

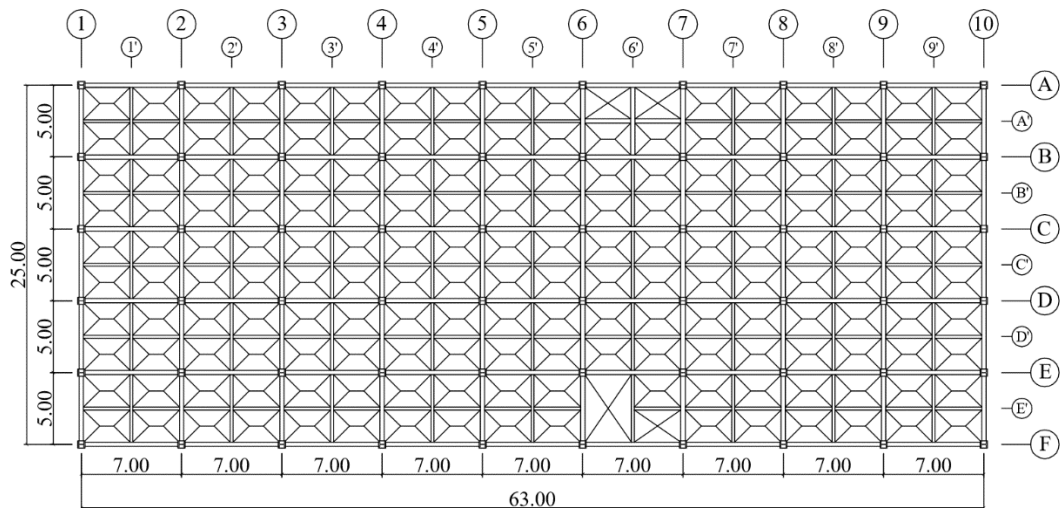
## BAB IV

### PRELIMINARY DESIGN

*Preliminary Design* merupakan langkah awal dalam tahap perencanaan struktur gedung perkantoran civton 10 lantai menggunakan struktur baja sistem rangka bresing eksentrik. *Preliminary design* dilakukan untuk menentukan dimensi setiap komponen struktur baik struktur primer maupun struktur sekunder yang bertujuan agar dimensi yang ditentukan sesuai dengan kebutuhan dan efisien, tidak terlalu besar atau tidak terlalu kecil.

#### 4.1 Perkiraan Dimensi Balok Atap

Dalam perencanaan balok perlu ditinjau mengenai pembebanan plat ekivalen untuk menentukan beban-beban yang bekerja pada balok serta kombinasi pembebanannya. Pada gambar 4.1 merupakan denah plat ekivalen pada atap.



**Gambar 4. 1** Pembebanan Plat Ekivalen Atap

#### Pembebanan pada Plat Atap

Tebal plat atap rencana (tp) = 12 cm

- Perhitungan beban mati pada atap berdasarkan SNI 1727-1989 pasal 2.1.1 Tabel 1  
Beban sendiri plat atap =  $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2 = 288 \text{ kg/m}^2$   
Aspal (1 cm) =  $14 \text{ kg/m}^2$

Plafond + Penggantung	=	$11 \text{ kg/m}^2 + 7 \text{ kg/m}^2$	=	18	$\text{kg/m}^2$
Ducting + Plumbing AC			=	40	$\text{kg/m}^2$
Spesi (2 cm)	=	$0,02 \text{ m} \times 2100 \text{ kg/m}^2$	=	42	$\text{kg/m}^2$
Finishing (1 cm)	=	$0,01 \text{ m} \times 2100 \text{ kg/m}^2$	=	21	$\text{kg/m}^2$
Total Beban Mati Atap			=	423	$\text{kg/m}^2$ +

- Perhitungan Beban Hidup pada Atap

Berdasarkan SNI 1727-2020 Pasal 4.3.1 beban hidup pada bagian atap struktur gedung adalah sebesar  $470 \text{ kg/m}^2$

- Perhitungan Beban Air Hujan pada Atap

Berdasarkan SNI 1727-2020 pasal 8.3 beban hujan diperoleh dengan perumusan berikut

$$R = 0,0098 \times (ds + dh)$$

Dengan asumsi bahwa kedalaman air pada atap (ds) adalah 15 mm, sedangkan tambahan kedalaman air pada atap di atas lubang drainase (dh) adalah 10 mm, maka beban air hujan (R)

$$R = 0,0098 \times (15 + 10) = 0,245 \text{ kN/m}^2 = 24,5 \text{ kg/m}^2$$

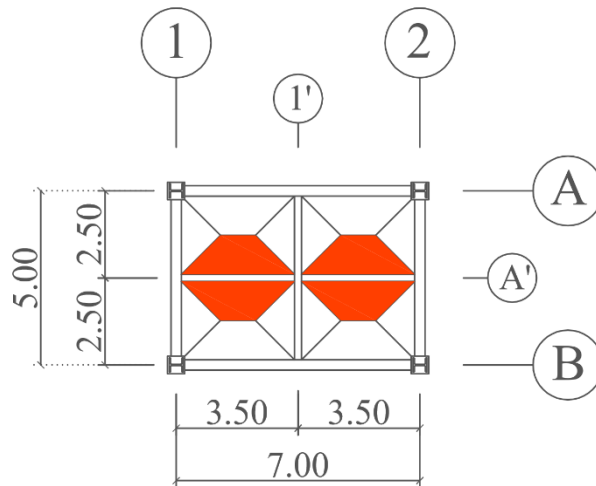
#### 4.1.1 Perkiraan Dimensi Balok Anak Atap

Direncanakan menggunakan profil WF 350.350.14.22 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Berat Profil, W	=	159 kg/m	
Lebar Sayap, bf	=	352 mm	
Tinggi Profil, d	=	356 mm	
Momen Inersia, Ix	=	$47600 \text{ cm}^4 \times 10000$	= $476000000 \text{ mm}^4$
Momen Inersia, Iy	=	$16000 \text{ cm}^4 \times 10000$	= $160000000 \text{ mm}^4$
Jari-jari kelembaman arah x, rx	=	$15,3 \text{ cm} \times 10$	= 153 mm
Jari-jari kelembaman arah y, ry	=	$8,90 \text{ cm} \times 10$	= 89 mm
Zx x $\xi$	=	$2670 \text{ cm}^3 \times 1000 \times (1,5)$	= $4005000 \text{ mm}^3$
Zy x $\xi$	=	$909 \text{ cm}^3 \times 1000 \times (1,5)$	= $1363500 \text{ mm}^3$

## Perhitungan Pembebanan Balok Anak Atap

Balok Anak Atap As A' (1-2) :



**Gambar 4. 2** Pembebanan Plat Ekuivalen Trapesium Balok Anak Atap As A' (1-2)

### Beban Plat Atap Ekuivalen Trapesium pada Balok Anak Atap

$$\text{Beban sendiri balok} = 159 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sendiri plat} &= \left(\frac{1}{2} \times q_d \times L_x\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{L_x}{L_y}\right)^2\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 423 \times 2,5\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{2,5}{3,5}\right)^2\right) \times 2 \\ &= 877,65 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban mati (qD)} &= \text{beban sendiri plat} + \text{beban sendiri balok} \\ &= 877,65 + 159 = 1036,65 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup (qL)} &= \left(\frac{1}{2} \times q_L \times L_x\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{L_x}{L_y}\right)^2\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 470 \times 2,5\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{2,5}{3,5}\right)^2\right) \times 2 \\ &= 975,17 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban air hujan} &= \left(\frac{1}{2} \times R \times L_x\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 24,5 \times 2,5\right) \times 2 \\ &= 61,25 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

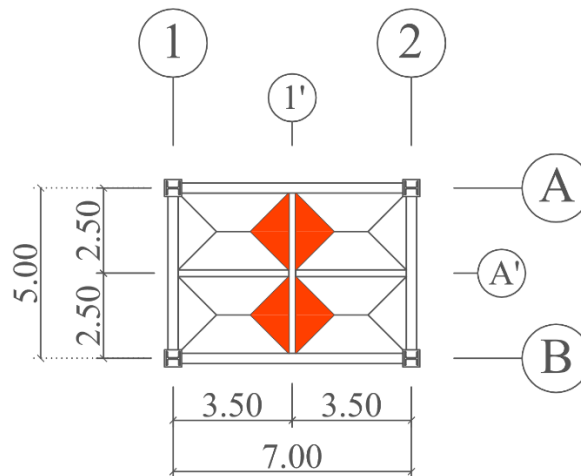
Beban kombinasi (qU) :

$$\begin{aligned}qU &= 1,2D + 1,6L + 0,5 (A \text{ atau } R) \\ &= 1,2(1036,65) + 1,6(975,17) + 0,5(61,25) \\ &= 2834,88 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban terpusat balok anak atap As 1' (A-B)

$$\begin{aligned}P &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 2834,88 \times 7\right) \\ &= 9922,08 \text{ kg}\end{aligned}$$

**Balok Anak Atap As 1' (A-B)**



**Gambar 4. 3** Pembebanan Plat Ekuivalen Segitiga Balok Anak Atap As 1' (A-B)

Beban Plat Atap Ekuivalen Segitiga pada Balok Anak Atap

Berat sendiri balok = 44,1 kg/m

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri plat} &= \left(\frac{1}{3} \times qD \times Lx\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{3} \times 423 \times 2,5\right) \times 2 \\ &= 705 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total beban mati (qD)} &= \text{berat sendiri plat} + \text{berat sendiri balok} \\ &= 705 \text{ kg/m} + 159 \text{ kg/m} \\ &= 864 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

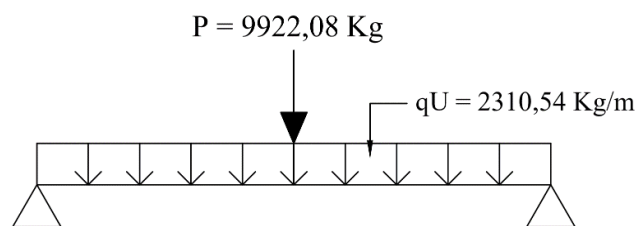
$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup (qL)} &= \left(\frac{1}{3} \times qL \times Lx\right) \times 2 \\
 &= \left(\frac{1}{3} \times 470 \times 2,5\right) \times 2 \\
 &= 783,33 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban air hujan} &= \left(\frac{1}{3} \times qR \times Lx\right) \times 2 \\
 &= \left(\frac{1}{3} \times 24,5 \times 2,5\right) \times 2 \\
 &= 40,83 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban kombinasi qU :

$$\begin{aligned}
 qU &= 1,2D + 1,6L + 0,5 (A \text{ atau } R) \\
 &= 1,2(864) + 1,6(783,33) + 0,5(40,83) \\
 &= 2310,54 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Pembebanan balok anak atap dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut :



**Gambar 4. 4** Pembebanan Balok Anak Atap

Momen maksimum (Mux)

$$\begin{aligned}
 Mux &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 + \frac{1}{4} \times P \times L\right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 2310,54 \times 5^2 + \frac{1}{4} \times 9922,08 \times 5\right) \\
 &= 19623,04 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Geser Maksimum (Vux)

$$\begin{aligned}
 Vux &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) + \left(\frac{1}{2} \times P\right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \times 2310,54 \times 5\right) + \left(\frac{1}{2} \times 9922,08\right) \\
 &= 10737,39 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### Menentukan dimensi profil balok

Diasumsikan profil WF adalah penampang kompak, dengan syarat:

$$M_{ux} < \phi M_{nx}$$

$$M_{ux} < \phi Z_x \times F_y$$

$$Z_x \text{ perlu} > \frac{M_{ux}}{F_y} = \frac{19623,04 \times 10^4}{250} = 784921,6 \text{ mm}^3$$

Maka diperoleh,  $Z_x \text{ profil } 4005000 \text{ mm}^3 > Z_x \text{ perlu } 784921,6 \text{ mm}^3$  (OK)

Direncanakan menggunakan profil WF 350.350.14.22

### Periksa Kelangsingan Penampang

Periksa kelangsingan penampang berdasarkan pada peraturan SNI 1729-2020 Tabel B4.1b

Sayap penampang :

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{352}{2 \times 22} = 8 < \lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (penampang kompak)

Badan penampang :

$$h = d - 2 \times (r + t_f) = 356 - 2 \times (20 + 22) = 272 \text{ mm}$$

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{14} = 19,43 < \lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (Penampang kompak)

### Periksa Kuat Lentur Nominal $M_{nx}$

Profil WF merupakan penampang kompak, maka kuat lentur nominal dapat ditentukan dengan :

$$M_{nx} = M_{px}$$

$$M_{px} = F_y \times Z_x = 250 \times 4005000 = 1001250000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Maka } \phi M_{nx} = 0,9 \times 1001250000 = 901125000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ux} \text{ profil} = 901125000 \text{ Nmm} > M_{ux} \text{ beban} = 196230400 \text{ Nmm}$$

(OK)

### Periksa Kuat Geser Nominal $V_n$

Berdasarkan peraturan SNI 1729-2020 bab G2.1 perumusan untuk kuat geser nominal:

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1}$$

Untuk semua komponen struktur profil I lain dan kanal dan balok dianggap tanpa pengaku transversal, maka  $K_v = 5,34$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{K_v \times \frac{E}{F_y}} \right)$$

$$\frac{272}{14} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{5,34 \times \frac{200000}{250}} \right)$$

$$19,43 \leq 71,90$$

Nilai  $C_{v1}$  diperoleh = 1,0

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1} \\ &= 0,6 \times 250 \times (356 \times 14) \times 1,0 \\ &= 747600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 747600 = 672840 \text{ N}$$

$$\text{Syarat} = \phi \times V_n > V_{ux}$$

$$V_{ux} \text{ profil} = 672840 \text{ N} > V_{ux} \text{ beban} = 107373,9 \text{ N (OK)}$$

Maka profil WF 350.350.14.22 mampu untuk menahan momen dan geser dan dapat digunakan sebagai balok anak atap.

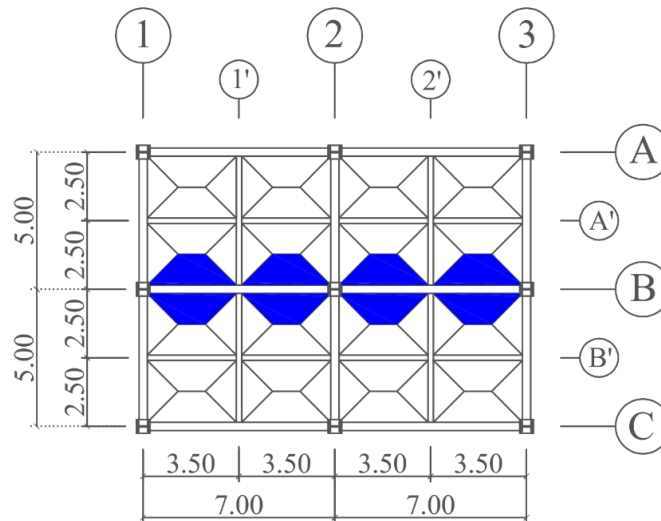
#### 4.1.2 Perkiraan Dimensi Balok Induk Atap

Direncanakan menggunakan profil WF 600.300.14.23 dengan spesifikasi :

Berat profil, W	= 175 kg/m	
Lebar sayap, bf	= 302 mm	
Tinggi profil, d	= 594 mm	
Momen inersia, I <sub>x</sub>	= 137000 cm <sup>4</sup> x 10 <sup>4</sup>	= 1370000000 mm <sup>4</sup>
Momen inersia, I <sub>y</sub>	= 10600 cm <sup>4</sup> x 10 <sup>4</sup>	= 106000000 mm <sup>4</sup>
Jari-jari kelembaman arah x, r <sub>x</sub>	= 24,9 cm x 10	= 249 mm
Jari-jari kelembaman arah y, r <sub>y</sub>	= 6,90 cm x 10	= 69 mm
Z <sub>x</sub> x ξ	= 4620 cm <sup>3</sup> x 1000 x 1,5	= 6930000 mm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub> x ξ	= 701 cm <sup>3</sup> x 1000 x 1,5	= 1065000 mm <sup>3</sup>

## Perhitungan Pembebanan Balok Induk Atap

Balok Induk Atap As B (1 – 2) :



**Gambar 4. 5** Pembebanan Plat Ekuivalen Trapesium Balok Induk Atap As B (1-2)

### Beban Plat Atap Ekuivalen Trapesium pada Balok Induk Atap

$$\text{Beban sendiri balok} = 124 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sendiri plat} &= \left(\frac{1}{2} \times q_d \times L_x\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{L_x}{L_y}\right)^2\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 423 \times 2,5\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{2,5}{3,5}\right)^2\right) \times 2 \\ &= 877,65 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban mati (qD)} &= \text{beban sendiri plat} + \text{beban sendiri balok} \\ &= 877,65 + 175 = 1052,65 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup (qL)} &= \left(\frac{1}{2} \times q_L \times L_x\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{L_x}{L_y}\right)^2\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 470 \times 2,5\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{2,5}{3,5}\right)^2\right) \times 2 \\ &= 975,17 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban air hujan} &= \left(\frac{1}{2} \times R \times L_x\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 24,5 \times 2,5\right) \times 2 \\ &= 61,25 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Beban kombinasi (qU) :

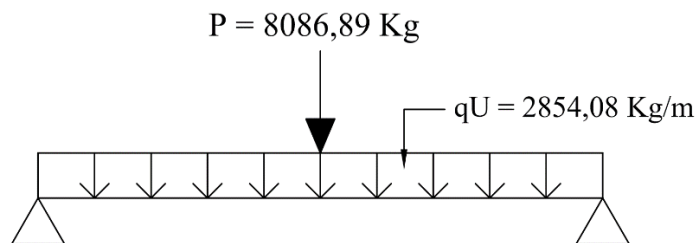
$$\begin{aligned}qU &= 1,2D + 1,6L + 0,5 (A \text{ atau } R) \\&= 1,2(1052,65) + 1,6(975,17) + 0,5(61,25) \\&= 2854,08 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban terpusat balok induk atap As B (1 – 2)

Berdasarkan perhitungan balok anak di atas di dapat qU balok anak atap As 1' = 2310,54 kg/m

$$\begin{aligned}P &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) \\&= \left(\frac{1}{2} \times 2310,54 \times 7\right) \\&= 8086,89 \text{ kg}\end{aligned}$$

Pembebanan balok induk atap As B (1 – 2) dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut :



**Gambar 4. 6** Pembebanan Balok Induk Atap Trapesium

Momen maksimum (Mux)

$$\begin{aligned}Mux &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 + \frac{1}{4} \times P \times L\right) \\&= \left(\frac{1}{8} \times 2854,08 \times 7^2 + \frac{1}{4} \times 8086,89 \times 7\right) \\&= 31633,3 \text{ kgm}\end{aligned}$$

Geser Maksimum (Vux)

$$\begin{aligned}Vux &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) + \left(\frac{1}{2} \times P\right) \\&= \left(\frac{1}{2} \times 2854,08 \times 7\right) + \left(\frac{1}{2} \times 8086,89\right) \\&= 14032,73 \text{ kg}\end{aligned}$$

### Menentukan dimensi profil balok induk atap

Diasumsikan profil WF adalah penampang kompak, dengan syarat:

$$M_{ux} < \phi M_{nx}$$

$$M_{ux} < \phi Z_x \times F_y$$

$$Z_x \text{ perlu} > \frac{M_{ux}}{F_y} = \frac{31633,3 \times 10^4}{250} = 1265332 \text{ mm}^3$$

Maka diperoleh,  $Z_x$  profil  $6930000 \text{ mm}^3 > Z_x \text{ perlu } 1265332 \text{ mm}^3$  (OK)

Direncanakan menggunakan profil WF 600.300.14.23

### Periksa Kelangsingan Penampang

Periksa kelangsingan penampang berdasarkan pada peraturan SNI 1729-2020 Tabel B4.1b

Sayap penampang :

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{302}{2 \times 23} = 6,57 < \lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (penampang kompak)

Badan penampang :

$$h = d - 2 \times (r + t_f) = 594 - 2 \times (28 + 23) = 584 \text{ mm}$$

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w} = \frac{584}{14} = 41,71 < \lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (Penampang kompak)

### Periksa Kuat Lentur Nominal $M_{nx}$

Profil WF merupakan penampang kompak, maka kuat lentur nominal dapat ditentukan dengan :

$$M_{nx} = M_{px}$$

$$M_{px} = F_y \times Z_x = 250 \times 6930000 = 1732500000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Maka } \phi \times M_{nx} = 0,9 \times 1732500000 = 1559250000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ux} \text{ profil} = 1559250000 \text{ Nmm} > M_{ux} \text{ beban} = 316333000 \text{ Nmm}$$

(OK)

### Periksa Kuat Geser Nominal $V_n$

Berdasarkan peraturan SNI 1729-2020 bab G2.1 perumusan untuk kuat geser nominal adalah :

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1}$$

Untuk semua komponen struktur profil I lain dan kanal dan balok dianggap tanpa pengaku transversal, maka  $K_v = 5,34$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{K_v \times \frac{E}{F_y}} \right)$$

$$\frac{584}{14} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{5,34 \times \frac{200000}{250}} \right)$$

$$41,71 \leq 71,90$$

Nilai  $C_{v1}$  diperoleh = 1,0

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1} \\ &= 0,6 \times 250 \times (594 \times 14) \times 1,0 \\ &= 1247400 \text{ N} \end{aligned}$$

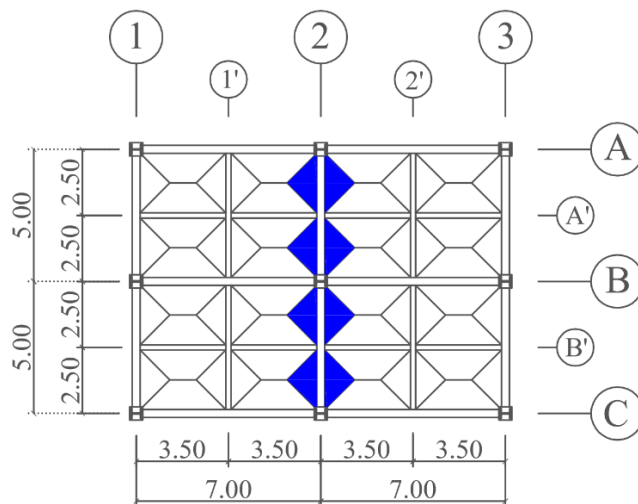
$$\phi \times V_n = 0,9 \times 1247400 = 1122660 \text{ N}$$

$$\text{Syarat} = \phi \times V_n > V_{ux}$$

$$V_{ux} \text{ profil} = 1122660 \text{ N} > V_{ux} \text{ beban} = 140327,3 \text{ N (OK)}$$

Maka profil WF 600.300.14.23 mampu untuk menahan momen dan geser dan dapat digunakan sebagai balok induk atap.

### Balok Induk Atap As 2, (A-B)



**Gambar 4. 7** Pembebanan Plat Ekuivalen Segitiga Balok Induk Atap As 2 (A-B)

### Beban Plat Atap Ekuivalen Segitiga pada Balok Induk Atap

$$\text{Berat sendiri balok} = 175 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri plat} &= \left(\frac{1}{3} \times qD \times Lx\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{3} \times 423 \times 2,5\right) \times 2 \\ &= 705 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total beban mati (qD)} &= \text{berat sendiri plat} + \text{berat sendiri balok} \\ &= 705 \text{ kg/m} + 175 \text{ kg/m} \\ &= 880 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban hidup (qL)} &= \left(\frac{1}{3} \times qL \times Lx\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{3} \times 470 \times 2,5\right) \times 2 \\ &= 783,33 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban air hujan} &= \left(\frac{1}{3} \times qR \times Lx\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{3} \times 24,5 \times 2,5\right) \times 2 \\ &= 40,83 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban kombinasi qU :

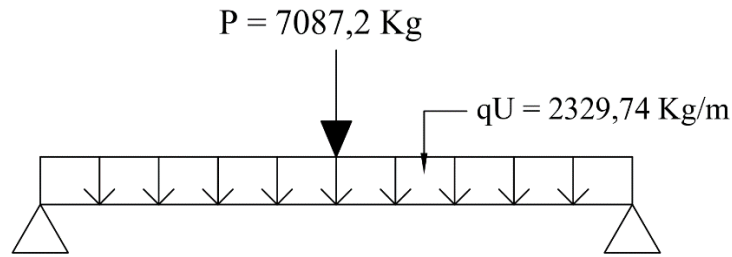
$$\begin{aligned}qU &= 1,2D + 1,6L + 0,5 (A \text{ atau } R) \\ &= 1,2(880) + 1,6(783,33) + 0,5(40,83) \\ &= 2329,74 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban terpusat balok induk As 2 (A – B)

Berdasarkan perhitungan balok anak di atas di dapat qU balok anak atap As A' = 2834,88 kg/m

$$\begin{aligned}P &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 2834,88 \times 5\right) \\ &= 7087,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Pembebanan balok induk atap dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut :



**Gambar 4. 8** Pembebanan Balok Induk Atap Segitiga

Momen maksimum ( $M_{ux}$ )

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 + \frac{1}{4} \times P \times L\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 2329,74 \times 5^2 + \frac{1}{4} \times 7087,2 \times 5\right) \\ &= 16139,44 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Geser Maksimum ( $V_{ux}$ )

$$\begin{aligned} V_{ux} &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) + \left(\frac{1}{2} \times P\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 2329,74 \times 5\right) + \left(\frac{1}{2} \times 7087,2\right) \\ &= 9367,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

### **Menentukan dimensi profil balok induk atap**

Diasumsikan profil WF adalah penampang kompak, dengan syarat:

$$M_{ux} < \phi M_{nx}$$

$$M_{ux} < \phi Z_x \times f_y$$

$$Z_x \text{ perlu} > \frac{M_{ux}}{F_y} = \frac{16139,44 \times 10^4}{250} = 645577,6 \text{ mm}^3$$

Maka diperoleh,  $Z_x$  profil  $6930000 \text{ mm}^3 > Z_x \text{ perlu } 645577,6 \text{ mm}^3$  (OK)

Direncanakan menggunakan profil WF 600.300.14.23

### **Periksa Kelangsingan Penampang**

Periksa kelangsingan penampang berdasarkan pada peraturan SNI 1729-2020 Tabel B4.1b

Sayap penampang :

$$\lambda_f = \frac{bf}{2 \times tf} = \frac{302}{2 \times 23} = 6,57 < \lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (penampang kompak)

Badan penampang :

$$h = d - 2 \times (r + tf) = 594 - 2 \times (28 + 23) = 584 \text{ mm}$$

$$\lambda_f = \frac{h}{tw} = \frac{584}{14} = 41,71 < \lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (Penampang kompak)

### Periksa Kuat Lentur Nominal $M_{nx}$

Profil WF merupakan penampang kompak, maka kuat lentur nominal dapat ditentukan dengan :

$$M_{nx} = M_{px}$$

$$M_{px} = F_y \times Z_x = 250 \times 6930000 = 1732500000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Maka } = \phi \times M_{nx} = 0,9 \times 1732500000 = 1559250000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ux} \text{ profil} = 1559250000 \text{ Nmm} > M_{ux} \text{ beban} = 161394400 \text{ Nmm}$$

(OK)

### Periksa Kuat Geser Nominal $V_n$

Berdasarkan peraturan SNI 1729-2020 bab G2.1 perumusan untuk kuat geser nominal adalah :

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1}$$

Untuk semua komponen struktur profil I lain dan kanal dan balok dianggap tanpa pengaku transversal, maka  $K_v = 5,34$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{K_v \times \frac{E}{F_y}} \right)$$

$$\frac{584}{14} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{5,34 \times \frac{200000}{250}} \right)$$

$$41,71 \leq 71,90$$

Nilai  $C_{v1}$  diperoleh = 1,0

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1} \\ &= 0,6 \times 250 \times (594 \times 14) \times 1,0 \\ &= 1247400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset \times V_n = 0,9 \times 1247400 = 1122660 \text{ N}$$

$$\text{Syarat} = \emptyset \times V_n > V_{ux}$$

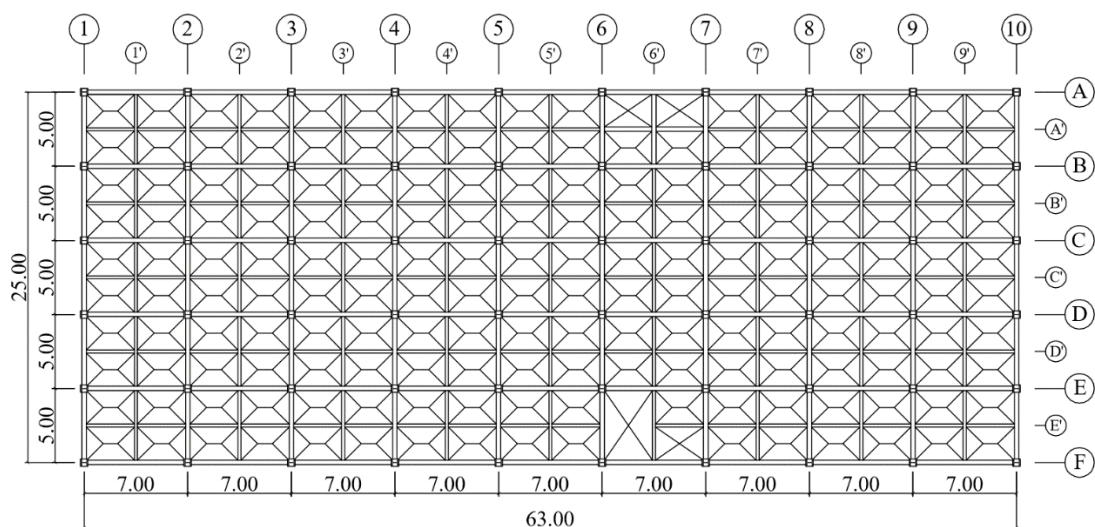
$$V_{ux} \text{ profil} = 1122660 \text{ N} > V_{ux} \text{ beban} = 93679,5 \text{ N (OK)}$$

Maka profil WF 600.300.14.23 mampu untuk menahan momen dan geser dan dapat digunakan sebagai balok induk atap.

#### 4.2 Perkiraan Dimensi Balok Lantai

Dalam perencanaan balok perlu ditinjau mengenai pembebanan plat ekuivalen untuk menentukan beban-beban yang bekerja pada balok serta kombinasi pembebanannya.

Pada gambar merupakan denah plat ekivalen pada lantai.



**Gambar 4. 9** Pembebanan Plat Ekuivalen Lantai

#### Pembebanan pada Plat Lantai

$$\text{Tebal rencana plat lantai, } t_p = 12 \text{ cm}$$

Beban Mati (SNI 1727-1989 pasal 2.1.1 Tabel 1)

Beban sendiri plat	$= 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 288 \text{ kg/m}^2$
Plafond + Penggantung	$= 11 \text{ kg/m}^2 + 7 \text{ kg/m}^2$	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Ducting AC		$= 40 \text{ kg/m}^2$
Keramik (1 cm)		$= 24 \text{ kg/m}^2$
Spesi (2 cm)	$= 0,02 \text{ m} \times 21 \text{ kg/m}^2$	$= 42 \text{ kg/m}^2$
Pasangan batako 10 cm		$= 120 \text{ kg/m}^2$
	<hr/>	
	Total beban mati (qD)	$= 532 \text{ kg/m}^2$ +

### Beban Hidup Plat (qL)

Berdasarkan SNI 1727-2020 pasal 4.3.1 Tabel 4.3-1 beban hidup untuk gedung perkantoran adalah sebesar  $479 \text{ kg/m}^2$

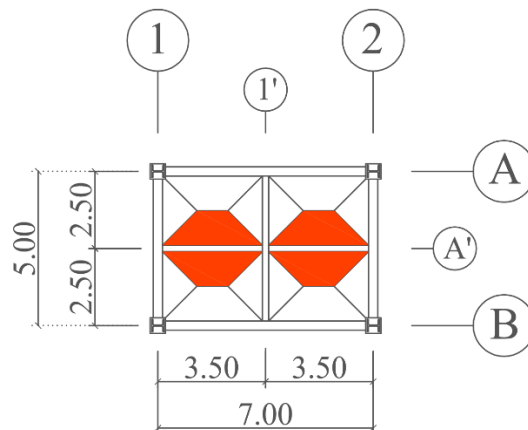
#### **4.2.1 Perkiraan Dimensi Balok Anak Lantai**

Direncanakan menggunakan profil WF 350.350.14.22 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Berat Profil, W	= 159 kg/m	
Lebar Sayap, bf	= 352 mm	
Tinggi Profil, d	= 356 mm	
Momen Inersia, Ix	= $47600 \text{ cm}^4 \times 10000$	= $476000000 \text{ mm}^4$
Momen Inersia, Iy	= $16000 \text{ cm}^4 \times 10000$	= $160000000 \text{ mm}^2$
Jari-jari kelembaman arah x, rx	= $15,3 \text{ cm} \times 10$	= 153 mm
Jari-jari kelembaman arah y, ry	= $8,90 \text{ cm} \times 10$	= 89 mm
Zx x $\xi$	= $2670 \text{ cm}^3 \times 1000 \times (1,5)$	= $4005000 \text{ mm}^3$
Zy x $\xi$	= $909 \text{ cm}^3 \times 1000 \times (1,5)$	= $1363500 \text{ mm}^3$

#### **Perhitungan Pembebanan Balok Anak Lantai**

**Balok Anak Lantai As A' (1-2) :**



**Gambar 4. 10** Pembebanan Plat Ekuivalen Trapesium Balok Anak Lantai

### Beban Plat Atap Ekuivalen Trapesium pada Balok Anak Lantai

Beban sendiri balok = 159 kg/m



$$\begin{aligned} \text{Beban sendiri plat} &= \left(\frac{1}{2} \times q_d \times L_x\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{L_x}{L_y}\right)^2\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 532 \times 2,5\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{2,5}{3,5}\right)^2\right) \times 2 \\ &= 1103,81 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban mati (qD)} &= \text{beban sendiri plat} + \text{beban sendiri balok} \\ &= 1103,81 + 159 = 1262,81 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup (qL)} &= \left(\frac{1}{2} \times q_L \times L_x\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{L_x}{L_y}\right)^2\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 479 \times 2,5\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{2,5}{3,5}\right)^2\right) \times 2 \\ &= 993,84 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

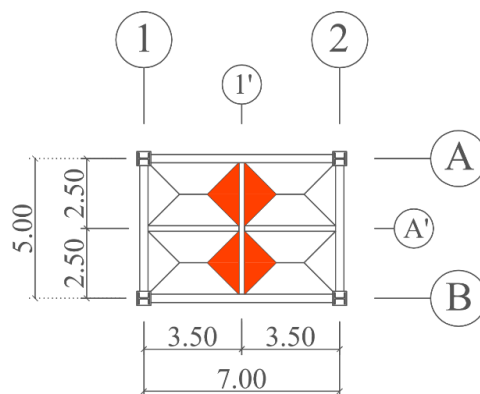
Beban kombinasi (qU) :

$$\begin{aligned} qU &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2(1262,81) + 1,6(993,84) \\ &= 3105,52 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat balok anak lantai As 1' (A-B)

$$\begin{aligned} P &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 3105,52 \times 7\right) \\ &= 10869,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Balok Anak Lantai As 1' (A-B)**



**Gambar 4. 11** Pembebanan Plat Ekuivalen Balok Anak Lantai

### Beban Plat Lantai Ekuivalen Segitiga pada Balok Anak Lantai

$$\text{Berat sendiri balok} = 159 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri plat} &= \left(\frac{1}{3} \times qD \times Lx\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{3} \times 532 \times 2,5\right) \times 2 \\ &= 886,6 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

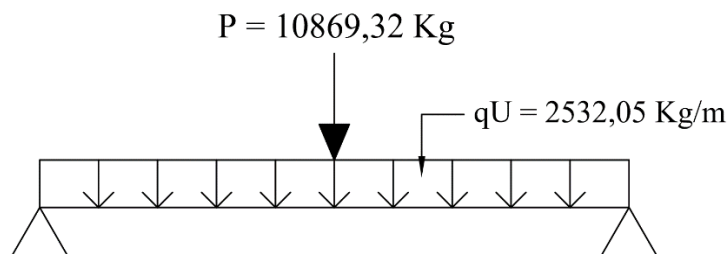
$$\begin{aligned}\text{Total beban mati (qD)} &= \text{berat sendiri plat} + \text{berat sendiri balok} \\ &= 886,6 \text{ kg/m} + 159 \text{ kg/m} \\ &= 1045,6 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban hidup (qL)} &= \left(\frac{1}{3} \times qL \times Lx\right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{3} \times 479 \times 2,5\right) \times 2 \\ &= 798,33 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban kombinasi qU :

$$\begin{aligned}qU &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2(1045,6) + 1,6(798,33) \\ &= 2532,05 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Pembebanan balok anak atap dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut :



**Gambar 4. 12** Pembebanan Balok Anak Lantai

Momen maksimum (Mux)

$$\begin{aligned}Mux &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 + \frac{1}{4} \times P \times L\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 2532,05 \times 5^2 + \frac{1}{4} \times 10869,32 \times 5\right) \\ &= 21499,31 \text{ kgm}\end{aligned}$$

Geser Maksimum ( $V_{ux}$ )

$$\begin{aligned} V_{ux} &= \left(\frac{1}{2} \times q_U \times L\right) + \left(\frac{1}{2} \times P\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 2532,05 \times 5\right) + \left(\frac{1}{2} \times 10869,32\right) \\ &= 11764,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Menentukan dimensi profil balok

Diasumsikan profil WF adalah penampang kompak, dengan syarat:

$$M_{ux} < \phi M_{nx}$$

$$M_{ux} < \phi Z_x \times F_y$$

$$Z_x \text{ perlu} > \frac{M_{ux}}{F_y} = \frac{21499,31 \times 10^4}{250} = 859972,4 \text{ mm}^3$$

Maka diperoleh,  $Z_x \text{ profil } 4005000 \text{ mm}^3 > Z_x \text{ perlu } 859972,4 \text{ mm}^3$  (OK)

Direncanakan menggunakan profil WF 350.350.14.22

### Periksa Kelangsingan Penampang

Periksa kelangsingan penampang berdasarkan pada peraturan SNI 1729-2020 Tabel B4.1b

Sayap penampang :

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{352}{2 \times 22} = 8 < \lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (penampang kompak)

Badan penampang :

$$h = d - 2 \times (r + t_f) = 356 - 2 \times (20 + 22) = 272 \text{ mm}$$

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{14} = 19,43 < \lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (Penampang kompak)

### Periksa Kuat Lentur Nominal $M_{nx}$

Profil WF merupakan penampang kompak, maka kuat lentur nominal dapat ditentukan dengan :

$$M_{nx} = M_{px}$$

$$M_{px} = F_y \times Z_x = 250 \times 4005000 = 1001250000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Maka } \phi \times M_{nx} = 0,9 \times 1001250000 = 901125000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ux} \text{ profil} = 901125000 \text{ Nmm} > M_{ux} \text{ beban} = 214993100 \text{ Nmm}$$

(OK)

### Periksa Kuat Geser Nominal $V_n$

Berdasarkan peraturan SNI 1729-2020 bab G2.1 perumusan untuk kuat geser nominal adalah :

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1}$$

Untuk semua komponen struktur profil I lain dan kanal dan balok dianggap tanpa pengaku transversal, maka  $K_v = 5,34$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{K_v \times \frac{E}{F_y}} \right)$$

$$\frac{272}{14} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{5,34 \times \frac{200000}{250}} \right)$$

$$19,43 \leq 71,90$$

Nilai  $C_{v1}$  diperoleh = 1,0

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1} \\ &= 0,6 \times 250 \times (356 \times 14) \times 1,0 \\ &= 747600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 747600 = 672840 \text{ N}$$

$$\text{Syarat} = \phi \times V_n > V_{ux}$$

$$V_{ux} \text{ profil} = 672840 \text{ N} > V_{ux} \text{ beban} = 117647,9 \text{ N (OK)}$$

Maka profil WF 350.350.14.22 mampu untuk menahan momen dan geser dan dapat digunakan sebagai balok anak lantai.

### 4.2.2 Perkiraan Dimensi Balok Induk Lantai

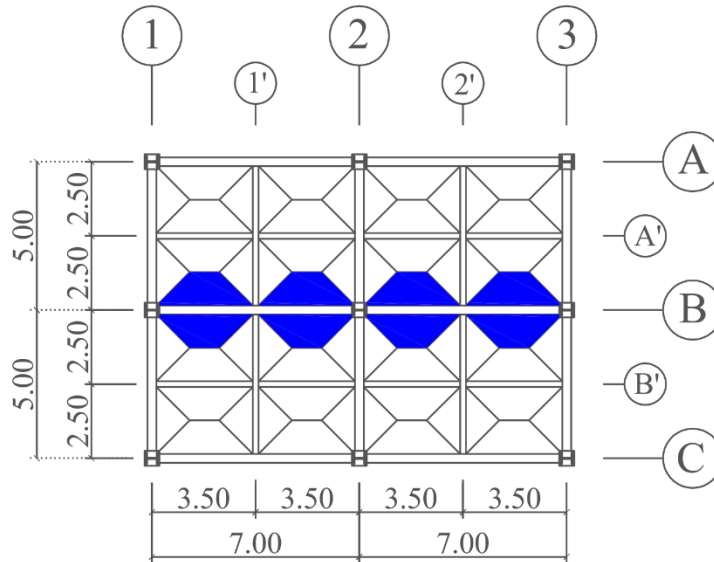
Direncanakan menggunakan profil WF 600.300.14.23 dengan spesifikasi :

Berat profil, W	= 175 kg/m	
Lebar sayap, bf	= 302 mm	
Tinggi profil, d	= 594 mm	
Momen inersia, $I_x$	= $137000 \text{ cm}^4 \times 10^4$	= $1370000000 \text{ mm}^4$
Momen inersia, $I_y$	= $10600 \text{ cm}^4 \times 10^4$	= $106000000 \text{ mm}^4$
Jari-jari kelembaman arah x, $r_x$	= 24,9 cm x 10	= 249 mm

Jari-jari kelembaman arah y, $r_y$	= 6,90 cm x 10	= 69 mm
$Z_x \times \xi$	= 4620 cm <sup>3</sup> x 1000 x 1,5	= 6930000 mm <sup>3</sup>
$Z_y \times \xi$	= 701 cm <sup>3</sup> x 1000 x 1,5	= 1065000 mm <sup>3</sup>

### Perhitungan Pembebanan Balok Induk Lantai

**Balok Induk Lantai As B (1 – 2) :**



**Gambar 4. 13** Pembebanan Plat Ekuivalen Trapesium Balok Induk Lantai

### Beban Plat Atap Ekuivalen Trapesium pada Balok Induk Lantai

Beban sendiri balok = 175 kg/m

Beban sendiri plat

$$= \left(\frac{1}{2} \times q_d \times L_x\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{L_x}{L_y}\right)^2\right) \times 2$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times 532 \times 2,5\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{2,5}{3,5}\right)^2\right) \times 2$$

$$= 1103,81 \text{ kg/m}$$

Total beban mati (qD) = beban sendiri plat + beban sendiri balok

$$= 1103,81 + 175 = 1278,81 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (qL)

$$= \left(\frac{1}{2} \times q_L \times L_x\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{L_x}{L_y}\right)^2\right) \times 2$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times 479 \times 2,5\right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{2,5}{3,5}\right)^2\right) \times 2$$

$$= 993,84 \text{ kg/m}$$

Beban kombinasi (qU) :

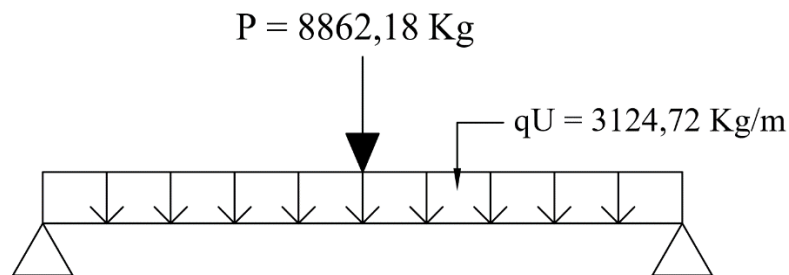
$$\begin{aligned}qU &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2(1278,81) + 1,6(993,84) \\ &= 3124,72 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban terpusat balok induk lantai As B (1 – 2)

Berdasarkan perhitungan balok anak di atas di dapat qU balok anak lantai As 1' = 2532,05 kg/m

$$\begin{aligned}P &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 2532,05 \times 7\right) \\ &= 8862,18 \text{ kg}\end{aligned}$$

Pembebanan balok induk lantai As B (1 – 2) dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut :



**Gambar 4. 14** Pembebanan Balok Induk Lantai Trapesium

Momen maksimum (Mux)

$$\begin{aligned}Mux &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 + \frac{1}{4} \times P \times L\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 3124,72 \times 7^2 + \frac{1}{4} \times 8862,18 \times 7\right) \\ &= 34647,73 \text{ kgm}\end{aligned}$$

Geser Maksimum (Vux)

$$\begin{aligned}Vux &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) + \left(\frac{1}{2} \times P\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 3124,72 \times 7\right) + \left(\frac{1}{2} \times 8862,18\right) \\ &= 15367,61 \text{ kg}\end{aligned}$$

### **Menentukan dimensi profil balok induk lantai**

Diasumsikan profil WF adalah penampang kompak, dengan syarat:

$$Mux < \emptyset Mnx$$

$$M_{ux} < \phi Z_x \times F_y$$

$$Z_x \text{ perlu} > \frac{M_{ux}}{F_y} = \frac{34647,73 \times 10^4}{250} = 1385909,2 \text{ mm}^3$$

Maka diperoleh,  $Z_x$  profil  $6930000 \text{ mm}^3 > Z_x \text{ perlu } 1385909,2 \text{ mm}^3$  (OK)

Direncanakan menggunakan profil WF 600.300.14.23

### Periksa Kelangsingan Penampang

Periksa kelangsingan penampang berdasarkan pada peraturan SNI 1729-2020 Tabel B4.1b

Sayap penampang :

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{302}{2 \times 23} = 6,57 < \lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (penampang kompak)

Badan penampang :

$$h_c = d - 2 \times (r + t_f) = 594 - 2 \times (28 + 23) = 584 \text{ mm}$$

$$\lambda_f = \frac{h_c}{t_w} = \frac{584}{14} = 41,71 < \lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (Penampang kompak)

### Periksa Kuat Lentur Nominal $M_{nx}$

Profil WF merupakan penampang kompak, maka kuat lentur nominal dapat ditentukan dengan :

$$M_{nx} = M_{px}$$

$$M_{px} = F_y \times Z_x = 250 \times 6930000 = 1732500000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Maka } \phi \times M_{nx} = 0,9 \times 1732500000 = 1559250000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ux} \text{ profil} = 1559250000 \text{ Nmm} > M_{ux} \text{ beban} = 346477300 \text{ Nmm (OK)}$$

### Periksa Kuat Geser Nominal $V_n$

Berdasarkan peraturan SNI 1729-2020 bab G2.1 perumusan untuk kuat geser nominal adalah :

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1}$$

Untuk semua komponen struktur profil I lain dan kanal dan balok dianggap tanpa pengaku transversal, maka  $K_v = 5,34$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{K_v \times \frac{E}{F_y}} \right)$$

$$\frac{584}{14} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{5,34 \times \frac{200000}{250}} \right)$$

$$41,71 \leq 71,90$$

Nilai  $C_{v1}$  diperoleh = 1,0

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1} \\ &= 0,6 \times 250 \times (594 \times 14) \times 1,0 \\ &= 1247400 \text{ N} \end{aligned}$$

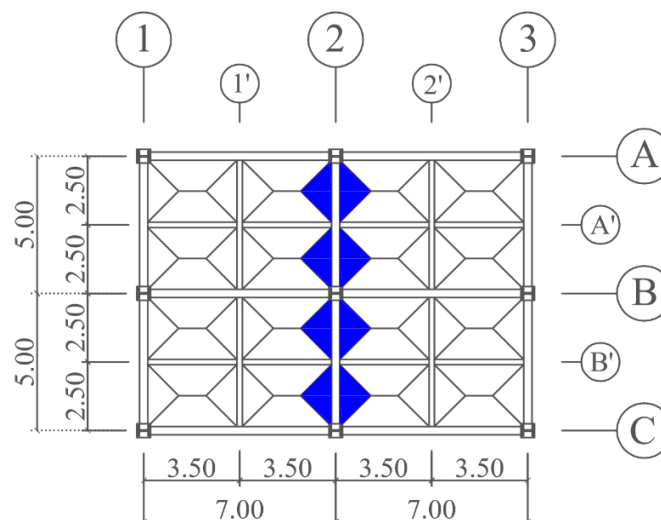
$$\phi \times V_n = 0,9 \times 1247400 = 1122660 \text{ N}$$

Syarat =  $\phi \times V_n > V_{ux}$

$$V_{ux} \text{ profil} = 1122660 \text{ N} > V_{ux} \text{ beban} = 153676,1 \text{ N (OK)}$$

Maka profil WF 600.300.14.23 mampu untuk menahan momen dan geser dan dapat digunakan sebagai balok induk lantai.

#### Balok Induk Lantai As 2, (A-B)



**Gambar 4. 15** Pembebanan Plat Ekuivalen Segitiga Balok Induk Lantai



Beban Plat Atap Ekvivalen Segitiga pada Balok Induk Lantai

Berat sendiri balok = 175 kg/m

Berat sendiri plat =  $(\frac{1}{3} \times qD \times Lx) \times 2$   
=  $(\frac{1}{3} \times 532 \times 2,5) \times 2$   
= 886,67 kg/m

Total beban mati (qD) = berat sendiri plat + berat sendiri balok  
= 886,67 kg/m + 175 kg/m  
= 1061,67 kg/m

Beban hidup (qL) =  $(\frac{1}{3} \times qL \times Lx) \times 2$   
=  $(\frac{1}{3} \times 479 \times 2,5) \times 2$   
= 798,33 kg/m

Beban kombinasi qU :

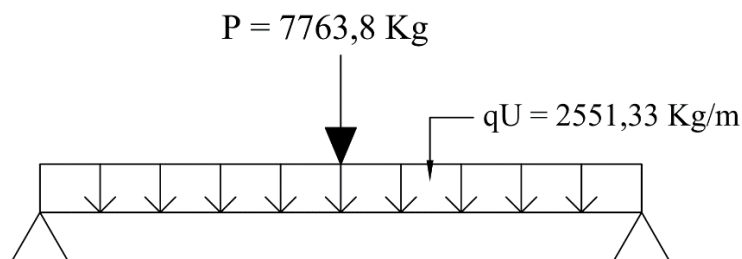
qU = 1,2D + 1,6L  
= 1,2(1061,67) + 1,6(798,33)  
= 2551,33 kg/m

Beban terpusat balok induk As 2 (A – B)

Berdasarkan perhitungan balok anak di atas di dapat qU balok anak lantai As A' = 3105,52 kg/m

P =  $(\frac{1}{2} \times qU \times L)$   
=  $(\frac{1}{2} \times 3105,52 \times 5)$   
= 7763,8 kg

Pembebanan balok induk atap dapat dilihat pada gambar 4.16 berikut :



**Gambar 4. 16** Pembebanan Balok Induk Lantai Segitiga

Momen maksimum (Mux)

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \left(\frac{1}{8} \times qU \times L^2 + \frac{1}{4} \times P \times L\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 2551,33 \times 5^2 + \frac{1}{4} \times 7763,8 \times 5\right) \\ &= 17677,66 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Geser Maksimum (Vux)

$$\begin{aligned} V_{ux} &= \left(\frac{1}{2} \times qU \times L\right) + \left(\frac{1}{2} \times P\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 2551,33 \times 5\right) + \left(\frac{1}{2} \times 7763,8\right) \\ &= 10260,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Menentukan dimensi profil balok induk lantai

Diasumsikan profil WF adalah penampang kompak, dengan syarat:

$$M_{ux} < \emptyset M_{nx}$$

$$M_{ux} < \emptyset Z_x \times F_y$$

$$Z_x \text{ perlu} > \frac{M_{ux}}{F_y} = \frac{17677,66 \times 10^4}{250} = 707106,4 \text{ mm}^3$$

Maka diperoleh,  $Z_x$  profil  $6930000 \text{ mm}^3 > Z_x \text{ perlu } 707106,4 \text{ mm}^3$  (OK)

Direncanakan menggunakan profil WF 600.300.14.23

### Periksa Kelangsingan Penampang

Periksa kelangsingan penampang berdasarkan pada peraturan SNI 1729-2020 Tabel B4.1b

Sayap penampang :

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{302}{2 \times 23} = 6,57 < \lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (penampang kompak)

Badan penampang :

$$h = d - 2 \times (r + t_f) = 594 - 2 \times (28 + 23) = 584 \text{ mm}$$

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w} = \frac{584}{14} = 41,71 < \lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Diperoleh,  $\lambda_f < \lambda_p$  (Penampang kompak)

### Periksa Kuat Lentur Nominal $M_{nx}$

Profil WF merupakan penampang kompak, maka kuat lentur nominal dapat ditentukan dengan :

$$M_{nx} = M_{px}$$

$$M_{px} = F_y \times Z_x = 250 \times 6930000 = 1732500000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Maka } \phi \times M_{nx} = 0,9 \times 1732500000 = 1559250000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ux} \text{ profil} = 1559250000 \text{ Nmm} > M_{ux} \text{ beban} = 176776600 \text{ Nmm (OK)}$$

### Periksa Kuat Geser Nominal $V_n$

Berdasarkan peraturan SNI 1729-2020 bab G2.1 perumusan untuk kuat geser nominal adalah:

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1}$$

Untuk semua komponen struktur profil I lain dan kanal dan balok dianggap tanpa pengaku transversal, maka  $K_v = 5,34$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{K_v \times \frac{E}{F_y}} \right)$$

$$\frac{584}{14} \leq 1,1 \times \left( \sqrt{5,34 \times \frac{200000}{250}} \right)$$

$$41,71 \leq 71,90$$

Nilai  $C_{v1}$  diperoleh = 1,0

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_{v1} \\ &= 0,6 \times 250 \times (594 \times 14) \times 1,0 \\ &= 1247400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 1247400 = 1122660 \text{ N}$$

$$\text{Syarat } = \phi \times V_n > V_{ux}$$

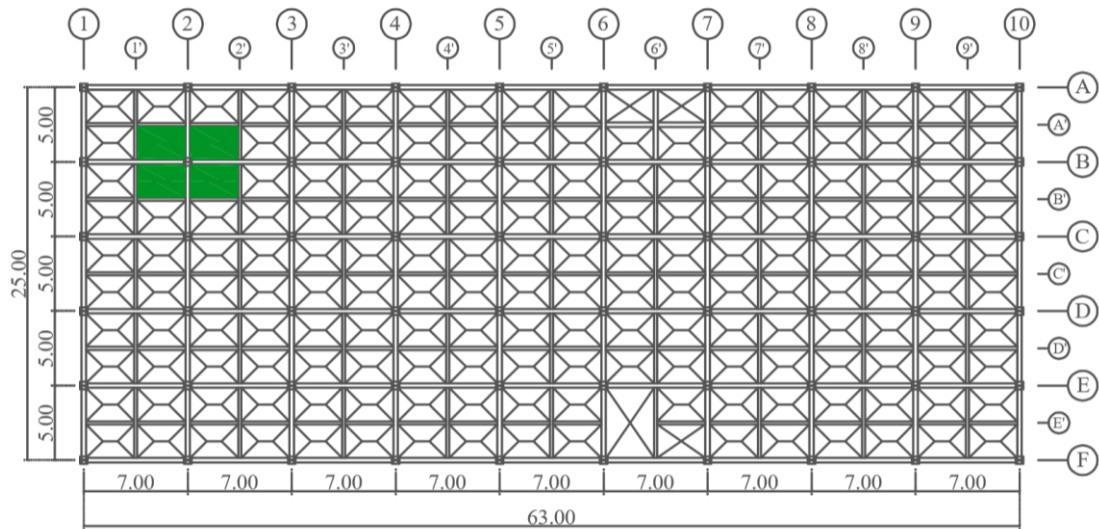
$$V_{ux} \text{ profil} = 1122660 \text{ N} > V_{ux} \text{ beban} = 102602,3 \text{ N (OK)}$$

Maka profil WF 600.300.14.23 mampu untuk menahan momen dan geser dan dapat digunakan sebagai balok induk lantai.

### 4.3 Perkiraan Dimensi Kolom

Beban aksial yang akan ditinjau adalah beban mati dan beban hidup dalam perencanaan kolom, sedangkan beban gempa, beban angin, beban air hujan, dan beban akibat balok

induk diabaikan. Beban aksial yang bekerja pada kolom dianalisa menggunakan *tributary area* dengan penggambaran seperti pada Gambar 4.17



**Gambar 4. 17 Tributary Area Kolom**

#### 4.3.1 Menghitung Gaya Normal Kolom

Dimensi profil WF balok atap

Balok anak arah X = 350.350.14.22

Balok anak arah Y = 350.350.14.22

Balok induk arah X = 600.300.14.23

Balok induk arah Y = 600.300.14.23

Dimensi profil WF balok lantai

Balok anak arah X = 350.350.14.22

Balok anak arah Y = 350.350.14.22

Balok induk arah X = 600.600.14.23

Balok induk arah Y = 600.600.14.23

#### Perhitungan Tributary Area Kolom

##### Perhitungan Lantai 1

$$\begin{aligned} \text{Beban mati (qD)} &= 1103,81 + 886,67 &&= 1990,48 \text{ kg/m} \\ &= (7 \times 1990,48) + (5 \times 1990,48) &&= 23885,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban balok induk arah X} &= 7 \times 175 = 1225 \text{ kg} \\ \text{Beban balok induk arah Y} &= 5 \times 175 = 875 \text{ kg} \\ \text{Beban balok anak arah X} &= 7 \times 159 = 1113 \text{ kg} \\ \text{Beban balok anak arah Y} &= 5 \times 159 = 795 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total beban mati} &= 23885,76 + 1225 + 875 + 1113 + 795 \\ &= 27893,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total beban hidup} &= 993,84 + 798,33 = 1792,17 \text{ kg/m} \\ &= (7 \times 1792,17) + (5 \times 1792,17) = 21506,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan *tributary area* kolom lantai 2 hingga atap menggunakan program bantu Microsoft Excel yang dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4. 1** Perhitungan *Tributary Area* pada Kolom

	Macam Beban	Ukuran		q (kg/m)	Berat (kg)
		X	Y		
Lantai 1	Beban Mati	7	5	1990,48	23885,76
	Beban Hidup	7	5	1792,17	21506,04
	Beban balok induk X	7		175	1225,00
	Beban balok induk Y		5	175	875,00
	Beban balok anak X	7		159	1113,00
	Beban balok anak Y		5	159	795,00
	Total Beban Mati				
Total Beban Hidup					21506,04
Lantai 2	Beban Mati	7	5	1990,48	23885,76
	Beban Hidup	7	5	1792,17	21506,04
	Beban balok induk X	7		175	1225,00
	Beban balok induk Y		5	175	875,00
	Beban balok anak X	7		159	1113,00
	Beban balok anak Y		5	159	795,00
	Total Beban Mati				
Total Beban Hidup					21506,04
Lantai 3	Beban Mati	7	5	1990,48	23885,76
	Beban Hidup	7	5	1792,17	21506,04

	Beban balok induk X	7		175	1225,00
	Beban balok induk Y		5	175	875,00
	Beban balok anak X	7		159	1113,00
	Beban balok anak Y		5	159	795,00
Total Beban Mati					27893,76
Total Beban Hidup					21506,04
Lantai 4	Macam Beban	Ukuran		q (kg/m)	Berat (kg)
		X	Y		
	Beban Mati	7	5	1990,48	23885,76
	Beban Hidup	7	5	1792,17	21506,04
	Beban balok induk X	7		175	1225,00
	Beban balok induk Y		5	175	875,00
	Beban balok anak X	7		159	1113,00
Beban balok anak Y		5	159	795,00	
Total Beban Mati					27893,76
Total Beban Hidup					21506,04
Lantai 5	Macam Beban	Ukuran		q (kg/m)	Berat (kg)
		X	Y		
	Beban Mati	7	5	1990,48	23885,76
	Beban Hidup	7	5	1792,17	21506,04
	Beban balok induk X	7		175	1225,00
	Beban balok induk Y		5	175	875,00
	Beban balok anak X	7		159	1113,00
Beban balok anak Y		5	159	795,00	
Total Beban Mati					27893,76
Total Beban Hidup					21506,04
Lantai 6	Macam Beban	Ukuran		q (kg/m)	Berat (kg)
		X	Y		
	Beban Mati	7	5	1990,48	23885,76
	Beban Hidup	7	5	1792,17	21506,04
	Beban balok induk X	7		175	1225,00
	Beban balok induk Y		5	175	875,00
	Beban balok anak X	7		159	1113,00
Beban balok anak Y		5	159	795,00	
Total Beban Mati					27893,76
Total Beban Hidup					21506,04
Lantai 7	Macam Beban	Ukuran		q (kg/m)	Berat (kg)
		X	Y		
	Beban Mati	7	5	1990,48	23885,76
	Beban Hidup	7	5	1792,17	21506,04
	Beban balok induk X	7		175	1225,00
Beban balok induk Y		5	175	875,00	

	Beban balok anak X	7		159	1113,00
	Beban balok anak Y		5	159	795,00
Total Beban Mati					27893,76
Total Beban Hidup					21506,04
Lantai 8	Macam Beban	Ukuran		q (kg/m)	Berat (kg)
		X	Y		
	Beban Mati	7	5	1990,48	23885,76
	Beban Hidup	7	5	1792,17	21506,04
	Beban balok induk X	7		175	1225,00
	Beban balok induk Y		5	175	875,00
	Beban balok anak X	7		159	1113,00
	Beban balok anak Y		5	159	795,00
Total Beban Mati					27893,76
Total Beban Hidup					21506,04
Lantai 9	Macam Beban	Ukuran		q (kg/m)	Berat (kg)
		X	Y		
	Beban Mati	7	5	1990,48	23885,76
	Beban Hidup	7	5	1792,17	21506,04
	Beban balok induk X	7		175	1225,00
	Beban balok induk Y		5	175	875,00
	Beban balok anak X	7		159	1113,00
	Beban balok anak Y		5	159	795,00
Total Beban Mati					27893,76
Total Beban Hidup					21506,04
Lantai Atap	Macam Beban	Ukuran		q (kg/m)	Berat (kg)
		X	Y		
	Beban Mati	7	5	1582,65	18991,80
	Beban Hidup	7	5	1758,50	21102,00
	Beban balok induk X	7		175	1225,00
	Beban balok induk Y		5	175	875,00
	Beban balok anak X	7		159	1113,00
	Beban balok anak Y		5	159	795,00
Total Beban Mati					22999,80
Total Beban Hidup					21102,00

#### 4.3.2 Menentukan Dimensi Kolom

*Preliminary design* untuk kolom dilakukan menggunakan metode *tributary area* yaitu komponen struktur seperti balok dan plat hanya dibebani setengah bentang. Dipilih area yang paling luas dan bentang balok yang paling panjang sehingga hasil perhitungan didapatkan nilai yang terbesar.

Nilai beban terbesar berdasarkan Tabel 4.1 Perhitungan *tributary area* pada kolom, yaitu:

a. Beban Mati

$$\begin{aligned} D &= \text{beban mati lantai 1 sampai 9} + \text{beban mati atap} \\ &= (27893,76 \times 9) + 22999,80 = 274043,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

$$\begin{aligned} L &= \text{beban hidup lantai 1 sampai 9} + \text{beban hidup atap} \\ &= (21506,04 \times 9) + 21102 = 214656,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban Kombinasi

$$\begin{aligned} N_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2(274043,64) + 1,6(214656,36) \\ &= 672302,54 \text{ kg} \\ &= 6723025,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai momen lentur pada tahap *preliminary design* belum diketahui, maka nilai momen diasumsikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_{u1} &= 10\% \times N_u = 10\% \times 6723025,4 = 672302,54 \text{ N} \\ M_{u2} &= 15\% \times N_u = 15\% \times 6723025,4 = 1008453,81 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan dimensi kolom menggunakan profil HC 70 568.457.70.105 dengan spesifikasi:

Berat profil, W	= 953 kg/m	
Momen Inersia, I <sub>x</sub>	= 551000 cm <sup>4</sup> x 10000	= 5510000000 mm <sup>4</sup>
Momen Inersia, I <sub>y</sub>	= 168000 cm <sup>4</sup> x 10000	= 1680000000 mm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	= 21,3 cm x 10	= 213 mm
r <sub>y</sub>	= 11,8 cm x 10	= 118 mm
Z <sub>x</sub> x ξ	= 19400 cm <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> x 1,5	= 29100000 mm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub> x ξ	= 7360 cm <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> x 1,5	= 11040000 mm <sup>3</sup>
k	= 0,7 (faktor panjang efektif dengan asumsi tahanan ujung kolom sendi-jepit)	



### Aksi Kolom

Periksa kelangsingan kolom (SNI 1726-2019 Pasal E5):

$$L_{kx} = 1,00 \times 4000 = 4000 \text{ mm}$$

$$\lambda_{cx} = \frac{L_{kx}}{r_x} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = \frac{4000}{213} < 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 18,78 < 133,21$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{4000}{213}\right)^2} = 5597,17$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e}\right) \times F_y = \left(0,658 \frac{250}{5597,17}\right) \times 250 = 245,37$$

$$N_n = A_g \times f_{cr} = (1214 \times 100) \times 245,37 = 29787918 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{\phi \times N_n} = \frac{6723025,4}{0,85 \times 29787918} = 0,27 < 0,2 \text{ (dominan aksial)}$$

### Aksi Balok

Periksa kelangsingan penampang berdasarkan pada SNI 1729-2020 Tabel B4.1a)

Sayap penampang :

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{457}{2 \times 105} = 2,18 < \lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

Diperoleh  $\lambda_f < \lambda_p$  (Ok, penampang kompak)

Badan penampang :

$$h = d - 2 \times (r + t_f) = 568 - 2 \times (22 + 105) = 314 \text{ mm}$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{314}{70} = 4,485 < \lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

Diperoleh  $\lambda_w < \lambda_p$  (Ok, penampang kompak)

### Periksa Jarak Pengaku Lateral

Tinggi kolom = 4 m

Rencana pengaku lateral dipasang setiap jarak 2 m,  $L = 2 \text{ m}$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 118 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 5874,08 \text{ mm} = 5,9 \text{ m}$$

Karena jarak pengaku lateral  $L = 2 \text{ m} < L_p = 5,9 \text{ m}$  (termasuk bentang pendek)

### Menentukan Kuat Momen Lentur

Berdasarkan hasil periksa kelangsingan penampang kolom, diperoleh bahwa kolom sebagai penampang kompak. Berdasarkan hasil cek jarak pengaku lateral,

diperoleh bahwa kolom termasuk klasifikasi bentang pendek. Kuat lentur nominal sebagai berikut :

$$M_n = M_p$$

$$M_n = Z_x \times F_y \\ = 29100000 \times 250 = 7275000000 \text{ Nmm}$$

$$Z_x = 29100000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Maka, diperoleh } M_{ux} = \phi_b \times M_{nx} = 0,9 \times 7275000000 = 6547500000 \text{ Nmm}$$

### Pembesaran Momen $\delta_b$

$$\frac{k_x \times L_x}{r_x} = \frac{0,7 \times 4000}{213} = 13,15$$

$$N_{el} = \frac{\pi^2 \times E \times A_g}{\left(\frac{K_1}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200000 \times 12140}{(13,15)^2} = 1386842834,7 \text{ N}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} = 0,6 - 0,4 \frac{672302,54}{1008453,81} = 0,33 < 1 \text{ (OK)}$$

Syarat  $\delta_b \geq 1$  maka diambil  $\delta_b = 1,0$

Pembesaran momen:

$$M_{ux} = M_{ntu} = \delta_b \times M_{u2} = 1,0 \times 1008453,81 = 1008453,81 \text{ Nmm}$$

### Periksa Kolom

Periksa kekuatan kolom dengan rumus :

$$\frac{N_u}{2\phi N_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} \right) \leq 1 \text{ (dominan lentur)}$$

$$\frac{672302,54}{2 \times 0,85 \times 29787918} + \frac{8}{9} \left( \frac{1008453,81}{6547500000} \right) \leq 1$$

$$0,134 \leq 1 \text{ (OK)}$$

Maka, profil baja HC 70 568.457.70.105 dapat digunakan sebagai kolom.