ maks}} \\ &= 1,15 \times 53,1587 \\ &= 61,133 \text{ kN m} \end{aligned}$$

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \times R_n \times b_w}} = \sqrt{\frac{61,133 \times 10^6}{0,9 \times 3,7837 \times b_w}}$$

Tabel 4.1. Estimasi Balok Induk B1

Bw (mm)	d (mm)
250	267,97
300	244,622
350	226,467

$$h \text{ min 2 ujung menerus} = \frac{l}{21} = \frac{4300}{21} = 204,762 \text{ mm}$$

$$h \text{ min 1 ujung menerus} = \frac{l}{18,5} = \frac{4300}{18,5} = 232,433 \text{ mm}$$

$$d = 226,467 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 h \text{ aktual} &= d + d \text{ sengkang} + \text{selimut beton} + 0,5 d \text{ tul} \\
 &= 226,467 + 10 + 40 + 0,5 \times 22 \\
 &= 287,4763 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$h = 500 \text{ mm} > h \text{ min} = 232,433 \text{ mm}$$

$$b_w = 350 \text{ mm}$$

2. Balok induk panjang bentang 6,8 m

$$L = 6800 \text{ mm}$$

$$L \text{ tribute area} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Beban terfaktor} = 11,5 \text{ Kn/m}^2$$

$$M_u = \frac{1}{10} \times \text{Beban terfaktor} \times L \text{ tribute area} \times L^2$$

$$= \frac{1}{10} \times 11,5 \times 2,5 \times 6,8^2$$

$$= 132,94 \text{ kN m}$$

Ditaksir momen akibat beban sendiri balok 15%

$$M_{u \text{ maks total}} = 1,15 \times M_{u \text{ maks}}$$

$$= 1,15 \times 132,94$$

$$= 152,881 \text{ kN m}$$

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \times R_n \times b_w}} = \sqrt{\frac{152,881 \times 10^6}{0,9 \times 3,7837 \times b_w}}$$

Tabel 4.2. Estimasi Balok Induk B2

Bw (mm)	d (mm)
250	423,767
300	386,845
350	358,148

$$h \text{ min 2 ujung menerus} = \frac{l}{21} = \frac{6800}{21} = 323,809 \text{ mm}$$

$$d = 358,148 \text{ mm}$$

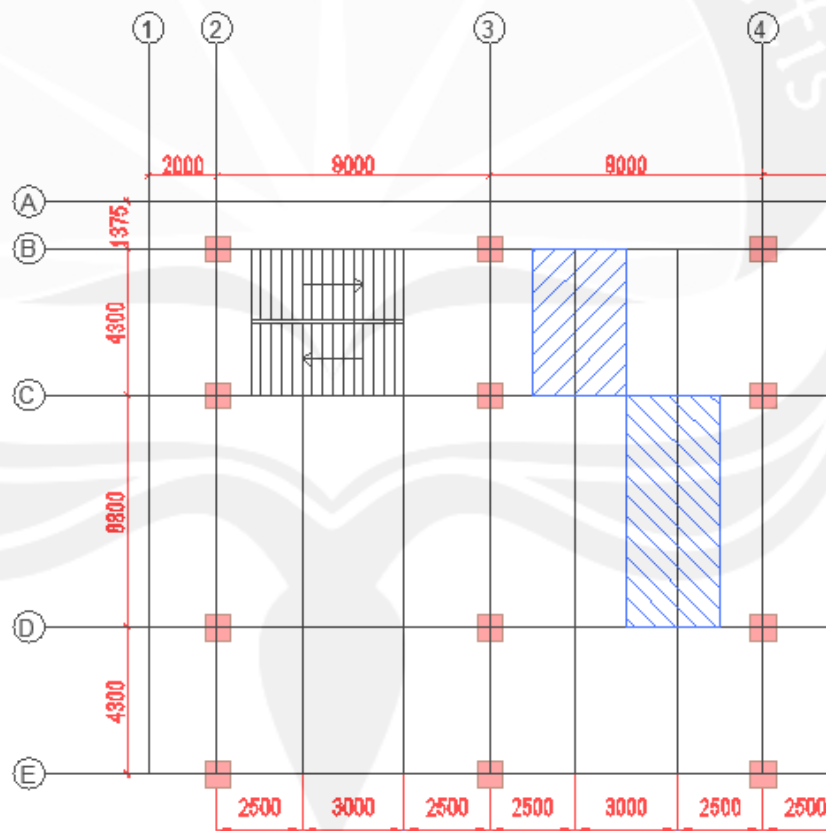
$$h \text{ aktual} = d + d \text{ sengkang} + \text{selimut beton} + 0,5 d \text{ tul}$$

$$= 358,148 + 10 + 40 + 0,5 \times 22$$

$$= 419,1485 \text{ mm}$$

$$h = 550 \text{ mm} > h \text{ min} = 323,809 \text{ mm}$$

$$b_w = 350 \text{ mm}$$



Gambar 4.4. Tributary Area Balok Anak

1. Balok anak panjang 4,3 m

$$L = 4300 \text{ mm}$$

$$L \text{ tribute area} = 2,75 \text{ m}$$

$$\text{Beban terfaktor} = 9,1 \text{ Kn/m}^2$$

$$M_u = \frac{1}{10} \times \text{Beban terfaktor} \times L \text{ tribute area} \times L^2$$

$$= \frac{1}{10} \times 9,1 \times 2,75 \times 4,3^2$$

$$= 46,271 \text{ kN m}$$

Ditaksir momen akibat beban sendiri balok 15%

$$M_{u \text{ maks total}} = 1,15 \times M_{u \text{ maks}}$$

$$= 1,15 \times 46,271$$

$$= 53,2119 \text{ kN m}$$

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \times R_n \times b_w}} = \sqrt{\frac{53,2119 \times 10^6}{0,9 \times 3,7837 \times b_w}}$$

Tabel 4.3. Estimasi Balok Anak B3

Bw	d
250	250,009
300	228,226
350	211,296

$$h \text{ min 2 ujung menerus} = \frac{l}{21} = \frac{4300}{21} = 204,762 \text{ mm}$$

$$h \text{ min 1 ujung menerus} = \frac{l}{18,5} = \frac{4300}{18,5} = 232,433 \text{ mm}$$

$$d = 250,009 \text{ mm}$$

$$h \text{ aktual} = d + d \text{ sengkang} + \text{selimut beton} + 0,5 d \text{ tul}$$

$$= 228,226 + 10 + 40 + 0,5 \times 22$$

$$= 289 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm} > h \text{ min} = 232,433 \text{ mm}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

2. Balok anak panjang 6,8 m

$$L = 6800 \text{ mm}$$

$$L \text{ tribute area} = 2,75 \text{ m}$$

$$\text{Beban terfaktor} = 9,1 \text{ kN/m}^2$$

$$M_u = \frac{1}{10} \times \text{Beban terfaktor} \times L \text{ tribute area} \times L^2$$

$$= \frac{1}{10} \times 9,1 \times 2,75 \times 6,8^2$$

$$= 115,7156 \text{ kN m}$$

Ditaksir momen akibat beban sendiri balok 15%

$$M_{u \text{ maks total}} = 1,15 \times M_{u \text{ maks}}$$

$$= 1,15 \times 115,7156$$

$$= 133,0729 \text{ kN m}$$

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \times R_n \times b_w}} = \sqrt{\frac{133,0729 \times 10^6}{0,9 \times 3,7837 \times b_w}}$$

Tabel 4.4. Estimasi Balok Induk B4

Bw	d
250	395,3623
300	360,9147
350	334,1421

$$h \text{ min 2 ujung menerus} = \frac{l}{21} = \frac{4300}{21} = 204,762 \text{ mm}$$

$$h \text{ min 1 ujung menerus} = \frac{l}{18,5} = \frac{4300}{18,5} = 232,433 \text{ mm}$$

$$d = 250,009 \text{ mm}$$

$$h \text{ aktual} = d + d \text{ sengkang} + \text{selimut beton} + 0,5 d \text{ tul}$$

$$= 360,9147 + 10 + 40 + 0,5 \times 22$$

$$= 421 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm} > h \text{ min} = 232,433 \text{ mm}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$



Gambar 4.5. Sketsa Beban Pada Balok Induk

Balok Induk 8 meter

- Balok Induk 8 m di GRID B

$$W_u \text{ balok anak} = 9,1 \times 2,75 = 25,025 \text{ Kn/m}$$

$$L \text{ balok anak} = 4,3 \text{ m}$$

$$P1 = P2 = \frac{1}{2} W_u L$$

$$= \frac{1}{2} \times 25,025 \times 4,3$$

$$= 53,804 \text{ kN}$$

$$L \text{ kantilever} = 1,375 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 W_u \text{ kantilever} &= L \text{ kantilever} \times \text{beban terfaktor kantilever} \\
 &= 1,375 \times 9,9 \\
 &= 13,6125 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$M_2 = \frac{PL}{3} = \frac{53,804 \times 8}{3} = 143,477 \text{ kN m}$$

$$M_1 = \frac{1}{8} W_u L^2$$

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{8} \times W_u \times 8^2 = 143,477$$

$$W_u = 17,935 \text{ kN/m}$$

$$W_u \text{ baru} = 17,935 + 13,6125 = 31,547 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 M_u \text{ maks} &= \frac{1}{10} \times W_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{10} \times 31,547 \times 8^2 \\
 &= 201,901 \text{ kN m}
 \end{aligned}$$

Ditaksir momen akibat beban sendiri balok 15%

$$M_u \text{ maks total} = 1,15 \times M_u \text{ maks}$$

$$d = \sqrt{\frac{M_u \text{ maks total}}{0,9 \times R_n \times b_w}} = \sqrt{\frac{232,187 \times 10^6}{0,9 \times 3,7837 \times b_w}}$$

Tabel 4.5. Estimasi Balok Induk B5

Bw	d
300	522,239
350	441,372
400	412,866

$$d = 441,372 \text{ mm}$$

$$h \text{ min 2 ujung menerus} = \frac{l}{21} = \frac{8000}{21} = 380,9524 \text{ mm}$$

$$h \text{ min 1 ujung menerus} = \frac{l}{18,5} = \frac{8000}{18,5} = 432,4324 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} h \text{ aktual} &= d + d \text{ sengkang} + \text{selimut beton} + 0,5 d \text{ tul} \\ &= 412,866 + 10 + 40 + 0,5 \times 22 \\ &= 473 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h = 500 \text{ mm} > h \text{ min} = 432,4324 \text{ mm}$$

$$b_w \text{ aktual} = 400 \text{ mm}$$

- Balok Induk di grid C dan D

$$W_u \text{ balok anak} = 9,1 \times 2,75 = 25,025 \text{ Kn/m}$$

$$L \text{ balok anak} = 6,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P \text{ kiri} = P \text{ kanan} &= \frac{1}{2} W_u L \\ &= \frac{1}{2} \times 25,025 \times 6,8 \\ &= 85,085 \text{ Kn} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ total (P1=P2)} &= 2 \times 85,085 \\ &= 170,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$M_2 = \frac{PL}{3} = \frac{453,79 \times 8}{3} = 453,79 \text{ kN m}$$

$$M_1 = \frac{1}{8} W_u L^2$$

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{8} \times W_u \times 8^2 = 453,79$$

$$W_u = 56,723 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu maks} &= \frac{1}{10} \times W_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{10} \times 56,723 \times 8^2 \\ &= 363,029 \text{ kN m} \end{aligned}$$

Ditaksir momen akibat beban sendiri balok 15%

$$\begin{aligned} \text{Mu maks total} &= 1,15 \times \text{Mu maks} \\ &= 1,15 \times 363,029 \\ &= 417,484 \text{ kN m} \end{aligned}$$

$$d = \sqrt{\frac{\text{Mu maks total}}{0,9 \times R_n \times b_w}} = \sqrt{\frac{417,484 \times 10^6}{0,9 \times 3,7837 \times b_w}}$$

Tabel 4.6. Estimasi Balok Induk B6

Bw	d
300	639,263
350	591,843
400	553,619

$$d = 553,619 \text{ mm}$$

$$h \text{ min 2 ujung menerus} = \frac{l}{21} = \frac{8000}{21} = 380,9524 \text{ mm}$$

$$h \text{ min 1 ujung menerus} = \frac{l}{18,5} = \frac{8000}{18,5} = 432,4324 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 h \text{ aktual} &= d + d \text{ sengkang} + \text{selimut beton} + 0,5 d \text{ tul} \\
 &= 553,619 + 10 + 40 + 0,5 \times 22 \\
 &= 614,618 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$h = 650 \text{ mm} > h \text{ min} = 432,4324 \text{ mm}$$

$$b_w \text{ aktual} = 400 \text{ mm}$$

- Balok Induk grid E

$$W_u \text{ balok anak} = 9,1 \times 2,75 = 25,025 \text{ kN/m}$$

$$L \text{ balok anak} = 4,3 \text{ m}$$

$$P \text{ kiri} = P \text{ kanan} = \frac{1}{2} W_u L$$

$$= \frac{1}{2} \times 25,025 \times 4,3$$

$$= 44,0213 \text{ kN}$$

$$M_2 = \frac{PL}{3} = \frac{44,0213 \times 8}{3} = 117,39 \text{ kN m}$$

$$M_1 = \frac{1}{8} W_u L^2$$

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{8} \times W_u \times 8^2 = 117,39$$

$$W_u = 14,6738 \text{ kN/m}$$

$$M_u \text{ maks} = \frac{1}{10} \times W_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{10} \times 14,6738 \times 8^2$$

$$= 93,912 \text{ kN m}$$

Ditaksir momen akibat beban sendiri balok 15%

$$\begin{aligned} \text{Mu maks total} &= 1,15 \times \text{Mu maks} \\ &= 1,15 \times 93,912 \\ &= 107,999 \text{ kN m} \end{aligned}$$

$$d = \sqrt{\frac{\text{Mu maks total}}{0,9 \times R_n \times b_w}} = \sqrt{\frac{107,999 \times 10^6}{0,9 \times 3,7837 \times b_w}}$$

Tabel 4.7. Estimasi Balok Induk B7

Bw	d
250	356,172
300	325,139
350	301,02

$$d = 301,02 \text{ mm}$$

$$h \text{ min 2 ujung menerus} = \frac{l}{21} = \frac{8000}{21} = 380,9524 \text{ mm}$$

$$h \text{ min 1 ujung menerus} = \frac{l}{18,5} = \frac{8000}{18,5} = 432,4324 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} h \text{ aktual} &= d + d \text{ sengkang} + \text{selimut beton} + 0,5 d \text{ tul} \\ &= 301,02 + 10 + 40 + 0,5 \times 22 \\ &= 362,02 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h = 450 \text{ mm} > h \text{ min} = 432,4324 \text{ mm}$$

$$b_w \text{ aktual} = 350 \text{ mm}$$

4.3.3. Rekap Estimasi Balok

Di bawah ini merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan estimasi dimensi balok :

Tabel 4.8. Tabel Rekap Dimensi Balok

	Dimensi (mm)
Balok induk 4,3 m	350x500
Balok induk 6,8 m	350x550
Balok anak 4,3 m	300x400
Balok anak 6,8 m	300x450
Balok Induk 8 meter di Grid B	400x500
Balok Induk 8 meter di Grid C dan D	400x650
Balok Induk 8 meter di Grid E	350x450
Balok kantilever	250x350
Tie beam tengah	400x700
Tie beam samping	400x650

4.4. Perencanaan Kolom

Perencanaan dimensi kolom merupakan hasil pendekatan dengan memperhitungkan beban aksial. Beban-beban yang digunakan dalam perencanaan kolom adalah beban mati dan beban hidup yang membebani kolom yang bersangkutan seperti balok induk dan anak.

4.4.1. Pembebanan Kolom

Pembebanan pada pelat:

Beban Mati

a. Pelat Atap

$$\text{Berat sendiri pelat atap} = 0,125 \cdot 24 = 3 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{Berat pasir 30 mm} = 0,03 \cdot 16 = 0,48 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{Berat spesi} = 0,02 \cdot 22 = 0,44 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{Berat plafond dan penggantung} = 0,18 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat mekanikal dan elektrik} &= 0,15 \text{ kN/m}^2 \\ \hline Q_{DL \text{ atap}} &= 4,25 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} +$$

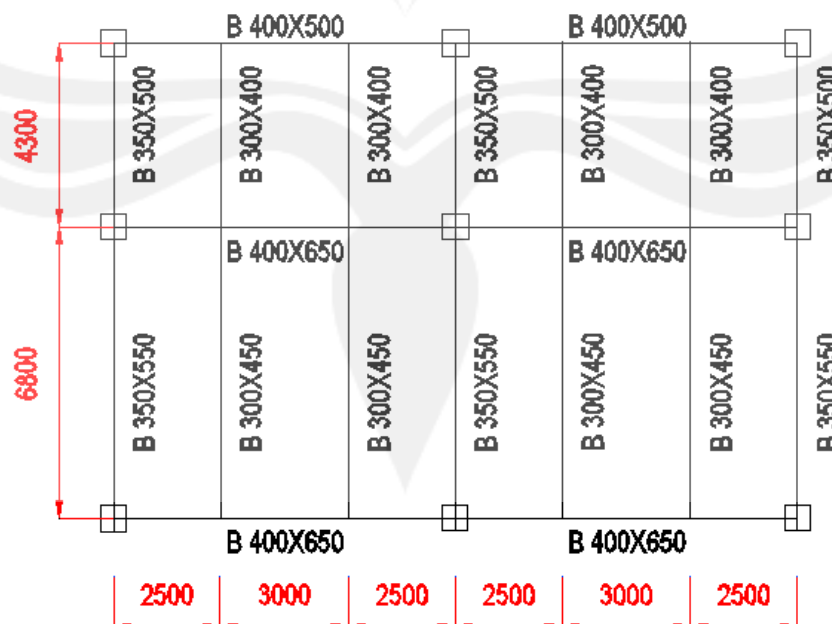
b. Pelat Lantai

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri pelat lantai} &= 0,125 \cdot 24 = 3 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Berat pasir 30 cm} &= 0,03 \cdot 16 = 0,48 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Berat spesi} &= 0,02 \cdot 22 = 0,44 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Berat plafond dan penggantung} &= 0,18 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Berat mekanikal dan elektrik} &= 0,15 \text{ kN/m}^2 \\ \hline Q_{DL \text{ atap}} &= 4,25 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} +$$

Beban Hidup

$$\begin{aligned} \text{a. Pelat atap} &= 1 \text{ kN/m}^2 \\ \text{b. Pelat lantai} &= 2,5 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4.4.2. Estimasi Dimensi Kolom Tengah



Gambar 4.6 Potongan Daerah Kolom Tengah

1. Kolom Atap (K1)

Beban mati :

Beban dari pelat atap	$= 4,25 \cdot 5,55 \cdot 8$	$= 188,7$	kN
Balok induk 400/650	$= 0,4 \cdot (0,65-0,125) \cdot (8) \cdot 24$	$= 40,32$	kN
Balok induk 400/650	$= 0,4 \cdot (0,65-0,125) \cdot (8) \cdot 24$	$= 40,32$	kN
Balok induk 350/500	$= 0,35 \cdot (0,5-0,125) \cdot (2,15) \cdot 24$	$= 5,0231$	kN
Balok induk 350/550	$= 0,35 \cdot (0,55-0,125) \cdot (3,4) \cdot 24$	$= 12,138$	kN
Balok anak 300/400	$= 0,3 \cdot (0,4-0,125) \cdot (4,3) \cdot 24$	$= 8,514$	kN
Balok anak 300/450	$= 0,3 \cdot (0,45-0,125) \cdot (6,8) \cdot 24$	$= 15,912$	kN
		$N_{DL} = 310,935$	kN

Beban Hidup :

$$N_{LL} = 1 \cdot 5,55 \cdot 8 = 44,4 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \cdot N_{DL} + 1,6 \cdot N_{LL} \\ &= 1,2 \cdot 310,935 + 1,6 \cdot 44,4 \\ &= 444,162 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom total} &= 1,1 \times 444,162 \\ &= 488,578 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_u = 488,578 \text{ kN}$$

$$P_u = 0,8 \cdot \Phi \cdot P_0, \text{ dengan } \Phi = 0,65 \text{ untuk kolom pengikat sengkang.}$$

Diasumsikan luas tulangan (ρ_g) = 0,025 dari luas bruto

$$\begin{aligned}
 P_n &= 0,80 \cdot \{0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\} \\
 &= 0,80 \cdot \{0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,025 \cdot A_g) + 420 \cdot 0,025 \cdot A_g\} \\
 &= 0,8 \cdot \{21,25 \cdot A_g - 0,53125 \cdot A_g + 10,5 \cdot A_g\} \\
 &= 24,975 A_g
 \end{aligned}$$

$$\phi \cdot P_n = P_u \rightarrow P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$A_g = \frac{P_n}{24,975} \times 1000 = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{24,975} \times 1000$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{488,578}{24,975} \times 1000 \\
 &= 30096,4472 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$b = 0,7 h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_g}{0,7}} = \sqrt{\frac{30096,4472}{0,7}} = 207,352 \text{ mm}$$

$$b_w = 145,146 \text{ mm}$$

b_w balok maksimum = 400 maka diambil dimensi kolom sebesar 550 x 650 mm².

2. Kolom Lantai 7 (K2)

Beban mati :

$$\text{Beban kolom diatasnya} = (0,55 \cdot 0,65 \cdot 3,5 \cdot 24) + 310,935 = 340,97 \text{ kN}$$

$$\text{Beban dari pelat atap} = 4,25 \cdot 5,55 \cdot 8 = 188,7 \text{ kN}$$

$$\text{Balok induk 400/650} = 0,4 \cdot (0,65 - 0,125) \cdot (8) \cdot 24 = 40,32 \text{ kN}$$

$$\text{Balok induk 400/650} = 0,4 \cdot (0,65 - 0,125) \cdot (8) \cdot 24 = 40,32 \text{ kN}$$

Balok induk 350/500	= 0,35 . (0,5-0,125) . (2,15) . 24	= 5,0231	kN	
Balok induk 350/550	= 0,35 . (0,55-0,125) . (3,4) . 24	= 12,138	kN	
Balok anak 300/400	= 0,3 . (0,4-0,125) . (4,3) . 24	= 8,514	kN	
Balok anak 300/450	= 0,3 . (0,45-0,125) . (6,8) . 24	= 15,912	kN	+
		= 651,9	kN	N_{DL}

Beban Hidup :

Beban hidup atap = 1 . 5,55 . 8 = 44,4 kN

Beban hidup di lantai 7 = 2,5 . 5,55 . 8 = 111 kN +

N_{LL} = 155,4 kN

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 \cdot N_{DL} + 1,6 \cdot N_{LL} \\
 &= 1,2 \cdot 651,9 + 1,6 \cdot 155,4 \\
 &= 1030,92 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berat kolom total = 1,1 x 1030,92
= 1133,01 kN

$P_u = 1133,01 \text{ kN}$

Diasumsikan luas tulangan = 0,025 dari luas bruto

$P_n = 24,975 A_g$

$$\begin{aligned}
 A_g &= \frac{P_n}{24,975} \times 1000 = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{24,975} \times 1000 \\
 &= \frac{1133,01}{0,65} \times 1000 \\
 &= 69855,21 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$b = 0,7 \text{ h}$

$$h = \sqrt{\frac{A_g}{0,7}} = \sqrt{\frac{69855,21}{0,7}} = 315,9 \text{ mm.}$$

$$b_w = 221,14 \text{ mm}$$

b_w balok maksimum = 400 mm maka diambil dimensi kolom sebesar 550 x 650 mm².

3. Kolom Lantai 6 (K3)

Beban mati :

Beban kolom di atasnya	= (0,55 . 0,65 . 3,5 . 24) + 651,9	= 678,5	kN
Beban dari pelat atap	= 4,25 . 5,55 . 8	= 188,7	kN
Balok induk 400/650	= 0,4 . (0,65-0,125) . (8) . 24	= 40,32	kN
Balok induk 400/650	= 0,4 . (0,65-0,125) . (8) . 24	= 40,32	kN
Balok induk 350/500	= 0,35 . (0,5-0,125) . (2,15) . 24	= 5,0231	kN
Balok induk 350/550	= 0,35 . (0,55-0,125) . (3,4) . 24	= 12,138	kN
Balok anak 300/400	= 0,3 . (0,4-0,125) . (4,3) . 24	= 8,514	kN
Balok anak 300/450	= 0,3 . (0,45-0,125) . (6,8) . 24	= 15,912	kN
		= 989,44	kN
		N_{DL}	

Beban Hidup :

Beban hidup lantai 6	= 155,4	kN
Beban hidup lantai 5	= 2,5 . 5,55 . 8 = 111	kN
	= 266,4	kN
	N_{LL}	

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \cdot N_{DL} + 1,6 \cdot N_{LL} \\ &= 1,2 \cdot 989,44 + 1,6 \cdot 266,4 \\ &= 1613,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat kolom total} &= 1,11 \times 1613,56 \\ &= 1774,92 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_u = 1774,92 \text{ kN}$$

Diasumsikan luas tulangan = 0,025 dari luas bruto

$$P_n = 24,975 A_g$$

$$\begin{aligned}A_g &= \frac{P_n}{24,975} \times 1000 = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{24,975} \times 1000 \\ &= \frac{1774,92}{24,975} \times 1000 \\ &= 109334,9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$b = 0,7 h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_g}{0,7}} = \sqrt{\frac{109334,9}{0,7}} = 395,22 \text{ mm.}$$

$$b_w = 276,65$$

b_w balok maksimum = 400 mm maka diambil dimensi kolom sebesar 550 x 650 mm².

4. Kolom Lantai 5 (K4)

Beban mati :

$$\text{Beban kolom di atasnya} = (0,55 \cdot 0,65 \cdot 3,5 \cdot 24) + 989,44 = 1016,03 \text{ kN}$$

$$\text{Beban dari pelat atap} = 4,25 \cdot 5,55 \cdot 8 = 188,7 \text{ kN}$$

$$\text{Balok induk 400/650} = 0,4 \cdot (0,65 - 0,125) \cdot (8) \cdot 24 = 40,32 \text{ kN}$$

$$\text{Balok induk 400/650} = 0,4 \cdot (0,65 - 0,125) \cdot (8) \cdot 24 = 40,32 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Balok induk 350/500} &= 0,35 \cdot (0,5-0,125) \cdot (2,15) \cdot 24 = 5,0231 \text{ kN} \\
 \text{Balok induk 350/550} &= 0,35 \cdot (0,55-0,125) \cdot (3,4) \cdot 24 = 12,138 \text{ kN} \\
 \text{Balok anak 300/400} &= 0,3 \cdot (0,4-0,125) \cdot (4,3) \cdot 24 = 8,514 \text{ kN} \\
 \text{Balok anak 300/450} &= 0,3 \cdot (0,45-0,125) \cdot (6,8) \cdot 24 = 15,912 \text{ kN} \\
 \hline
 N_{DL} &= 1326,97 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup :

$$\text{Beban hidup lantai 5} = 266,4 \text{ kN}$$

$$\text{Beban hidup lantai 5} = 2,5 \cdot 5,55 \cdot 8 = 111 \text{ kN} \quad +$$

$$N_{LL} = 377,4 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 \cdot N_{DL} + 1,6 \cdot N_{LL} \\
 &= 1,2 \cdot 1326,97 + 1,6 \cdot 377,4 \\
 &= 2196,2 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kolom total} &= 1,1 \times 2196,2 \\
 &= 2415,82 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$P_u = 2415,82 \text{ kN}$$

Diasumsikan luas tulangan = 0,025 dari luas bruto

$$P_n = 24,975 A_g$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= \frac{P_n}{24,975} \times 1000 = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{24,975} \times 1000 \\
 &= \frac{2415,82}{0,65} \times 1000 \\
 &= 148815 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$b = 0,7 \text{ h}$$

$$h = \sqrt{\frac{A_g}{0,7}} = \sqrt{\frac{148815}{0,7}} = 461,077 \text{ mm.}$$

$$b_w = 322,75 \text{ mm}$$

b_w balok maksimum = 400 mm, maka diambil dimensi kolom sebesar 650 x 750 mm².

5. Kolom Lantai 4 (K5)

Beban mati :

Beban kolom di atasnya	= (0,65 . 0,75 . 3,5 . 24) + 1325,97	= 1363,24	kN
Beban dari pelat atap	= 4,25 . 5,55 . 8	= 188,7	kN
Balok induk 400/650	= 0,4 . (0,65-0,125) . (8) . 24	= 40,32	kN
Balok induk 400/650	= 0,4 . (0,65-0,125) . (8) . 24	= 40,32	kN
Balok induk 350/500	= 0,35 . (0,5-0,125) . (2,15) . 24	= 5,0231	kN
Balok induk 350/550	= 0,35 . (0,55-0,125) . (3,4) . 24	= 12,138	kN
Balok anak 300/400	= 0,3 . (0,4-0,125) . (4,3) . 24	= 8,514	kN
Balok anak 300/450	= 0,3 . (0,45-0,125) . (6,8) . 24	= 15,912	kN
		1625,25	kN
		N_{DL}	= 1625,25 kN

Beban Hidup :

Beban hidup lantai 5	= 377,4	kN
Beban hidup lantai 5	= 2,5 . 5,55 . 8 = 111	kN
	488,4	kN
	N_{LL}	= 488,4 kN

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 \cdot N_{DL} + 1,6 \cdot N_{LL} \\
 &= 1,2 \cdot 1625,25 + 1,6 \cdot 488,4 \\
 &= 2731,74 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat kolom total} &= 1,1 \times 2731,74 \\ &= 3004,912 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_u = 3004,912 \text{ kN}$$

Diasumsikan luas tulangan = 0,025 dari luas bruto

$$P_n = 24,975 A_g$$

$$\begin{aligned}A_g &= \frac{P_n}{24,975} \times 1000 = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{24,975} \times 1000 \\ &= \frac{3004,912}{0,65} \times 1000 \\ &= 185102,77 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$b = 0,7 h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_g}{0,7}} = \sqrt{\frac{185102,77}{0,7}} = 514,23 \text{ mm.}$$

$$b_w = 359,96 \text{ mm}$$

b_w balok maksimum = 400 mm maka diambil dimensi kolom sebesar 550 x 750 mm².

6. Kolom Lantai 3 (K6)

Beban mati :

$$\text{Beban kolom di atasnya} = (0,55 \cdot 0,75 \cdot 3,5 \cdot 24) + 1625,25 = 1660,96 \text{ kN}$$

$$\text{Beban dari pelat atap} = 4,25 \cdot 5,55 \cdot 8 = 188,7 \text{ kN}$$

$$\text{Balok induk 400/650} = 0,4 \cdot (0,65 - 0,125) \cdot (8) \cdot 24 = 40,32 \text{ kN}$$

$$\text{Balok induk 400/650} = 0,4 \cdot (0,65 - 0,125) \cdot (8) \cdot 24 = 40,32 \text{ kN}$$

Balok induk 350/500	$= 0,35 \cdot (0,5-0,125) \cdot (2,15) \cdot 24$	$= 5,0231$	kN
Balok induk 350/550	$= 0,35 \cdot (0,55-0,125) \cdot (3,4) \cdot 24$	$= 12,138$	kN
Balok anak 300/400	$= 0,3 \cdot (0,4-0,125) \cdot (4,3) \cdot 24$	$= 8,514$	kN
Balok anak 300/450	$= 0,3 \cdot (0,45-0,125) \cdot (6,8) \cdot 24$	$= 15,912$	kN
		N_{DL}	$= 1971,89$ kN

Beban Hidup :

Beban hidup lantai 5 $= 488,4$ kN

Beban hidup lantai 5 $= 2,5 \cdot 5,55 \cdot 8 = 111$ kN

$N_{LL} = 599,4$ kN

$$P_u = 1,2 \cdot N_{DL} + 1,6 \cdot N_{LL}$$

$$= 1,2 \cdot 1971,89 + 1,6 \cdot 599,4$$

$$= 3325,32 \text{ kN}$$

Berat kolom total $= 1,1 \times 3325,32$

$$= 3657,85 \text{ kN}$$

$$P_u = 3657,85 \text{ kN}$$

Diasumsikan luas tulangan $= 0,025$ dari luas bruto

$$P_n = 24,975 A_g$$

$$A_g = \frac{P_n}{24,975} \times 1000 = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{24,975} \times 1000$$

$$= \frac{3657,85}{0,65} \times 1000$$

$$= 225323,54 \text{ mm}^2$$

$$b = 0,7 \text{ h}$$

$$h = \sqrt{\frac{A_g}{0,7}} = \sqrt{\frac{225323,54}{0,7}} = 567,35 \text{ mm.}$$

$$b_w = 397,15 \text{ mm}$$

b_w balok maksimum = 400 mm maka diambil dimensi kolom sebesar 650 x 750 mm².

7. Kolom Lantai 2 (K7)

Beban mati :

Beban kolom di atasnya	= (0,65 . 0,75 . 3,5 . 24) + 1971,89	= 2008,17	kN
Beban dari pelat atap	= 4,25 . 5,55 . 8	= 188,7	kN
Balok induk 400/650	= 0,4 . (0,65-0,125) . (8) . 24	= 40,32	kN
Balok induk 400/650	= 0,4 . (0,65-0,125) . (8) . 24	= 40,32	kN
Balok induk 350/500	= 0,35 . (0,5-0,125) . (2,15) . 24	= 5,0231	kN
Balok induk 350/550	= 0,35 . (0,55-0,125) . (3,4) . 24	= 12,138	kN
Balok anak 300/400	= 0,3 . (0,4-0,125) . (4,3) . 24	= 8,514	kN
Balok anak 300/450	= 0,3 . (0,45-0,125) . (6,8) . 24	= 15,912	kN
		2319,1	kN
		N_{DL}	= 2319,1 kN

Beban Hidup :

Beban hidup lantai 5	= 599,4	kN
Beban hidup lantai 5	= 2,5 . 5,55 . 8 = 111	kN
	710,4	kN
	N_{LL}	= 710,4 kN

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \cdot N_{DL} + 1,6 \cdot N_{LL} \\ &= 1,2 \cdot 2319,1 + 1,6 \cdot 710,4 \\ &= 3919,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat kolom total} &= 1,1 \times 3929,56 \\ &= 4311,52 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_u = 4311,52 \text{ kN}$$

Diasumsikan luas tulangan = 0,025 dari luas bruto

$$P_n = 24,975 A_g$$

$$\begin{aligned}A_g &= \frac{P_n}{24,975} \times 1000 = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{24,975} \times 1000 \\ &= \frac{4311,52}{0,65} \times 1000 \\ &= 265589,69 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$b = 0,7 h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_g}{0,7}} = \sqrt{\frac{265589,69}{0,7}} = 615,98 \text{ mm.}$$

$$b_w = 431,18 \text{ mm}$$

b_w balok maksimum = 400 mm, maka diambil dimensi kolom sebesar 700 x 800 mm².

8. Kolom Lantai 1 (K8)

Beban mati :

$$\text{Beban kolom di atasnya} = (0,7 \cdot 0,8 \cdot 3,5 \cdot 24) + 2319,1 = 2359,42 \text{ kN}$$

$$\text{Beban dari pelat atap} = 4,25 \cdot 5,55 \cdot 8 = 188,7 \text{ kN}$$

$$\text{Balok induk 400/650} = 0,4 \cdot (0,65 - 0,125) \cdot (8) \cdot 24 = 40,32 \text{ kN}$$

$$\text{Balok induk 400/650} = 0,4 \cdot (0,65 - 0,125) \cdot (8) \cdot 24 = 40,32 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Balok induk 350/500} & = 0,35 \cdot (0,5-0,125) \cdot (2,15) \cdot 24 & = 5,0231 \text{ kN} \\
 \text{Balok induk 350/550} & = 0,35 \cdot (0,55-0,125) \cdot (3,4) \cdot 24 & = 12,138 \text{ kN} \\
 \text{Balok anak 300/400} & = 0,3 \cdot (0,4-0,125) \cdot (4,3) \cdot 24 & = 8,514 \text{ kN} \\
 \text{Balok anak 300/450} & = 0,3 \cdot (0,45-0,125) \cdot (6,8) \cdot 24 & = 15,912 \text{ kN} \\
 & & \hline
 N_{DL} & = & 2621,44 \text{ kN}
 \end{array}$$

Beban Hidup :

$$\text{Beban hidup lantai 5} = 710,4 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Beban hidup lantai 5} & = 2,5 \cdot 5,55 \cdot 8 = 111 \text{ kN} & + \\
 & & \hline
 N_{LL} & = & 821,4 \text{ kN}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 \cdot N_{DL} + 1,6 \cdot N_{LL} \\
 &= 1,2 \cdot 2621,44 + 1,6 \cdot 821,4 \\
 &= 4459,96 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kolom total} &= 1,1 \times 4459,96 \\
 &= 4905,96 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$P_u = 4905,96 \text{ kN}$$

Diasumsikan luas tulangan = 0,025 dari luas bruto

$$P_n = 24,975 A_g$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= \frac{P_n}{24,975} \times 1000 = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{24,975} \times 1000 \\
 &= \frac{4905,96}{0,65 \cdot 24,975} \times 1000 \\
 &= 302207,16 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$bw = 0,7 h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_g}{0,7}} = \sqrt{\frac{302207,16}{0,7}} = 657,06 \text{ mm.}$$

$$b_w = 459,94 \text{ mm}$$

b_w balok maksimum = 400 mm, maka diambil dimensi kolom sebesar 700 x 800 mm².

9. Kolom Ground (K9)

Beban mati :

Beban kolom di atasnya	= (0,7 . 0,8 . 3,5 . 24) + 2359,42	= 2667,51	kN
Beban dari pelat atap	= 4,25 . 5,55 . 8	= 188,7	kN
Balok induk 400/650	= 0,4 . (0,65-0,125) . (8) . 24	= 40,32	kN
Balok induk 400/650	= 0,4 . (0,65-0,125) . (8) . 24	= 40,32	kN
Balok induk 350/500	= 0,35 . (0,5-0,125) . (2,15) . 24	= 5,0231	kN
Balok induk 350/550	= 0,35 . (0,55-0,125) . (3,4) . 24	= 12,138	kN
Balok anak 300/400	= 0,3 . (0,4-0,125) . (4,3) . 24	= 8,514	kN
Balok anak 300/450	= 0,3 . (0,45-0,125) . (6,8) . 24	= 15,912	kN
		= 2929,53	kN
		N_{DL}	= 2929,53 kN

Beban Hidup :

Beban hidup lantai 5	= 821,4 kN
Beban hidup lantai 5	= 2,5 . 5,55 . 8 = 111 kN
	= 932,4 kN
	N_{LL}

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 \cdot N_{DL} + 1,6 \cdot N_{LL} \\
 &= 1,2 \cdot 2929,53 + 1,6 \cdot 932,4 \\
 &= 5007,27 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat kolom total} &= 1,1 \times 5007,27 \\ &= 5507,99 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_u = 5507,99 \text{ kN}$$

Diasumsikan luas tulangan = 0,025 dari luas bruto

$$P_n = 24,975 A_g$$

$$\begin{aligned}A_g &= \frac{P_n}{24,975} \times 1000 = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{24,975} \times 1000 \\ &= \frac{5507,99}{24,975} \times 1000 \\ &= 339293 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$b = 0,7 h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_g}{0,7}} = \sqrt{\frac{339293}{0,7}} = 696,21 \text{ mm}$$

$$b_w = 487,35 \text{ mm}$$

b_w balok maksimum = 400 mm, maka diambil dimensi kolom sebesar 700 x 800 mm².

4.4.3. Rekap Estimasi Kolom Tengah

Di bawah ini merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan estimasi dimensi kolom tengah :

Tabel 4.9. Tabel Rekap Dimensi Kolom Tengah

	Dimensi (mm)
K1 (atap)	550x650
K2 (lantai 7)	550x650
K3 (lantai 6)	550x650
K4 (lantai 5)	650x750
K5 (lantai 4)	650x750
K6 (lantai 3)	650x750
K7 (lantai 2)	700x800
K8 (lantai 1)	700x800
K9 (ground)	700x800

4.5. Perencanaan Tangga

4.5.1. Perencanaan Dimensi Tangga

Data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan dimensi tangga :

Tinggi antar lantai = 3,5 m

Lebar ruang tangga = 4,3 m

Panjang ruang tangga = 8 m

Tinggi antar tangga (Optrade) = 0,14 m

Lebar anak tangga (Antrade) = 0,42 m

Dari data diatas dapat dihitung jumlah anak tangga serta perhitungan selanjutnya :

1. Jumlah anak tangga :

$$\frac{H}{Op} - 1 = \left(\frac{350}{14} \right) - 1 = 24 \text{ anak tangga}$$

Lebar bordes direncanakan = 2,5 m

2. Kemiringan tangga :

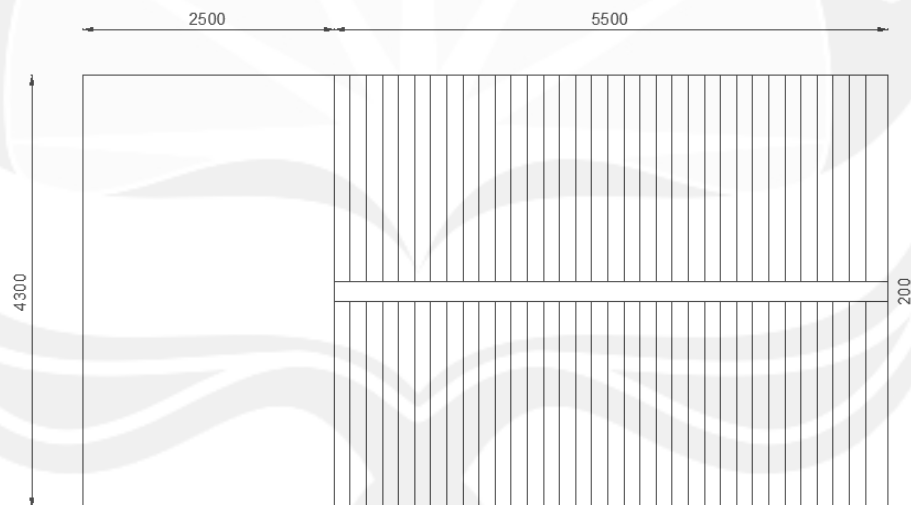
$$\tan \alpha = \arctan \frac{Op}{An}$$

$$= \arctan \frac{14}{42}$$

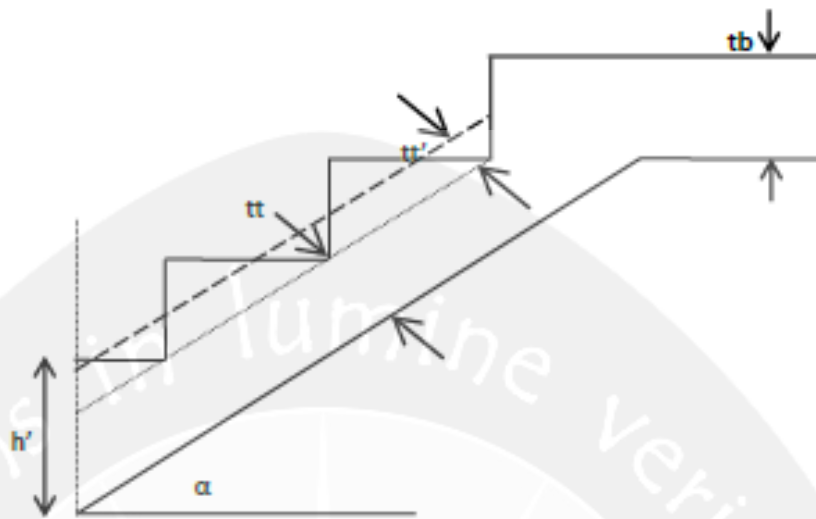
$$= 18,43^\circ$$

$$tt' = \frac{0,5 \cdot Op \cdot An}{\sqrt{Op^2 + An^2}} = \frac{0,5 \times 14 \times 42}{\sqrt{14^2 + 42^2}} = 6,6 \text{ cm.}$$

$$h' = \frac{tt + tt'}{\cos \alpha} = \frac{14 + 6,6}{\cos 18,43} = 21,96 \text{ cm} = 0,2196 \text{ m}$$



Gambar 4.7. Ruang Tangga



Gambar 4.8. Penampang Tangga

4.5.2. Pembebanan Tangga

Hitungan beban per meter lebar tangga:

Beban Mati

$$\text{Pelat tangga dan anak tangga} = 0,2196 \cdot 1 \cdot 24 = 5,628 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban ubin + spesi} = 0,05 \cdot 22 = 1,1 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban pasir 30 mm} = 0,03 \cdot 16 = 0,48 \text{ kN/m}$$

$$\text{Railing (asumsi)} = 1 \text{ kN/m}$$

$$Q_{DL} = 8,208 \text{ kN/m}$$

Beban Hidup

$$\text{Beban hidup pelat lantai} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban terfaktor, } W_u = 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL}$$

$$= 1,2 \times 8,208 + 1,6 \times 3$$

$$= 14,6496 \text{ kN/m}$$

Hitungan beban per meter lebar bordes :

Beban Mati

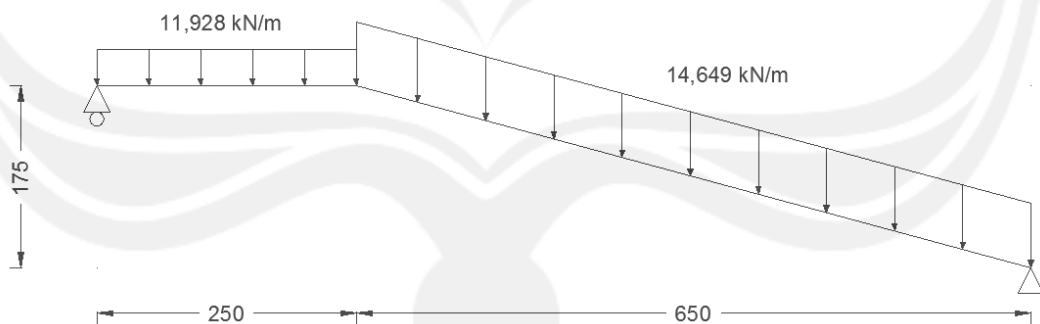
Pelat bordes	$= 0,15 \cdot 1 \cdot 24$	$= 3,6$	kN/m
Beban ubin + spesi	$= 0,05 \cdot 22$	$= 1,1$	kN/m
Beban pasir 30 mm	$= 0,03 \cdot 16$	$= 0,48$	kN/m
Railing (asumsi)		$= 1$	kN/m
		+	
		Q_{DL}	$= 6,18$ kN/m

Beban Hidup

Beban hidup pelat lantai	$= 1 \cdot 3$	$= 3$	kN/m
--------------------------	---------------	-------	------

$$\begin{aligned} \text{Beban terfaktor, } W_u &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\ &= 1,2 \times 6,18 + 1,6 \times 3 \\ &= 11,928 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Dari pembebanan diatas didapat pembebanan tangga sebagai berikut :



Gambar 4.9. Beban Pada Tangga

Gaya – gaya yang terjadi pada tangga didapat dari analisis menggunakan *software SAP2000*. Gaya-gaya yang dihasilkan yaitu :

Tabel 4.10 Gaya-gaya Pada Tangga

Momen Lapangan	53,57 kN m
Momen Tumpuan	86,064 kN m
Gaya Geser (V)	57,423 kN

4.5.3. Penulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Data yang direncanakan untuk penulangan pelat tangga dan pelat bordes :

1. Tebal selimut beton = 25 mm
2. Tulangan utama = D19 ($f_y = 420$ Mpa)
3. Tulangan susut = P10 ($f_y = 240$ Mpa)
4. Tebal pelat = 150 mm
5. $f'_c = 25$ MPa

Perhitungan penulangan :

a. Tumpuan

$$M_u = 86,064 \text{ kN m}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d' = 25 + 0,5 \times 19 = 34,5 \text{ mm}$$

$$d = 160 - 34,5 = 125,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b_w \times d^2}$$

$$= \frac{86,064 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 125,5^2} = 6,071$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times f'c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6,071}{0,85 \times 25}} \right)$$

$$= 0,01747$$

$$A_s = 0,01747 \cdot 1000 \cdot 125,5 = 2192,65 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}{A_s} = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2}{2192,65} = 129,3 \text{ mm}$$

Maka, digunakan D19 – 125mm

$$A_s = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}{\text{spasi}} = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2}{125} = 2268,229 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ aktual} = 2268,229 \text{ mm}^2 > A_s = 2192,65 \text{ mm}^2$$

b. Lapangan

$$M_u = 53,57 \text{ kN m}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d' = 25 + 0,5 \times 19 = 34,5 \text{ mm}$$

$$d = 160 - 34,5 = 125,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{53,57 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 125,5^2} = 3,77$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times f'c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,77}{0,85 \times 25}} \right) = 0,00998$$

$$A_s = 0,00998 \cdot 1000 \cdot 125,5 = 1252,835 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}{A_s} = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2}{1252,835} = 226,31 \text{ mm}$$

Maka, digunakan D19 – 200 mm

$$A_s = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}{\text{spasi}} = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2}{200} = 1417,6437 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ aktual} = 1417,6437 \text{ mm}^2 > A_s = 1252,835 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Susut

Diameter tulangan = 10 mm

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = 0,0021$$

$$A_s \text{ susut} = 0,0021 \cdot 1000 \cdot 160 = 336 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}{A_s} = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{336} = 223,75 = 200 \text{ mm}$$

$$A_s = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}{\text{spasi}} = 1000 \times \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2}{200} = 392,699 \text{ mm}^2$$

Maka, digunakan D10 – 200 mm

d. Kontrol Terhadap Geser

$$d = 125,5 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya geser (V}_u) = 57,42 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 1000 \times 125,5 \times 10^{-3} \\
 &= 104,5833 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 104,5833 \\
 &= 78,44 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_u = < \phi V_c = 78,44 \text{ kN}$$

Dari hasil perhitungan diatas tulangan geser tidak diperlukan karena penampang beton sendiri sudah mampu mengatasi gaya geser yang terjadi ($\phi V_c > V_u$).

Tabel 4.11. Penulangan Tangga

Letak	Lapangan	Tumpuan
Mu (kNm)	86,064	53,57
Tulangan Pokok	D19-200	D19-125
Tulangan Susut	P10-200	P10-200

4.5.4. Penulangan Balok Bordes

Diasumsikan ukuran balok bordes :

$$b_w = 350 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$

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

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

$$\text{Luas 1 tulangan} = 283,643 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diameter sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$f_{ys} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Luas 1 tulangan} = 78,571 \text{ mm}^2$$

selimut beton = 40 mm

tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d' &= \text{selimut beton} + \text{diameter sengkang} + 0,5 \text{ diameter lentur} \\ &= 40 + 10 + 0,5 \times 19 \\ &= 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 450 - 59,5 = 390,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang balok yang menahan tangga = 4,3 m

Beban Rencana :

Berat sendiri	= 0,25 x 0,35 x 24	= 2,1	kN/m
Berat dinding	= 2 x 1,75	= 3,5	kN/m
Reaksi tangga per meter lebar		= 54,23	kN/m
		<hr/>	
	Qu	= 59,83	kN/m

Penulangan Longitudinal Balok Bordes

1. Penulangan lentur tumpuan

Mu dari SAP = 193,59 kN m

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d^2} = \frac{193,59 \times 10^6}{0,8 \times 350 \times 390,5^2} = 4,03$$

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

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4,03}{0,85 \times 25}} \right)$$

$$= 0,00107$$

$$A_s = 0,0107 \times 350 \times 390,5 = 1467,143 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan } A_s = 1467,143 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas 1 tulangan} = 283,643 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = A_s / \text{Luas 1 tulangan}$$

$$= \frac{1467,143}{283,643} = 5,1 \approx 6 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ aktual} = 6 \times 283,643 = 1701,85 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 1467,143 \text{ mm}^2 < A_s \text{ aktual} = 1701,85 \text{ mm}^2$$

Syarat kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut. Jumlah tulangan desak tumpuan digunakan:

$$\text{Jumlah tulangan} = 0,5 \times \text{jumlah tulangan tarik tumpuan}$$

$$= 0,5 \times 6$$

$$= 3 \text{ buah}$$

Jadi, tulangan tarik menggunakan 6D19 dan daerah tekan 3D19.

2. Penulangan lentur lapangan

$$M_u = 84,69 \text{ kN m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d^2} = \frac{84,69 \times 10^6}{0,8 \times 350 \times 390,5^2} = 1,98$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,98}{0,85 \times 25}} \right) = 0,00496$$

$$A_s = 0,00496 \times 350 \times 390,5 = 677,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan } A_s = 677,52 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas 1 tulangan} = 283,643 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \text{As} / \text{Luas 1 tulangan}$$

$$= \frac{677,52}{283,643} = 2,38 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{As aktual} = 3 \times 283,643 = 850,93 \text{ mm}^2$$

$$\text{As perlu} = 677,52 \text{ mm}^2 < \text{As aktual} = 850,93 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan desak tumpuan digunakan:

$$\text{Jumlah tulangan} = 0,5 \times \text{jumlah tulangan tarik tumpuan}$$

$$= 0,5 \times 3 = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

Untuk daerah lapangan menyatakan bahwa paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

Jadi, tulangan tarik 3D19 dan tulangan desak menggunakan 2D19.

3. Penulangan geser

$$d = 390,5 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya geser (Vu)} = 180,088 \text{ kN/m}$$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} = \frac{180,088}{0,75} = 240,117 \text{ kN}$$

Kuat geser V_s tidak boleh lebih dari V_s maksimum, yaitu

$$V_{s, \text{maksimum}} = \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \times b_w \times d$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{25} \times 350 \times 390,5 \times 10^{-3}$$

$$= 459,67 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_c$$

$$240,117 < 0,75 \times 459,67$$

$$240,117 < 341,68 \text{ kN}$$

Spasi tulangan :

Dengan menggunakan tulangan geser 2P12

$$\text{Luas 1 tulangan} = 113,142 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 2 \times 113,142 = 226,284 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_s \times f_y \times d}{V_s} = \frac{226,28 \times 240 \times 394}{341,68 \times 10^3} = 72,64 \text{ mm}$$

Karena,

$$V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times b \times d = \frac{1}{3} \sqrt{25} \times 350 \times 394 = 252,82 \text{ kN}$$

$$240,117 \leq 252,82 \text{ kN}$$

Maka, spasi tidak boleh melebihi:

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{2} = \frac{394}{2} = 191 \text{ mm}$$

Jadi digunakan sengkang 2P10 -150 mm