

## BAB III

### ESTIMASI DIMENSI STRUKTUR

#### 3.1. Pendahuluan

Sebelum menganalisis struktur sebaiknya dilakukan estimasi awal dimensi elemen struktur. Estimasi awal berfungsi untuk menghemat waktu desain, perkiraan biaya, analisis portal, dan menghindari penentuan dimensi elemen yang dibutuhkan.

Pada pemilihan awal ukuran elemen struktur harus memperhatikan syarat-syarat minimum dari elemen struktur yang ditinjau. Estimasi dilakukan dengan menggunakan perhitungan awal sederhana yang bersifat pendekatan. Estimasi awal ini meliputi perencanaan tebal pelat, balok, dan kolom.

#### 3.2. Estimasi Tebal Pelat

Menurut SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.2.5 butir 2 Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan Gedung, memberikan tebal minimum pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.

Nilai-nilai batas tebal minimum pelat satu arah untuk  $f_y = 400$  MPa dapat dilihat pada tabel 3.1, untuk  $f_y$  selain 400 MPa harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ .

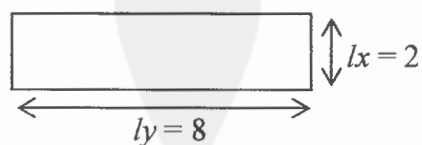
Pelat yang digunakan mempunyai  $f'_c = 25$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa

Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-pratekan atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

KOMPONEN STRUKTUR	TEBAL MINIMUM, h			
	DUA TUMPUAN	SATU UJUNG MENERUS	KEDUA UJUNG MENERUS	KANTILEVER
	KOMPONEN TIDAK MENYATU DENGAN PARTISI ATAU KONSTRUKSI LAIN YANG AKAN RUSAK KARENA LENDUTAN YANG BESAR			
Pelat solid satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat jalur satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

Perencanaan dimensi awal pelat lantai menggunakan persyaratan tebal pelat minimum pada SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.2.5 butir 3 untuk konstruksi pelat satu arah (non-pratekan)

Untuk menentukan tebal pelat minimum akan digunakan tebal pelat yang dapat mewakili tebal pelat pada seluruh lokasi pelat



Gambar 3.1. Pelat lantai

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{8}{2} = 4 > 2 \rightarrow \text{pelat satu arah}$$

Maka tebal minimum untuk pelat satu arah menurut SK SNI T-15-1991-03

adalah :

$$h = \frac{l}{20} = \frac{2000}{20} = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

Maka digunakan tebal pelat 10 cm untuk pelat atap dan 12 cm untuk pelat lantai.

### 3.3. Estimasi Dimensi Balok Anak

Balok merupakan penampang komposit yang dirancang tanpa sekur (*shoring*) sementara, dengan  $f_y = 410 \text{ MPa}$

#### 3.3.1. Balok Anak Atap

Beban yang ditanggung pada balok baja atap :

$$\begin{aligned} \text{- Slab beton (10 cm)} &= 0,1 \times 2 \times 24 = 4,8 \text{ kN/m} \\ \text{- Berat balok baja sendiri} &= 0,441 \text{ kN/m} \\ &\hline &= 5,241 \text{ kN/m} \quad + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{ul} &= 1,2 \cdot 5,241 \\ &= 6,2892 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ul} &= \frac{1}{8} \cdot 6,2892 \cdot 8^2 \\ &= 50,3136 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Beban yang ditanggung oleh aksi komposit :

- Beban hidup :  $1 \times 2 = 2 \text{ kN/m}$
- Beban mati :
  - Spesi (2 cm)  $= 0,02 \times 2 \times 21 = 0,84 \text{ kN/m}$
  - Water proofing (1 cm)  $= 0,01 \times 2 \times 15 = 0,3 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned}
 \text{- Plafon + penggantung} &= (0,11 + 0,07) \times 2 = 0,36 \text{ kN/m} \\
 \text{- ME \& AC} &= 0,3 \times 2 = 0,6 \text{ kN/m} \\
 &+ \\
 &= 2,1 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{u2} &= (1,2 \cdot 2,1) + (1,6 \cdot 2) \\
 &= 5,72 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u2} &= \frac{1}{8} \cdot 5,72 \cdot 8^2 \\
 &= 45,476 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ut} &= M_{u1} + M_{u2} \\
 &= 50,3136 + 45,476 \\
 &= 95,7896 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan sumbu netral plastis (NPA) berada di dalam slab beton dan  $a$  diestimasi sebesar  $1'' = 25,4 \text{ mm}$

$$\text{As yang diperlukan} = \frac{M_U}{\phi_b \cdot f_y \cdot (d/2 + ts - a/2)}$$

Dicoba profil baja dengan  $d = 244 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \text{As yang diperlukan} &= \frac{95,7896 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 410 \cdot (244/2 + 100 - 25,4/2)} \\
 &= 1313,2468 \text{ mm}^2 = 13,13 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dari tabel profil konstruksi baja (Gunawan, R dengan petunjuk Ir. Morisco) digunakan baja dengan profil W250 x 175 dengan :

$$\text{As} = 56,24 \text{ cm}^2 \quad W = 44,1 \text{ kg/m} \quad I_x = 6120 \text{ cm}^4$$

$$d = 244 \text{ mm} \quad t_1 = 7 \text{ mm}$$

$$b = 175 \text{ mm} \quad t_2 = 11 \text{ mm}$$

Untuk balok induk yang sejajar dengan balok anak juga digunakan baja profil W250x175x7x11

### Cek Kelendutan

Lendutan yang disebabkan oleh beban mati yang ditanggung oleh baja saja jika balok tidak ditopang(disekur)

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_s} \\ &= \frac{5 \cdot 5,2416 \cdot 8000^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 6120 \cdot 10^4} = 22,8366 \text{ mm}\end{aligned}$$

Lendutan yang disebabkan oleh beban yang ditompang oleh balok komposit dengan momen inersia  $I_{tr} = 39128,5744 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_{tr}} \\ &= \frac{5 \cdot 4,1 \cdot 8000^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 39128,5744 \cdot 10^4} = 2,7942 \text{ mm}\end{aligned}$$

Total lendutan yang diberikan :

$$\begin{aligned}\Delta &= \Delta_1 + \Delta_2 \\ &= 22,8366 + 2,7942 \\ &= 25,6308 \text{ mm}\end{aligned}$$

Batas lendutan yang diberikan tidak boleh melebihi  $L/240$

$$\Delta < L/240$$

$$25,2678 \text{ mm} < 33,33 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok !}$$

Menurut Tata Cara Struktur Bangunan untuk Bangunan Gedung ayat 12.4.1, lebar efektif pelat lantai yang membentang pada masing-masing sisi dari sumbu balok tidak boleh melebihi

$$b_E \leq \frac{1}{4} L \leq \frac{1}{4} \cdot 8 = 2 \text{ m}$$

$$b_E \leq b_O \leq 2 \text{ m}$$

maka digunakan  $b_E = 2 \text{ m}$

Gaya tekan dalam beton, misalkan  $a < t_s$ , dan gaya tarik pada penampang baja adalah :

$$\begin{aligned} C &= 0,85 \cdot f_c \cdot b_E \cdot a \\ &= 0,85 \cdot 25 \cdot 2000 \cdot a \\ &= 42500a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 56,24 \cdot 10^2 \cdot 410 \\ &= 2305840 \text{ N} \end{aligned}$$

Agar stabil  $C - T$

$$42500a - 2305840$$

$$a = 54,255 \text{ mm} < t_s = 100 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok, seperti yang diasumsikan}$$

Kekuatan momen nominal  $M_n$ ,

$$M_n = T \cdot \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 2305840 \cdot \left( \frac{244}{2} + 100 - \frac{54,255}{2} \right)$$

$$M_n = 449344805,4 \text{ Nmm} = 449,3448 \text{ kNm}$$

$$\phi_b M_n = 0,85 \cdot 449,3448$$

$$= 381,94308 \text{ kNm} > M_u = 95,7896 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok}$$

### 3.3.2. Balok Anak Lantai

#### a. Balok anak lantai dengan lebar plat 2,5 m

Beban yang ditanggung pada balok baja lantai :

- Slab beton (12 cm)	$= 0,12 \times 2,5 \times 24$	$= 7,2$ kN/m
- Berat balok baja sendiri		$= 0,367$ kN/m
		<hr style="width: 100%;"/>
		$+ 7,567$ kN/m

$$W_{u1} = 1,2 \cdot 7,567$$

$$= 9,0804 \text{ kN/m}$$

$$M_{u1} = \frac{1}{8} \cdot 9,0804 \cdot 8^2$$

$$= 72,6432 \text{ kNm}$$

Beban yang ditanggung oleh aksi komposit :

- Beban hidup :  $2,5 \times 2,5 = 6,25$  kN/m
- Beban mati :
 

- Spesi (2 cm)	$= 0,02 \times 2,5 \times 21$	$= 1,05$ kN/m
- Tegel (2 cm)	$= 0,02 \times 2,5 \times 24$	$= 1,2$ kN/m
- Plafon + penggantung	$= (0,11 + 0,07) \times 2,5$	$= 0,45$ kN/m
- ME & AC	$= 0,3 \times 2,5$	$= 0,75$ kN/m
		<hr style="width: 100%;"/>
		$+ 3,45$ kN/m

$$W_{u2} = (1,2 \cdot 3,45) + (1,6 \cdot 6,25)$$

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

$$M_{u2} = \frac{1}{8} \cdot 14,14 \cdot 8^2$$

$$= 113,12 \text{ kNm}$$

$$M_{ut} = M_{u1} + M_{u2}$$

$$= 72,6432 + 113,12 = 185,7632 \text{ kNm}$$

Diasumsikan sumbu netral plastis (NPA) berada di dalam slab beton dan  $a$  diestimasi sebesar  $1'' = 25,4 \text{ mm}$

$$As \text{ yang diperlukan} = \frac{M_U}{\phi_b \cdot f_y \cdot (d/2 + ts - a/2)}$$

Dicoba profil baja dengan  $d = 300 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} As \text{ yang diperlukan} &= \frac{185,7632 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 410 \cdot (300/2 + 120 - 25,4/2)} \\ &= 2071,6535 \text{ mm}^2 = 20,71 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dari tabel profil konstruksi baja (Gunawan, R dengan petunjuk Ir. Morisco) digunakan baja dengan profil W300 x 150 dengan :

$$\begin{aligned} As &= 46,78 \text{ cm}^2 & W &= 36,7 \text{ kg/m} & I_x &= 7210 \text{ cm}^4 \\ d &= 300 \text{ mm} & t_1 &= 6,5 \text{ mm} \\ b &= 150 \text{ mm} & t_2 &= 9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk balok induk yang sejajar dengan balok anak juga digunakan baja profil W300x150x6,5x9

### Cek Kelendutan

Lendutan yang disebabkan oleh beban mati yang ditanggung oleh baja saja jika balok tidak ditopang(disekur)

$$\begin{aligned} \Delta_{DL} &= \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_s} \\ &= \frac{5 \cdot 7,567 \cdot 8000^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 7210 \cdot 10^4} = 27,987 \text{ mm} \end{aligned}$$



Lendutan yang disebabkan oleh beban yang ditompang oleh balok komposit dengan momen inersia  $I_{tr} = 29653,4435.10^4 \text{ mm}^4$

$$\begin{aligned}\Delta_L &= \frac{5.w.L^4}{384.E_s.I_{tr}} \\ &= \frac{5.5,65.8000^4}{384.2.10^5.29653,4453.10^4} = 5,0809 \text{ mm}\end{aligned}$$

Total lendutan yang diberikan :

$$\begin{aligned}\Delta &= \Delta_{DL} + \Delta_L \\ &= 27,987 + 5,0809 \\ &= 33,0679 \text{ mm}\end{aligned}$$

Batas lendutan yang diberikan tidak boleh melebihi  $L/240$

$$\Delta < L/240$$

$$33,0679 \text{ mm} < 33,33 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok !}$$

Menurut Tata Cara Struktur Bangunan untuk Bangunan Gedung ayat 12.4.1, lebar efektif pelat lantai yang membentang pada masing-masing sisi dari sumbu balok tidak boleh melebihi

$$b_E \leq \frac{1}{4} L \leq \frac{1}{4} \cdot 8 = 2 \text{ m}$$

$$b_E \leq b_O \leq 2,5 \text{ m}$$

maka digunakan  $b_E = 2,5 \text{ m}$

Gaya tekan dalam beton, misalkan  $a < t_s$  dan gaya tarik pada penampang baja adalah :

$$\begin{aligned}C &= 0,85 \cdot f_c \cdot b_E \cdot a \\ &= 0,85 \cdot 25 \cdot 2500 \cdot a = 53125a\end{aligned}$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 46,78 \cdot 10^2 \cdot 410$$

$$= 1917980 \text{ N}$$

Agar stabil  $C = T$

$$53125a = 1917980$$

$$a = 36,1032 \text{ mm} < t_s = 120 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok, seperti yang diasumsikan}$$

Kekuatan momen nominal  $M_n$ ,

$$M_n = T \cdot \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 1917980 \cdot \left( \frac{300}{2} + 120 - \frac{36,1032}{2} \right)$$

$$M_n = 483231992,2 \text{ Nmm} = 483,232 \text{ kNm}$$

$$\phi_b M_n = 0,85 \cdot 483,232$$

$$= 410,7472 \text{ kNm} > M_u = 185,7632 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok}$$

b. Balok anak lantai dengan lebar plat 2 m

Beban yang ditanggung pada balok baja lantai :

$$\text{- Slab beton (12 cm)} = 0,12 \times 2 \times 24 = 5,76 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Berat balok baja sendiri} = 0,367 \text{ kN/m}$$

$$\begin{array}{r} 5,76 \\ 0,367 \\ \hline = 6,127 \text{ kN/m} \end{array} +$$

$$W_{u1} = 1,2 \cdot 6,127$$

$$= 7,3524 \text{ kN/m}$$

$$M_{u1} = \frac{1}{8} \cdot 7,3524 \cdot 8^2$$

$$= 58,8192 \text{ kNm}$$

Beban yang ditanggung oleh aksi komposit :

- Beban hidup :  $2,5 \times 2 = 5 \text{ kN/m}$

• Beban mati :

- Spesi (2 cm)	= 0,02 x 2 x 21	= 0,84	kN/m
- Tegel (2 cm)	= 0,02 x 2 x 24	= 0,96	kN/m
- Plafon + penggantung	= (0,11 + 0,7) x 2	= 0,36	kN/m
- ME & AC	= 0,3 x 2	= 0,6	kN/m
		<hr/>	+
		= 2,76	kN/m

$$W_{u2} = (1,2 \cdot 2,76) + (1,6 \cdot 5)$$

$$= 11,312 \text{ kN/m}$$

$$M_{u2} = \frac{1}{8} \cdot 11,312 \cdot 8^2$$

$$= 90,496 \text{ kNm}$$

$$M_{ut} = M_{u1} + M_{u2}$$

$$= 58,8192 + 90,496 = 149,3152 \text{ kNm}$$

Diasumsikan sumbu netral plastis (NPA) berada di dalam slab beton dan  $a$  diestimasi sebesar  $1'' = 25,4 \text{ mm}$

$$A_s \text{ yang diperlukan} = \frac{M_U}{\phi_b \cdot f_y \cdot (d/2 + ts - a/2)}$$

Dicoba profil baja dengan  $d = 300 \text{ mm}$

$$A_s \text{ yang diperlukan} = \frac{149,3152 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 410 \cdot (300/2 + 120 - 25,4/2)}$$

$$= 1665,1181 \text{ mm}^2 = 16,65 \text{ cm}^2$$

Dari tabel profil konstruksi baja (Gunawan, R dengan petunjuk Ir. Morisco) digunakan baja dengan profil W300 x 150 dengan :

$$A_s = 46,78 \text{ cm}^2 \quad W = 36,7 \text{ kg/m} \quad I_x = 7210 \text{ mm}^4$$

$$d = 300 \text{ mm} \quad t_1 = 6,5 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm} \quad t_2 = 9 \text{ mm}$$

Untuk balok induk yang sejajar dengan balok anak juga digunakan baja profil W300x150x6,5x9

### Cek Kelendutan

Lendutan yang disebabkan oleh beban mati yang ditanggung oleh baja saja jika balok tidak ditopang (disekur)

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_s} \\ &= \frac{5 \cdot 6,127 \cdot 8000^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 7210 \cdot 10^4} = 22,6611 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lendutan yang disebabkan oleh beban yang ditopang oleh balok komposit dengan momen inersia  $I_{tr} = 28289,3665 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_{tr}} \\ &= \frac{5 \cdot 7,76 \cdot 8000^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 28289,3665 \cdot 10^4} = 7,3149 \text{ mm} \end{aligned}$$

Total lendutan yang diberikan :

$$\begin{aligned} \Delta &= \Delta_1 + \Delta_2 \\ &= 22,6611 + 7,3149 \\ &= 29,976 \text{ mm} \end{aligned}$$

Batas lendutan yang diberikan tidak boleh melebihi  $L/240$

$$\Delta < L/240$$

$$29,976 \text{ mm} < 33,33 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok !}$$

Menurut Tata Cara Struktur Bangunan untuk Bangunan Gedung ayat 12.4.1, lebar efektif pelat lantai yang membentang pada masing-masing sisi dari sumbu balok tidak boleh melebihi

$$b_E \leq \frac{1}{4} L \leq \frac{1}{4} \cdot 8 = 2 \text{ m}$$

$$b_E \leq b_O \leq 2 \text{ m}$$

maka digunakan  $b_E = 2 \text{ m}$

Gaya tekan dalam beton, misalkan  $a < t_s$  dan gaya tarik pada penampang baja adalah :

$$C = 0,85 \cdot f_c \cdot b_E \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 25 \cdot 2000 \cdot a$$

$$= 42500a$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 46,78 \cdot 10^2 \cdot 410$$

$$= 1917980 \text{ N}$$

Agar stabil  $C = T$

$$42500a = 1917980$$

$$a = 45,1289 \text{ mm} < t_s = 120 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok, seperti yang diasumsikan}$$

Kekuatan momen nominal  $M_n$ ,

$$M_n = T \cdot \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 1917980 \cdot \left( \frac{300}{2} + 120 - \frac{45,1289}{2} \right)$$

$$M_n = 474576436,2 \text{ Nmm} = 474,5764 \text{ kNm}$$

$$\phi_b M_n = 0,85 \cdot 474,5764$$

$$= 403,3899 \text{ kNm} > M_u = 149,3152 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok}$$

### 3.3.3. Konektor Geser

Konektor geser yang digunakan adalah konektor stud baja berkepala yang dilaskan ke flens. Dicoba digunakan stud berkepala  $\frac{5}{8}$ " x 2", dengan luas

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \left(\frac{5}{8} \cdot 25,4\right)^2 \\ &= 197,9326 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4600 \sqrt{f'_c} \\ &= 4600 \sqrt{25} = 23000 \end{aligned}$$

Kekuatan nominal stud baja berkepala

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\ &= 0,5 \cdot 197,9326 \cdot \sqrt{25 \cdot 23000} \leq 197,9326 \cdot 413,6854 \\ &= 75044,9126 \text{ N} \leq 81881,8268 \end{aligned}$$

Kekuatan geser horisontal nominal,  $V_{nh}$  yang dibutuhkan tidak dapat melampaui gaya maksimum yang diberikan beton yakni :

$$\begin{aligned} C_{maks} &= 0,85 \cdot f'_c \cdot b_E \cdot t_s \\ &= 0,85 \cdot 25 \cdot 2000 \cdot 100 \\ &= 4250000 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya maksimum  $T_{maks}$  yang dapat terjadi dalam baja :

- Untuk baja atap :

$$T_{maks} = A_s \cdot f_y = 2305840 \text{ N}$$

- Untuk baja lantai :

$$T_{maks} = A_s \cdot f_y = 1917980 \text{ N}$$

Karena  $T_{maks}$  lebih kecil dari  $C_{maks}$ , maka digunakan  $T_{maks}$  sebagai kekuatan geser nominalnya,  $V_{nh}$

Banyaknya konektor geser  $N$  yang dibutuhkan untuk setiap separuh bentangnya adalah

$$N = \frac{V_{nh}}{Q_n}$$

o Untuk atap :

$$N = \frac{2305840}{75044,9126} = 30,726 \approx 31 \text{ buah}$$

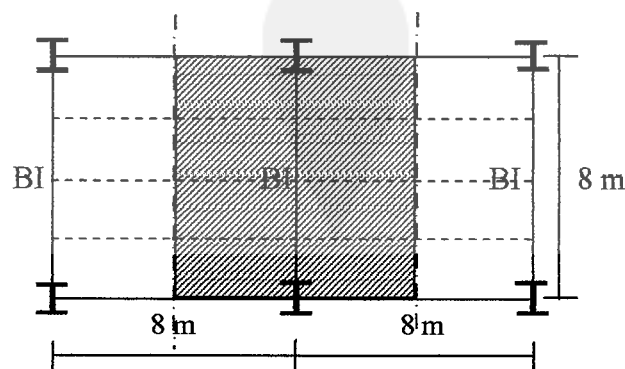
o Untuk lantai :

$$N = \frac{1917980}{75044,9126} = 25,5578 \approx 26 \text{ buah}$$

Jadi digunakan stud berkepala  $\frac{5}{8}$ " x 2" sebanyak 62 buah untuk seluruh bentang pada atap dan 52 buah untuk seluruh bentang lantai.

### 3.4. Estimasi Balok Induk

Estimasi dilakukan pada balok induk arah y (vertikal), karena balok induk arah x mempunyai ukuran yang sama besar dengan balok anak.



Gambar 3.3. Balok induk vertikal

### 3.4.1. Estimasi Balok Induk Atap

Beban mati :

- Berat balok anak		= 0,441 kN/m
- Slab beton (10 cm)	= 0,1 . 2 . 24	= 4,8 kN/m
- Spesi (2 cm)	= 0,02 . 2 . 21	= 0,84 kN/m
-Water proofing (1 cm)	= 0,01 . 2 . 15	= 0,3 kN/m
- Plafon + penggantung	= (0,11 + 0,7) . 2	= 0,36 kN/m
- ME & AC	= 0,3 . 2	= 0,6 kN/m
		<hr/>
		DL = 7,341 kN/m

Beban hidup :

$$LL = 1 . 2 = 2 \text{ kN/m}$$

Balok induk (BI) menahan berat dari balok anak dan beban-bebannya yang menjadi beban terpusat pada balok induk.

$$P_{DL} = 8 . 7,341$$

$$= 58,728 \text{ kN}$$

$$P_{LL} = 8 . 2$$

$$= 16 \text{ kN}$$

$$P_U = (1,2 . 58,728) + (1,6 . 16)$$

$$= 96,0736 \text{ kN}$$

Di dapat momen maksimum,  $M_{\max} = 384,2944 \text{ kNm}$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} . q_{EQ} . L^2$$

$$q_{EQ} = \frac{8 . M_{\max}}{L^2}$$



$$q_{EQ} = \frac{8 \times 384,2944}{8^2} = 48,0368 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{11} \cdot q_{EQ} \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{11} \cdot 48,0368 \cdot 8^2 \\ &= 279,4868 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_U \leq \phi M_n$$

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

$$M_n = \frac{279,4868}{0,9} = 310,5409 \text{ kNm} = 310,5409 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Untuk keadaan plastis dan kompak maka  $M_n = M_p$

$$M_p < f_y \cdot Z$$

$$Z > \frac{M_p}{f_y}$$

$$Z > \frac{310,5409 \cdot 10^6}{410}$$

$$Z > 757416,8293 \text{ mm}^3$$

$$Z > 757,4168 \text{ cm}^3$$

Dari tabel konstruksi profil baja (Gunawan, R. dengan petunjuk Ir. Morisco) maka digunakan baja profil W500x200 dengan :

$$d = 496 \text{ mm} \quad Z_x = 41900 \text{ cm}^3$$

$$b = 199 \text{ mm} \quad W = 79,5 \text{ kg/m}$$

$$t_1 = 9 \text{ mm} \quad t_2 = 14 \text{ mm}$$

### Cek Kelendutan

Lendutan yang diberikan oleh balok baja induk yang tidak komposit :

$$\Delta_1 = \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_s}$$

$$= \frac{5 \cdot 48,0368 \cdot 8000^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 41900 \cdot 10^4} = 30,5723 \text{ mm}$$

Batas lendutan yang diberikan tidak boleh melebihi  $\frac{L}{240}$

$$\Delta < \frac{L}{240}$$

$$30,5723 \text{ mm} < 33,33 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok !}$$

### 3.4.2. Estimasi Balok Induk Lantai

Beban mati :

- Berat balok anak		= 0,367 kN/m
- Slab beton (12 cm)	= 0,12 . 2 . 24	= 5,76 kN/m
- Spesi (2 cm)	= 0,02 . 2 . 21	= 0,84 kN/m
- Tegel (2 cm)	= 0,02 . 2 . 24	= 0,96 kN/m
- Plafon + penggantung	= (0,11 + 0,7) . 2	= 0,36 kN/m
- ME & AC	= 0,3 . 2	= 0,6 kN/m
		<hr/>
	DL	= 8,887 kN/m

Beban hidup :

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

Balok induk (BI) menahan berat dari balok anak dan beban-bebannya yang menjadi beban terpusat pada balok induk dan beban merata dari partisi.

$$P_{DL} = 8 \cdot 8,887$$

$$= 71,096 \text{ kN}$$

$$P_{LL} = 8 \cdot 5$$

$$= 40 \text{ kN}$$

$$P_U = (1,2 \cdot 71,096) + (1,6 \cdot 40)$$

$$= 149,3152$$

Di dapat momen maksimum,  $M_{max} = 597,2608 \text{ kNm}$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot q_{EQ} \cdot L^2$$

$$q_{EQ} = \frac{8 \cdot M_{max}}{L^2}$$

$$q_{EQ} = \frac{8 \cdot 597,2608}{8^2} = 74,6576 \text{ kN/m}$$

$$M_U = \frac{1}{11} \cdot q_{EQ} \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{11} \cdot 74,6576 \cdot 8^2$$

$$= 434,3715 \text{ kNm}$$

$$M_U \leq \phi M_n$$

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

$$M_n = \frac{434,3715}{0,9} = 482,635 \text{ kNm} = 482,635 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Untuk keadaan plastis dan kompak maka  $M_n = M_p$

$$M_p < f_y \cdot Z$$

$$Z > \frac{M_p}{f_y}$$

$$Z > \frac{482,635 \cdot 10^6}{410}$$

$$Z > 1177158,537 \text{ mm}^3$$

$$Z > 1177,1585 \text{ cm}^3$$

Dari tabel konstruksi profil baja (Gunawan, R. dengan petunjuk Ir. Morisco) maka digunakan baja profil W600x200 dengan :

$$d = 596 \text{ mm} \quad Z_x = 68700 \text{ cm}^3$$

$$b = 199 \text{ mm} \quad w = 94,6 \text{ kg/m}$$

$$t_1 = 10 \text{ mm} \quad t_2 = 15 \text{ mm}$$

### Cek Kelendutan

Lendutan yang diberikan oleh balok baja induk yang tidak komposit :

$$\begin{aligned} \Delta_i &= \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_s} \\ &= \frac{5 \cdot 74,6576 \cdot 8000^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 68700 \cdot 10^4} = 28,1979 \text{ mm} \end{aligned}$$

Batas lendutan yang diberikan tidak boleh melebihi  $L/240$

$$\Delta < L/240$$

$$28,1979 \text{ mm} < 33,33 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok !}$$

### 3.5. Estimasi Kolom

➤ Pembebanan pada pelat atap

Beban mati pelat atap:

$$\text{- Slab beton (100 mm)} = 0,1 \cdot 24 = 2,4 \text{ kN/m}^2$$

- Spesi (2 cm)	= 0,02 . 21	= 0,42 kN/m <sup>2</sup>	
- Water proofing (1 cm)	= 0,01 . 15	= 0,15 kN/m <sup>2</sup>	
- Plafon + penggantung	= 0,11 + 0,7	= 0,18 kN/m <sup>2</sup>	
- ME & AC		= 0,3 kN/m <sup>2</sup>	
			+
		$q_{DL} \text{ atap} = 3,45 \text{ kN/m}^2$	

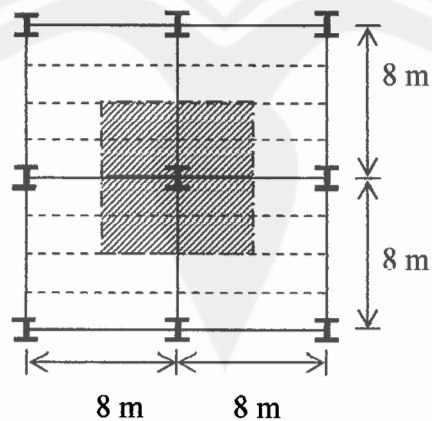
Beban hidup pada atap =  $q_{LL} = 1 \text{ kN/m}^2$

➤ Pembebanan pada pelat lantai

Beban mati pelat lantai :

- Slab beton (120 mm)	= 0,12 . 24	= 2,88 kN/m <sup>2</sup>	
- Spesi (2 cm)	= 0,02 . 21	= 0,42 kN/m <sup>2</sup>	
- Tegel (2 cm)	= 0,02 . 24	= 0,48 kN/m <sup>2</sup>	
- Plafon + penggantung	= 0,11 + 0,7	= 0,18 kN/m <sup>2</sup>	
- ME & AC		= 0,3 kN/m <sup>2</sup>	
			+
		$q_{DL} \text{ lantai} = 4,26 \text{ kN/m}^2$	

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



Gambar 3.4. Luasan lantai yang didukung kolom

**Lantai Atap**

Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat atap} &= (8 \cdot 8) \cdot 3,45 = 220,8 \text{ kN} \\
 - \text{Balok W 250x175} &= 0,441 \cdot 8 \cdot 5 = 17,64 \text{ kN} \\
 - \text{Balok W 500x200} &= 0,795 \cdot 8 \cdot 1 = 6,36 \text{ kN} \\
 &\quad \underline{\hspace{1.5cm} +} \\
 N_{dl} \text{ atap} &= 244,8 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$N_{ll} \text{ atap} = (8 \cdot 8) \cdot 1 = 64 \text{ kN}$$

**Lantai Dasar, 1-4**

Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{Plat lantai} &= (8 \cdot 8) \cdot 4,26 = 272,64 \text{ kN} \\
 - \text{Balok W 300x150} &= 0,367 \cdot 8 \cdot 5 = 14,68 \text{ kN} \\
 - \text{Balok W 600x200} &= 0,795 \cdot 8 \cdot 1 = 6,32 \text{ kN} \\
 &\quad \underline{\hspace{1.5cm} +} \\
 N_{dl} \text{ lantai} &= 293,64 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$N_{ll} \text{ lantai} = (8 \cdot 8) \cdot 2,5 = 160 \text{ kN}$$

Contoh hitungan lantai 4

Beban mati :

$$- \text{Beban atap} = N_{dl} \text{ atap} = 244,8 \text{ kN}$$

Beban hidup :

$$- \text{Beban hidup atap} = N_{ll} \text{ atap} = 64 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 N_U &= 1,2 N_{dl} + 1,6 N_U \\
 &= 1,2 \cdot 244,8 + 1,6 \cdot 64 \\
 &= 396,16 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Untuk mencapai keadaan seimbang maka  $N_U$ :

$$\frac{N_U}{\frac{1}{3}} = \frac{396,16}{\frac{1}{3}} = 1188,48 \text{ kN}$$

Maka luas penampang :

$$A_p = \frac{1188,48 \cdot 10^3}{410} = 2898,7317 \text{ mm}^2 = 28,98 \text{ cm}^2$$

Dari tabel konstruksi profil baja (Gunawan, R.) maka digunakan baja profil W250x250x9x14 dengan  $A_s = 92,18 \text{ cm}^2$

### Contoh hitungan lantai 3

Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{Beban atap} &= N_{dl} \text{ atap} = 244,18 \text{ kN} \\
 - \text{Beban lantai 4} &= N_{dl} \text{ lantai} = 293,64 \text{ kN} \\
 - \text{Berat kolom lantai 4} &= 0,724 \cdot 5 = 3,62 \text{ kN} \\
 &\hline
 N_{dl} &= 542,06 \text{ kN} \quad +
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$\begin{aligned}
 - \text{Beban hidup atap} &= N_U \text{ atap} = 64 \text{ kN} \\
 - \text{Beban hidup lantai} &= N_U \text{ lantai} = 160 \text{ kN} \\
 &\hline
 N_U &= 224 \text{ kN} \quad +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_U &= 1,2 N_{dl} + 1,6 N_U \\
 &= 1,2 \cdot 542,06 + 1,6 \cdot 224 \\
 &= 1008,872 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Untuk mencapai keadaan seimbang maka  $N_U$  :

$$\frac{N_U}{\frac{1}{3}} = \frac{1008,872}{\frac{1}{3}} = 3026,616 \text{ kN}$$

Maka luas penampang :

$$A_p = \frac{3026,616 \cdot 10^3}{410} = 7381,99 \text{ mm}^2 = 73,8 \text{ cm}^2$$

Dari tabel konstruksi profil baja (Gunawan, R. dengan petunjuk Ir. Morisco) maka digunakan baja profil W250x250x9x14 dengan  $A_s = 92,18 \text{ cm}^2$

Tabel 3.2 Estimasi dimensi kolom tiap lantai

Lantai	$N_{dl}$ (kN)	$N_{ll}$ (kN)	$N_U$ (kN)	$N_{Us}$ (kN)	$A_p$ (cm <sup>2</sup> )	Baja	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )
Lt. 4	244,8	64	396,16	1188,48	28,98	W 250x250x9x14	92,18
Lt. 3	542,06	224	1008,872	3026,616	73,8	W 250x250x9x14	92,18
Lt. 2	839,32	384	1621,584	4864,752	118,65	W400x400x13x21	218,7
Lt. 1	1141,56	544	2240,272	6720,816	163,9	W400x400x13x21	218,7
Dasar	1443,8	704	2858,96	8576,88	209,19	W400x400x13x21	218,7

### 3.6. Perencanaan Pelat

- Pembebanan pada pelat atap

Beban mati :

- Slab beton (100 mm) =  $0,1 \cdot 24 = 2,4 \text{ kN/m}^2$

- Spesi (2 cm) =  $0,02 \cdot 21 = 0,42 \text{ kN/m}^2$

- Water proofing (1 cm) =  $0,01 \cdot 15 = 0,15 \text{ kN/m}^2$

- Plafon + penggantung =  $0,11 + 0,7 = 0,18 \text{ kN/m}^2$

- ME & AC =  $0,3 \text{ kN/m}^2$

$$q_{DL} \text{ atap} = 3,45 \text{ kN/m}^2 +$$

Beban hidup pada atap :  $q_{LL} = 1 \text{ kN/m}^2$



- Pembebanan pada pelat lantai

Beban mati pelat lantai :

- Slab beton (120 mm)	= 0,12 . 24	= 2,88 kN/m <sup>2</sup>
- Spesi (2 cm)	= 0,02 . 21	= 0,42 kN/m <sup>2</sup>
- Tegel (2 cm)	= 0,02 . 24	= 0,48 kN/m <sup>2</sup>
- Plafon + penggantung	= 0,11 + 0,7	= 0,18 kN/m <sup>2</sup>
- ME & AC		= 0,3 kN/m <sup>2</sup>
		+
	q <sub>DL</sub> lantai	= 4,26 kN/m <sup>2</sup>

Beban hidup pada lantai : q<sub>LL</sub> = 2,5 kN/m<sup>2</sup>

### 3.6.1. Perencanaan pelat atap satu arah

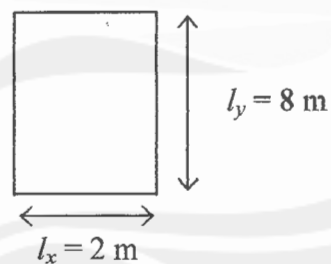
$$Q_{dl} \text{ atap} = 3,45 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{ll} \text{ atap} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 \cdot Q_{dl} + 1,6 \cdot Q_{ll} \\ &= (1,2 \cdot 3,45) + (1,6 \cdot 1) \\ &= 5,74 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{8}{2} = 4 > 2 \rightarrow \text{pelat satu arah}$$

type 1



Tebal pelat 100 mm, diameter tulangan utama 10 mm, diameter tulangan pembagi 8 mm dan selimut beton 20 mm.

$$b = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 100 - p - \frac{1}{2} \cdot \phi = 100 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 75 \text{ mm}$$

### 3.6.1.1. Tulangan pelat atap satu arah

- **Momen lapangan**

$$M_u = M_{maks} = \frac{1}{8} \cdot W_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 5,74 \cdot 2^2 = 2,87 \text{ kNm}$$

Syarat penulangan untuk komponen lentur

$$\rho_{min} = 0,002 \leq 300 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{bal 48 PSMI}$$

$$f_y \geq 400 \text{ MPa} \quad (\rho_{min} = 0,0018)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,0538$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0538 = 0,0404$$

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2,87 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 0,64 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f'_c}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,64}{0,85 \cdot 25}} \right] = 0,0027 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho > \rho_{min}; 0,0027 > 0,002$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0027 \cdot 1000 \cdot 75 = 202,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi maksimum} = 3 \cdot h = 3 \cdot 100 = 300 \text{ mm} \quad / 500 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan tulangan utama P10 - 250 } (A_s = 314,16 \text{ mm}^2) > 202,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan pembagi: } \rightarrow \text{spasi max } 5 \cdot h \quad / 100 \text{ mm}$$

$$A_s' = 0,002 \cdot 1000 \cdot 75 = 150 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan pembagi P8 - 250 } (A_s = 201,06 \text{ mm}^2) > 150 \text{ mm}^2$$

- **Momen tumpuan**

$$M_u = 0,5. M_{maks} = 0,5. 2,87 = 1,435 \text{ kNm}$$

Syarat penulangan untuk komponen lentur

$$\rho_{min} = 0,002 \leq 300 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,0538 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0538 = 0,0404$$

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,435 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f'_c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,32}{0,85 \cdot 25}} \right] = 0,0013 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{min}; 0,0013 < 0,002$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 1000 \cdot 75 = 150 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi maksimum} = 3 \cdot h = 3 \cdot 100 = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan tulangan utama P10 – 250 } (A_s = 314,16 \text{ mm}^2) > 150 \text{ mm}^2$$

Tulangan pembagi :

$$A_s' = 0,002 \cdot 1000 \cdot 75 = 150 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan pembagi P8 – 250 } (A_s = 201,06 \text{ mm}^2) > 150 \text{ mm}^2$$

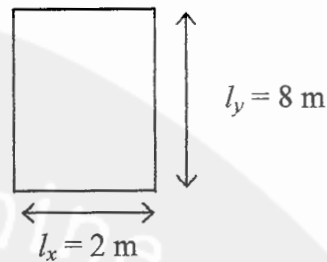
### 3.6.2. Perencanaan pelat lantai satu arah

$$Q_{dl} \text{ lantai} = 4,26 \text{ kN/m}^2$$

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

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 \cdot Q_{dl} + 1,6 \cdot Q_{ll} \\ &= (1,2 \cdot 4,26) + (1,6 \cdot 2,5) \\ &= 9,112 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

type 1



$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{8}{2} = 4 > 2 \rightarrow \text{pelat satu arah}$$

Tebal pelat 120 mm, diameter tulangan utama 10 mm, diameter tulangan pembagi 8 mm dan selimut beton 20 mm.

$$b = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 120 - p - \frac{1}{2} \cdot \phi = 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 95 \text{ mm}$$

#### 3.6.2.1. Tulangan pelat lantai satu arah

- **Momen lapangan**

$$M_u = M_{maks} = \frac{1}{8} \cdot W_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 9,112 \cdot 2^2 = 4,556 \text{ kNm}$$

Syarat penulangan untuk komponen lentur

$$\rho_{min} = 0,002 \leq 300 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,0538 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0538 = 0,0404$$

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{4,556 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot f'_c}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2,0,63}{0,85 \cdot 25}} \right] = 0,0027 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho > \rho_{min}; 0,0027 > 0,002$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0027 \cdot 1000 \cdot 95 = 256,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi maksimum} = 3 \cdot h = 3 \cdot \frac{120}{360} = 300 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan utama P10 – 200 ( $A_s = 392,699 \text{ mm}^2$ )  $> 256,5 \text{ mm}^2$

Tulangan pembagi :

$$A_s' = 0,002 \cdot 1000 \cdot 95 = 190 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan pembagi P8 – 200 ( $A_s = 251,33 \text{ mm}^2$ )  $> 190 \text{ mm}^2$

- **Momen tumpuan**

$$M_u = 0,5 \cdot M_{maks} = 0,5 \cdot 4,556 = 2,278 \text{ kNm}$$

Syarat penulangan untuk komponen lentur

$$\rho_{min} = 0,002 \leq 300 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,0538$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0538 = 0,0404$$

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2,278 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f'_c}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,31}{0,85 \cdot 25}} \right] = 0,0013 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho < \rho_{min}; 0,0013 < 0,002$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,002 \cdot 1000 \cdot 95 = 190 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi maksimum} = 3 \cdot h = 3 \cdot \frac{120}{100} = 360 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan utama P10 – 200 ( $A_s = 392,699 \text{ mm}^2$ )  $> 190 \text{ mm}^2$

Tulangan pembagi :

$$A_s' = 0,002 \cdot 1000 \cdot 95 = 190 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan pembagi P8 – 200 ( $A_s = 251,33 \text{ mm}^2$ )  $> 190 \text{ mm}^2$

$$\frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200 \cdot 200} = 392,699$$

Tabel 3.3. Penulangan pelat atap

Tipe pelat	$l_x$ (m)	$l_y$ (m)	Bagian	$M_u$ (kNm)	k (N/mm <sup>2</sup> )	Rasio penulangan			Tulangan Terpasang		
						$\rho_{min}$	$\rho_{max}$	$\rho$	$\rho_{terpakai}$	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	
A	2	8	tumpuan	1,435	0,32	0,002	0,0404	0,0013	0,002	150	P10-250
			lapangan	2,87	0,64	0,002	0,0404	0,0027	0,0027	202,5	P10-250
B	2	6	tumpuan	1,435	0,32	0,002	0,0404	0,0013	0,002	150	P10-250
			lapangan	2,87	0,64	0,002	0,0404	0,0027	0,0027	202,5	P10-250

Tabel 3.4. Penulangan pelat lantai

Tipe pelat	$l_x$ (m)	$l_y$ (m)	Bagian	$M_u$ (kNm)	k (N/mm <sup>2</sup> )	Rasio penulangan			Tulangan Terpasang		
						$\rho_{min}$	$\rho_{max}$	$\rho$	$\rho_{terpakai}$	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	
A	2	8	tumpuan	2,278	0,31	0,002	0,0404	0,0013	0,002	190	P10-200
			lapangan	4,556	0,63	0,002	0,0404	0,0027	0,0027	256,5	P10-200
B	2,5	8	tumpuan	3,56	0,49	0,002	0,0404	0,0021	0,0021	199,5	P10-100
			lapangan	7,12	0,98	0,002	0,0404	0,0042	0,0042	399	P10-100
C	2	6	tumpuan	2,278	0,31	0,002	0,0404	0,0013	0,002	190	P10-200
			lapangan	4,556	0,63	0,002	0,0404	0,0027	0,0027	256,5	P10-200

302,685

185,39