

## BAB IV

### ANALISIS STRUKTUR

#### 4.1 Estimasi Dimensi

Estimasi dimensi merupakan tahapan awal yang dilakukan dengan tujuan merencanakan komponen struktur. Dalam tahapan ini, dilakukan perhitungan yang bersifat pendekatan. Estimasi pada tugas akhir ini meliputi perhitungan pelat lantai, balok, kolom, dan tangga. Perhitungan yang ada disesuaikan dengan syarat – syarat dalam SNI 2847:2013 (Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung).. Ukuran komponen yang digunakan mungkin saja berubah. Namun, harapannya perubahan tersebut tidak akan jauh berbeda dengan estimasinya.

#### 4.2 Perancangan Pelat

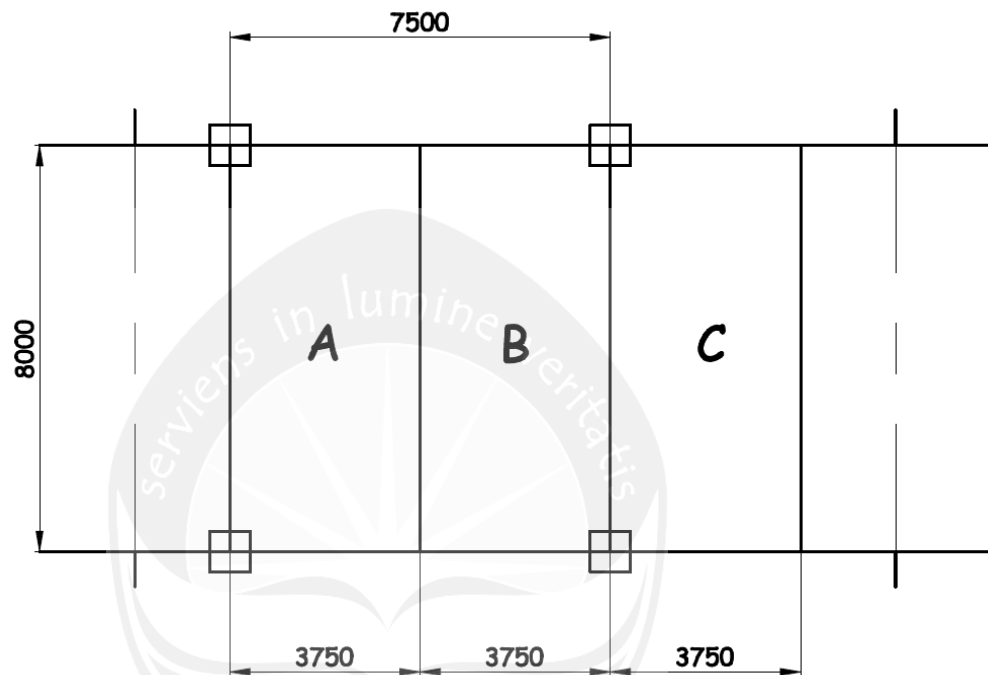
##### 4.2.1 Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai

Berat sendiri pelat	= 0,13 x 24	= 3,12 kN/m <sup>2</sup>
Berat pasir	= 0,03 x 16	= 0,48 kN/m <sup>2</sup>
Berat ubin + spesi 50mm	= 0,05 x 22	= 1,1 kN/ m <sup>2</sup>
Berat Plafond dan Penggantung		= 0,18 kN/m <sup>2</sup>
		<hr/>
	Beban Mati (DL )	= 4,88 kN/m <sup>2</sup>
	Beban Hidup (LL)	= 2,5 kN/m <sup>2</sup>
Beban terfaktor, Wu	= 1,2 DL + 1,6 LL	

$$= 1,2 (4,88) + 1,6 (2,5)$$

$$= 9,856 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u \text{ (beban tiap meter pelat) } = 9,856 \text{ kN/m}$$



Gambar 4.1 Denah Pelat lantai

#### 4.2.2 Perhitungan Pelat Lantai

Direncanakan:

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

$$f_y = 240 \text{ MPa (dia. } \leq 13 \text{ mm)}$$

$$= 420 \text{ MPa (dia. } > 13 \text{ mm)}$$

Menentukan tebal pelat 8000 x 3750 mm<sup>2</sup>

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{8000}{3750} = 2,1333 \geq 2$$

Jadi diasumsikan sebagai pelat satu arah

Bentang pelat (L) = 3750 mm

Untuk dua ujung menerus digunakan rumus :

$$H_{\min} = \frac{1}{28} L \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

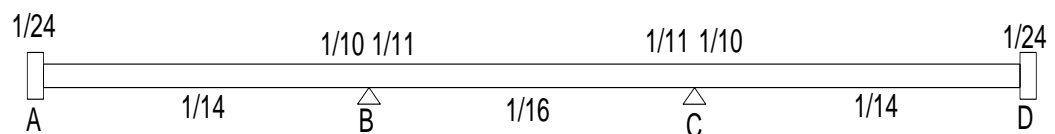
$$H_{\min} = \frac{1}{28} 3750 \left( 0,4 + \frac{240}{700} \right)$$

$$H_{\min} = 116$$

Digunakan pelat lantai dengan tebal = 130 mm

### 4.2.3 Perhitungan Momen Pelat Lantai

Berdasarkan pasal 8.3.3 SNI 2847:2013, koefisien momen pelat 1 arah menerus ( 3 bentang atau lebih ) sebagai berikut :



**Gambar 4. 2** Momen Pelat (3 bentang atau lebih)

$$\text{Mu tump (titik A dan D)} = \frac{1}{24} \times W_u \times L^2 = 5,7750 \text{ kNm}$$

$$\text{Mu tump (titik B dan C)} = \frac{1}{10} \times W_u \times L^2 = 13,8600 \text{ kNm}$$

$$\text{Mu lap. (bentang A-B \& C-D)} = \frac{1}{14} \times W_u \times L^2 = 9,9000 \text{ kNm}$$

$$\text{Mu lap. (bentang B - C)} = \frac{1}{16} \times W_u \times L^2 = 8,6625 \text{ kNm}$$

Momen terbesar yang menentukan adalah 13,8600 kNm

#### 4.2.4 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Digunakan : Tulangan pokok P10 = 78,5 mm<sup>2</sup>

Tulangan susut P8 = 50,3 mm<sup>2</sup>

Selimut beton = 20 mm

Tinggi efektif (d) = tebal pelat – (selimut beton + 0,5 diameter P10)

$$= 130 - (20 + 0,5 \cdot 10) = 105 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

#### Tulangan pokok

$$M_u = 13,86 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_u \cdot 10^6}{0,9 \cdot b \cdot d^2} = \frac{13,86 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 1,3968$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,3968}{0,85 \cdot 25}} \right)$$

$$= 0,00602$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,00602 \times 1000 \times 105 = 632,6360 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan pasal 7.12.2.1 SNI 2847:2013, rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut:

- a. Slab dengan batang tulangan mutu 280 atau 350 = 0,002
- b. Slab dengan batang tuloang mutu 420 = 0,0018

Untuk slab dengan batang tulangan mutu 240 MPa, digunakan  $\rho = 0,002$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \rho_{\text{min}} \times b \times h \\ &= 0,002 \times 1000 \times 130 \\ &= 260 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ min}} \leq A_{s \text{ perlu}}, \text{ digunakan } A_{s \text{ perlu}} = 632,6360 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = \frac{b \cdot A_{s \text{ p10}}}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{1000 \cdot 78,5}{632,6360} = 124,1469 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{b \cdot A_{s \text{ p10}}}{S} \\ &= \frac{1000 \cdot 78,5}{100} \\ &= 785,4 > 632,6360 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan P 10 – 100

### **Tulangan susut**

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 130 = 260 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = \frac{b \cdot A_{s \text{ p8}}}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{1000 \cdot 50,3}{260} = 193,33 \approx 150 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{b \cdot A_{sp8}}{S} = \frac{1000 \cdot 50,3}{150}$$

$$= 335,103 \text{ mm}^2 > 260 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Digunakan P8 – 150

#### 4.2.5 Periksa Kekuatan Pelat

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{785,4 \cdot 240}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 8,87 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{8,87}{0,85} = 10,44 \text{ mm}$$

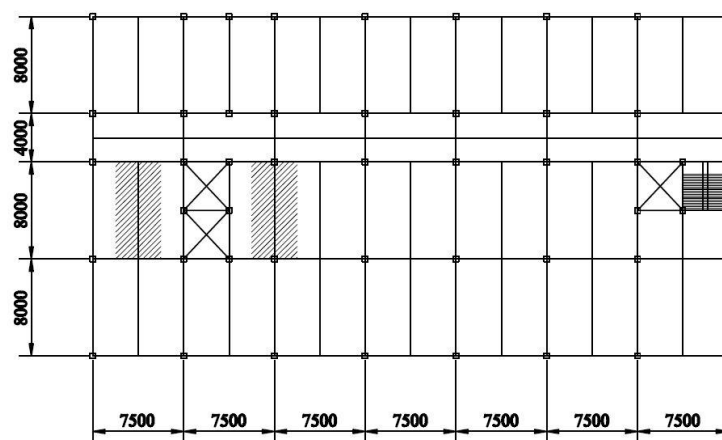
$$\varepsilon_t = \frac{(d-c)}{c} \cdot 0,003 = \frac{(105-10,44)}{10,44} \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_t = 0,0271 \geq 0,005, \text{ penampang terkendali tarik, } \phi = 0,9$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 785,4 \cdot 240 \left( 105 - \frac{8,87}{2} \right) = 18,96 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 18,96 = 17,06 \text{ kNm} > M_u = 16,76 \text{ kNm (OK)}$$

#### 4.3 Perancangan Balok



Gambar 4.3 Tributary Area Balok

### 4.3.1 Pembebanan Balok

#### 1. Beban Rencana Balok Anak

Beban mati		
Berat pelat lantai	$= 0,13 \times 24$	$= 3,12$
Berat pasir	$= 0,03 \times 16$	$= 0,48$
Berat ubin dan spesi	$= 0,05 \times 22$	$= 1,1$
ME		$= 0,2$
Berat plafond dan penggantung		$= 0,18$
$Q_{DL}$		$= 5,08 \text{ kN/m}^2$

#### 2. Beban Rencana Balok Induk

Beban mati		
Berat pelat lantai	$= 0,13 \times 24$	$= 3,12$
Berat pasir	$= 0,03 \times 16$	$= 0,48$
Berat ubin dan spesi	$= 0,05 \times 22$	$= 1,1$
Tembok		$= 2$
ME		$= 0,2$
Berat plafond dan penggantung		$= 0,18$
$Q_{DL}$		$= 7,08 \text{ kN/m}^2$
Beban Hidup untuk lantai tipikal	$Q_{LL} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	

$$\begin{aligned}\text{Beban Terfaktor Balok Anak} &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\ &= 1,2 (5,08) + 1,6 (2,5) = 7,696 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban Terfaktor Balok Induk} &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\ &= 1,2 (7,08) + 1,6 (2,5) = 10,096 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

### Perhitungan Momen Akibat Beban

Berdasarkan pasal 8.3.3 SNI 2847:2013, momen negatif tumpuan ujung kolom (3 bentang atau lebih )

$$M_u = 1/10 (W_u \cdot L^2)$$

a. Balok Anak dengan Panjang 8 m

$$W_u = 3,75 \times 10,096 = 37,86 \text{ kN/m}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 1/10 (37,86 \cdot 8^2) = 242,3040 \text{ kNm}$$

b. Balok Anak dengan panjang 7,5 m

$$W_u = 2 \times 10,096 = 20,192 \text{ kN/m}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 1/10 (20,192 \cdot 7,5^2) = 113,5800 \text{ kNm}$$

c. Balok Induk dengan panjang 8 m

$$W_u = 3,75 \times 12,496 = 46,86 \text{ kN/m}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 1/10 (46,86 \cdot 8^2) = 299,904 \text{ kNm}$$

d. Balok Induk dengan panjang 4 m

$$W_u = 7,5 \times 12,496 = 93,72 \text{ kN/m}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 1/10 (93,72 \cdot 4^2) = 149,952 \text{ kNm}$$



e. Balok Induk dengan panjang 7,5 m

$$W_u = 8 \times 12,496 = 99,97 \text{ kN/m}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 1/10 (99,97 \cdot 7,5^2) = 562,320 \text{ kNm}$$

**Tabel 4.1** Hasil Perhitungan Perkiraan Momen Akibat Beban

Balok yang ditinjau	$M_{u \text{ maks}}$ (kNm)
<b>BALOK ATAP</b>	
Balok Anak bentang 8 m	184,7040
Balok Anak bentang 7,5 m	86,5800
Balok Induk bentang 8 m	242,3040
Balok Induk bentang 4 m	121,1520
Balok Induk bentang 7,5 m	454,320
<b>BALOK LANTAI 1-8</b>	
Balok Anak bentang 8 m	242,3040
Balok Anak bentang 7,5 m	113,5800
Balok Induk bentang 8 m	299,9040
Balok Induk bentang 4 m	149,952
Balok Induk bentang 7,5 m	562,3200
<b>BALOK TIE BEAM/SLOOF</b>	
Balok Induk bentang 8 m	218,8288
Balok Induk bentang 4 m	54,7072
Balok Induk bentang 7,5 m	192,3300

### 4.3.3 Estimasi Dimensi Balok

Perencanaan:

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

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

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \quad \text{mm}$$

$$\text{Luas 1 tulangan D25} = 490,90 \quad \text{mm}^2$$

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

$$\text{Ditaksir } \rho = 0,01$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \left( 1 - \frac{\rho \cdot f_y}{2 \cdot 0,85 \cdot f'_c} \right) = 0,01 \cdot 420 \left( 1 - \frac{0,01 \cdot 420}{2 \cdot 0,85 \cdot 25} \right) = 3,7849 \text{ MPa}$$

1. Balok Anak panjang 8 meter

$$M_{u \text{ maks}} = 242,3040 \text{ kNm}$$

Diperkirakan momen akibat beban sendiri balok sebesar 15 %

$$M_{u \text{ maks total}} = 1,15 \times M_{u \text{ maks}} = 278,6496 \text{ kNm}$$

Menentukan kombinasi  $b_w$  dan  $d$

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{278,6496 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,7849 \cdot b_w}}$$

**Tabel 4. 2** Estimasi Balok Anak 8 meter

$b_w = 350 \text{ mm}$	$d = 483 \text{ mm}$
$b_w = 450 \text{ mm}$	$d = 426 \text{ mm}$
$b_w = 500 \text{ mm}$	$d = 404 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min}(1 \text{ ujung menerus}) = l/18,5 = 8000/18,5 = 432,4324 \text{ mm}$$

$$h_{\min}(2 \text{ ujung menerus}) = l / 21 = 8000/21 = 380,9524 \text{ mm}$$

Digunakan:

$$b_w = 350 \text{ mm} ; d = 483 \text{ mm}$$

$$h = d + (\text{selimut beton} + \text{senggang} + 0,5 \text{ diameter tulangan})$$

$$= 545,9420 \text{ mm}$$

Dimensi balok Anak 8 m direncanakan  $b_w = 350 \text{ mm}$  dan  $h = 600 \text{ mm}$

## 2. Balok Anak panjang 7,5 m

$$M_{u \text{ maks}} = 113,58 \text{ kNm}$$

Diperkirakan momen akibat beban sendiri balok sebesar 15 %

$$M_{u \text{ maks total}} = 1,15 \times M_{u \text{ maks}} = 130,6170 \text{ kNm}$$

Menentukan kombinasi  $b_w$  dan  $d$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{130,6170 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,7849 \cdot b_w}}$$

Tabel 4. 3 **Estimasi Balok Anak 7,5 meter**

$b_w = 250 \text{ mm}$	$d = 392 \text{ mm}$
$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 358 \text{ mm}$
$b_w = 350 \text{ mm}$	$d = 331 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min}(1 \text{ ujung menerus}) = l/18,5 = 7500/18,5 = 405,4054 \text{ mm}$$

$$h_{\min}(2 \text{ ujung menerus}) = l / 21 = 7500/21 = 357,1429 \text{ mm}$$

Digunakan

$$b_w = 300 \text{ mm} ; d = 358 \text{ mm}$$

$$h = d + (\text{selimut beton} + \text{sengkang} + 0,5 \text{ diameter tulangan})$$

$$= 420,0102 \text{ mm}$$

Dimensi balok Anak 7,5m direncanakan  $b_w = 300 \text{ mm}$  dan  $h = 500 \text{ mm}$

### 3. Balok Induk panjang 8 m

$$M_{u \text{ maks}} = 299,9040 \text{ kNm}$$

Diperkirakan momen akibat beban sendiri balok sebesar 15 %

$$M_{u \text{ maks total}} = 1,15 \times M_{u \text{ maks}} = 344,8896 \text{ kNm}$$

Menentukan kombinasi  $b_w$  dan  $d$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{344,8896 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,7849 \cdot b_w}}$$

**Tabel 4. 4** Estimasi Balok Induk 8 meter

$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 581 \text{ mm}$
$b_w = 350 \text{ mm}$	$d = 538 \text{ mm}$
$b_w = 400 \text{ mm}$	$d = 503 \text{ mm}$

Menentukan  $h$  dengan memperhatikan:

$$h_{\min}(1 \text{ ujung menerus}) = 1/18,5 = 8000/18,5 = 432,4324 \text{ mm}$$

$$h_{\min}(2 \text{ ujung menerus}) = 1 / 21 = 8000/21 = 380,9524 \text{ mm}$$

Digunakan

$$b_w = 400 \text{ mm} ; d = 503 \text{ mm}$$

$$h = d + (\text{selimut beton} + \text{sejangkang} + 0,5 \text{ diameter tulangan})$$

$$= 565,6057 \text{ mm}$$

Dimensi balok Induk 8 m direncanakan  $b_w = 400 \text{ mm}$  dan  $h = 600 \text{ mm}$

#### 4. Balok Induk panjang 4 m

$$M_{u \text{ maks}} = 149,9520 \text{ kNm}$$

Diperkirakan momen akibat beban sendiri balok sebesar 15 %

$$M_{u \text{ maks total}} = 1,15 \times M_{u \text{ maks}} = 172,4448 \text{ kNm}$$

Menentukan kombinasi  $b_w$  dan  $d$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{172,4448 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,7849 \cdot b_w}}$$

**Tabel 4. 5** Estimasi Balok Induk 4 meter

$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 411 \text{ mm}$
$b_w = 350 \text{ mm}$	$d = 380 \text{ mm}$
$b_w = 400 \text{ mm}$	$d = 356 \text{ mm}$

Menentukan  $h$  dengan memperhatikan:

$$h_{\min}(1 \text{ ujung menerus}) = l/18,5 = 4000/18,5 = 216,2162 \text{ mm}$$

$$h_{\min}(2 \text{ ujung menerus}) = l / 21 = 4000/21 = 190,4762 \text{ mm}$$

Digunakan

$$b_w = 300 \text{ mm} ; d = 411 \text{ mm}$$

$$h = d + (\text{selimut beton} + \text{sengkang} + 0,5 \text{ diameter tulangan})$$

$$= 473,2841 \text{ mm}$$

Dimensi balok Induk 4 m direncanakan  $b_w = 300 \text{ mm}$  dan  $h = 500 \text{ mm}$

#### 5. Balok Induk panjang 7,5 m

$$M_{u \text{ maks}} = 562,32 \text{ kNm}$$

Diperkirakan momen akibat beban sendiri balok sebesar 15 %

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

$$= 646,6680 \text{ kNm}$$

Menentukan kombinasi  $b_w$  dan  $d$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{646,6680 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,7849 \cdot b_w}}$$

**Tabel 4. 6** Estimasi Balok Induk 7,5 meter

$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 795 \text{ mm}$
$b_w = 400 \text{ mm}$	$d = 689 \text{ mm}$
$b_w = 500 \text{ mm}$	$d = 616 \text{ mm}$

Menentukan  $h$  dengan memperhatikan:

$$h_{\min}(1 \text{ ujung menerus}) = 1/18,5 = 7500/18,5 = 405,4054 \text{ mm}$$

$$h_{\min}(2 \text{ ujung menerus}) = 1 / 21 = 7500/21 = 357,1429 \text{ mm}$$

Digunakan

$$b_w = 500 \text{ mm} ; d = 616 \text{ mm}$$

$$h = d + (\text{selimut beton} + \text{sengkang} + 0,5 \text{ diameter tulangan})$$

$$= 678,6761 \text{ mm}$$

Dimensi balok Induk 7,5m direncanakan  $b_w = 500 \text{ mm}$  dan  $h = 700 \text{ mm}$

**Tabel 4. 7** Dimensi balok hasil estimasi

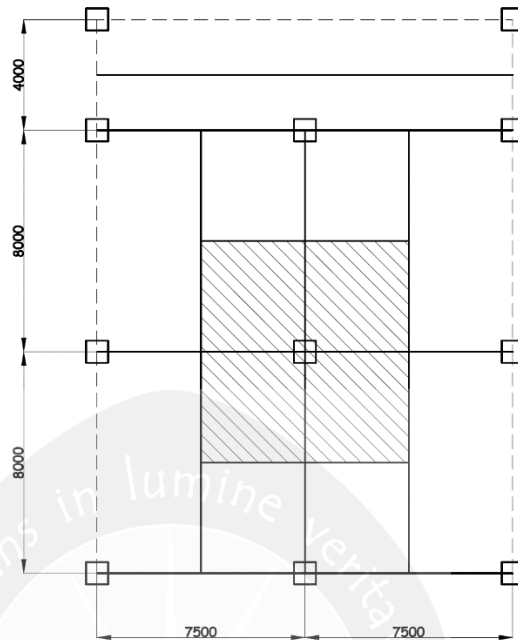
	Panjang Balok	$b_w$ (mm)	$h$ (mm)	Notasi
<b>BALOK LANTAI 9/ ATAP</b>				
A	Balok Anak 8 m	350	500	B8
	Balok Anak 7,5 m	300	400	B9

**Tabel 4. 8** Dimensi balok hasil estimasi (lanjutan)

	Panjang Balok	$b_w$ (mm)	$h$ (mm)	Notasi
B	Balok Induk 8 m	400	550	B7
	Balok Induk 4 m	300	450	B10
	Balok Induk 7,5 m	400	700	B6
<b>BALOK LANTAI 1 - 8</b>				
A	Balok Anak 8 m	350	600	B3
	Balok Anak 7,5 m	300	500	B4
B	Balok Induk 8 m	400	600	B2
	Balok Induk 4 m	300	500	B5
	Balok Induk 7,5 m	500	700	B1
<b>BALOK TIE BEAM</b>				
A	Balok Induk 8 m	300	400	BS3
	Balok Induk 4 m	300	400	BS2
	Balok Induk 7,5 m	400	600	BS1



#### 4.4 Perancangan Kolom



**Gambar 4. 4** Tributary area kolom

Estimasi kolom berdasarkan beban aksial dari daerah yang ditopang kolom serta beban dari lantai atasnya dengan luasan yang sama.

#### **Perancangan Kolom Tengah**

##### 1. Kolom K8

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 7,456 \cdot 8 \cdot 7,5 = 447,36 \text{ kN}$$

$$\text{B.A } 8 \text{ m } (0,35 \times 0,5) = 0,3 \cdot (0,5-0,13) (4 \cdot 4) \cdot 24 = 49,728 \text{ kN}$$

$$\text{B.I } 7,5 \text{ m } (0,4 \times 0,7) = 0,3 \cdot (0,7-0,13) (2 \cdot 3,75) \cdot 24 = \underline{41,040 \text{ kN}}$$

$$\text{Jumlah} = 538,19 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kolom total (termasuk berat sendiri)} &= 1,15 \times 538,19 \\ &= 618,85 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_u = 618,85 \text{ kN}$$

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

Diasumsikan luas tulangan = 0,03 dari luas bruto

$$\begin{aligned} P_u &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (1-\rho_g) + f_y \cdot \rho_g) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (1-0,03) + 420 \cdot 0,03) = 17,27 A_g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{P_u}{17,27} \cdot 1000 \\ &= \frac{330,21}{17,27} \cdot 1000 \\ &= 35832,62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \cdot h, \text{ (diasumsikan } b = 0,7 h) \\ &= 0,7 \cdot h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \sqrt{\frac{35832,62}{0,7}} \\ &= 226,2509 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b = 158,3756 \text{ mm}$$

Dimensi kolom K8 direncanakan  $b = 500 \times 700 \text{ mm}$

## 2. Kolom K7

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 9,856 \cdot 8 \cdot 7,5 = 591,36 \text{ kN}$$

$$\text{B.A } 8 \text{ m } (0,35 \times 0,6) = 0,35 \cdot (0,6-0,13) (4 \cdot 4) \cdot 24 = 63,168 \text{ kN}$$

$$\text{B.I } 7,5 \text{ m } (0,5 \times 0,7) = 0,5 \cdot (0,7-0,13) (2 \cdot 3,75) \cdot 24 = 51,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom di atasnya} = (0,5 \cdot 0,7 \cdot 3,25 \cdot 24) + 538,19 = \underline{565,43 \text{ kN}}$$

$$\text{Jumlah} = 1271,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom total (termasuk berat sendiri)} = 1,15 \times 1271,3 = 14462 \text{ kN}$$

$$P_u = 14462 \text{ kN}$$

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

Diasumsikan luas tulangan = 0,03 dari luas bruto

$$\begin{aligned} P_u &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (1-\rho_g) + f_y \cdot \rho_g) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (1-0,03) + 420 \cdot 0,03) \\ &= 17,27 A_g \end{aligned}$$

$$A_g = \frac{P_u}{17,27} \cdot 1000$$

$$= \frac{14462}{17,27} \cdot 1000$$

$$= 84649,8 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \cdot h, \text{ (diasumsikan } b = 0,7 h \text{)}$$

$$= 0,7 \cdot h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{84649,8}{0,7}}$$

$$= 347,7474 \text{ mm}$$

$$b = 243,4232 \text{ mm}$$

Dimensi kolom K7 direncanakan  $b = 500 \times 700 \text{ mm}$

### 3. Kolom K6

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 9,856 \cdot 8 \cdot 7,5 = 591,36 \text{ kN}$$

$$\text{B.A } 8 \text{ m } (0,35 \times 0,6) = 0,35 \cdot (0,6-0,13) (4 \cdot 4) \cdot 24 = 63,168 \text{ kN}$$

$$\text{B.I } 7,5 \text{ m } (0,5 \times 0,7) = 0,5 \cdot (0,7-0,13) (2 \cdot 3,75) \cdot 24 = 51,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom di atasnya} = (0,5 \cdot 0,7 \cdot 3,25 \cdot 24) + 538,19 = \underline{1298,6 \text{ kN}}$$

$$\text{Jumlah} = 2004,4 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom total (termasuk berat sendiri)} = 1,15 \times 2004,4 = 2305,1 \text{ kN}$$

$$P_u = 2305,1 \text{ kN}$$

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

Diasumsikan luas tulangan = 0,03 dari luas bruto

$$\begin{aligned} P_u &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (1-\rho_g) + f_y \cdot \rho_g) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (1-0,03) + 420 \cdot 0,03) \\ &= 17,27 A_g \end{aligned}$$

$$A_g = \frac{P_u}{17,27} \cdot 1000$$

$$= \frac{2305,1}{17,27} \cdot 1000$$

$$= 133467 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \cdot h, \text{ (diasumsikan } b = 0,7 h \text{)}$$

$$= 0,7 \cdot h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{133467}{0,7}}$$

$$= 436,6545 \text{ mm}$$

$$b = 305,6581 \text{ mm}$$

Dimensi kolom K6 direncanakan b = 500 x 700 mm

#### 4. Kolom K5

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 9,856 \cdot 8 \cdot 7,5 = 591,36 \text{ kN}$$

$$\text{B.A } 8 \text{ m (0,35 x 0,6)} = 0,35 \cdot (0,6-0,13) (4 \cdot 4) \cdot 24 = 63,168 \text{ kN}$$

$$\text{B.I } 7,5 \text{ m (0,5 x 0,7)} = 0,5 \cdot (0,7-0,13) (2 \cdot 3,75) \cdot 24 = 51,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom di atasnya} = (0,5 \cdot 0,7 \cdot 3,25 \cdot 24) + 2004,4 = \underline{2031,7 \text{ kN}}$$

$$\text{Jumlah} = 2737,5 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom total (termasuk berat sendiri)} = 1,15 \times 2737,5 = 3148,2 \text{ kN}$$

$$P_u = 3148,2 \text{ kN}$$

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

Diasumsikan luas tulangan = 0,03 dari luas bruto

$$\begin{aligned} P_u &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (1-\rho_g) + f_y \cdot \rho_g) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (1-0,03) + 420 \cdot 0,03) \end{aligned}$$

$$= 17,27 A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{17,27} \cdot 1000$$

$$= \frac{3148,2}{17,27} \cdot 1000$$

$$= 182284,2 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \cdot h, \text{ (diasumsikan } b = 0,7 h)$$

$$= 0,7 \cdot h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{182284,2}{0,7}}$$

$$= 510,2999 \text{ mm}$$

$$b = 357,2099 \text{ mm}$$

Dimensi kolom K5 direncanakan  $b = 500 \times 700 \text{ mm}$

## 5. Kolom K4

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 9,856 \cdot 8 \cdot 7,5 = 591,36 \text{ kN}$$

$$\text{B.A } 8 \text{ m } (0,35 \times 0,6) = 0,35 \cdot (0,6-0,13) (4 \cdot 4) \cdot 24 = 63,168 \text{ kN}$$

$$\text{B.I } 7,5 \text{ m } (0,5 \times 0,7) = 0,5 \cdot (0,7-0,13) (2 \cdot 3,75) \cdot 24 = 51,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom di atasnya} = (0,5 \cdot 0,7 \cdot 3,25 \cdot 24) + 2737,5 = \underline{2764,8 \text{ kN}}$$

$$\text{Jumlah} = 3470,6 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom total (termasuk berat sendiri)} = 1,15 \times 3470,6 = 3991,2 \text{ kN}$$

$$P_u = 3991,2 \text{ kN}$$

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

Diasumsikan luas tulangan = 0,03 dari luas bruto

$$\begin{aligned} P_u &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (1-\rho_g) + f_y \cdot \rho_g) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (1-0,03) + 420 \cdot 0,03) \\ &= 17,27 A_g \end{aligned}$$

$$A_g = \frac{P_u}{17,27} \cdot 1000$$

$$= \frac{3991,2}{17,27} \cdot 1000$$

$$= 231101,4 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \cdot h, \text{ (diasumsikan } b = 0,7 h \text{)}$$

$$= 0,7 \cdot h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{231101,4}{0,7}}$$

$$= 574,5823 \text{ mm}$$

$$b = 402,2076 \text{ mm}$$

Dimensi kolom K4 direncanakan  $b = 500 \times 700 \text{ mm}$

#### 6. Kolom K3

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 9,856 \cdot 8 \cdot 7,5 = 591,36 \text{ kN}$$

$$\text{B.A } 8 \text{ m (} 0,35 \times 0,6 \text{)} = 0,35 \cdot (0,6-0,13) (4 \cdot 4) \cdot 24 = 63,168 \text{ kN}$$

$$\text{B.I } 7,5 \text{ m (} 0,5 \times 0,7 \text{)} = 0,5 \cdot (0,7-0,13) (2 \cdot 3,75) \cdot 24 = 51,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom di atasnya} = (0,5 \cdot 0,7 \cdot 3,25 \cdot 24) + 3470,6 = \underline{3497,9 \text{ kN}}$$

$$\text{Jumlah} = 4203,8 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom total (termasuk berat sendiri)} = 1,15 \times 4203,8 = 4834,3 \text{ kN}$$

$$P_u = 4834,3 \text{ kN}$$

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



Diasumsikan luas tulangan = 0,03 dari luas bruto

$$\begin{aligned} P_u &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (1-\rho_g) + f_y \cdot \rho_g) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (1-0,03) + 420 \cdot 0,03) \\ &= 17,27 A_g \end{aligned}$$

$$A_g = \frac{P_u}{17,27} \cdot 1000$$

$$= \frac{4834,3}{17,27} \cdot 1000$$

$$= 279918,5 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \cdot h, \text{ (diasumsikan } b = 0,7 h \text{)}$$

$$= 0,7 \cdot h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{279918,5}{0,7}}$$

$$= 632,3635 \text{ mm}$$

$$b = 442,6545 \text{ mm}$$

Dimensi kolom K3 direncanakan  $b = 500 \times 700 \text{ mm}$

## 7. Kolom K2

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 9,856 \cdot 8 \cdot 7,5 = 591,36 \text{ kN}$$

$$\text{B.A } 8 \text{ m (0,35 x 0,6)} = 0,35 \cdot (0,6-0,13) (4 \cdot 4) \cdot 24 = 63,168 \text{ kN}$$

$$B.I 7,5 \text{ m } (0,5 \times 0,7) = 0,5 \cdot (0,7-0,13) (2 \cdot 3,75) \cdot 24 = 51,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom di atasnya} = (0,5 \cdot 0,7 \cdot 3,25 \cdot 24) + 4203,8 = \underline{4231,1 \text{ kN}}$$

$$\text{Jumlah} = 4936,9 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom total (termasuk berat sendiri)} = 1,15 \times 4936,9 = 5677,4 \text{ kN}$$

$$P_u = 5677,4 \text{ kN}$$

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

Diasumsikan luas tulangan = 0,03 dari luas bruto

$$\begin{aligned} P_u &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (1-\rho_g) + f_y \cdot \rho_g) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (1-0,03) + 420 \cdot 0,03) \\ &= 17,27 A_g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{P_u}{17,27} \cdot 1000 \\ &= \frac{5677,4}{17,27} \cdot 1000 \\ &= 328735,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_g = b \cdot h, \text{ (diasumsikan } b = 0,7 h)$$

$$= 0,7 \cdot h^2$$

$$\begin{aligned} h &= \sqrt{\frac{328735,7}{0,7}} \\ &= 685,2901 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b = 479,703 \text{ mm}$$

Dimensi kolom K2 direncanakan  $b = 500 \times 700 \text{ mm}$

## 8. Kolom K1

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 9,856 \cdot 8 \cdot 7,5 = 591,36 \text{ kN}$$

$$\text{B.A } 8 \text{ m } (0,35 \times 0,6) = 0,35 \cdot (0,6-0,13) (4 \cdot 4) \cdot 24 = 63,168 \text{ kN}$$

$$\text{B.I } 7,5 \text{ m } (0,5 \times 0,7) = 0,5 \cdot (0,7-0,13) (2 \cdot 3,75) \cdot 24 = 51,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom di atasnya} = (0,5 \cdot 0,7 \cdot 3,25 \cdot 24) + 4936,9 = \underline{4964,2 \text{ kN}}$$

$$\text{Jumlah} = 5670,1 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom total (termasuk berat sendiri)} = 1,15 \times 5670,1 = 6520,5 \text{ kN}$$

$$P_u = 6520,5 \text{ kN}$$

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

Diasumsikan luas tulangan = 0,03 dari luas bruto

$$P_u = 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (1-\rho_g) + f_y \cdot \rho_g)$$

$$= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (1-0,03) + 420 \cdot 0,03)$$

$$= 17,27 A_g$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= \frac{P_u}{17,27} \cdot 1000 \\
 &= \frac{6520,5}{17,27} \cdot 1000 \\
 &= 377552,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= b \cdot h, \text{ (diasumsikan } b = 0,7 h) \\
 &= 0,7 \cdot h^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= \sqrt{\frac{377552,9}{0,7}} \\
 &= 734,4122 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$b = 514,0886 \text{ mm}$$

Dimensi kolom K1 direncanakan  $b = 600 \times 800 \text{ mm}$

## 9. Kolom *Base*

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 9,856 \cdot 8 \cdot 7,5 = 591,36 \text{ kN}$$

$$\text{B.A } 8 \text{ m } (0,35 \times 0,6) = 0,35 \cdot (0,6-0,13) (4 \cdot 4) \cdot 24 = 63,168 \text{ kN}$$

$$\text{B.I } 7,5 \text{ m } (0,5 \times 0,7) = 0,5 \cdot (0,7-0,13) (2 \cdot 3,75) \cdot 24 = 51,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom di atasnya} = (0,6 \cdot 0,8 \cdot 3,25 \cdot 24) + 5670,1 = \underline{5707,5 \text{ kN}}$$

$$\text{Jumlah} = 6413,3 \text{ kN}$$

$$\text{Berat kolom total (termasuk berat sendiri)} = 1,15 \times 6413,3 = 7375,3 \text{ kN}$$

$$P_u = 7375,3 \text{ kN}$$

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

Diasumsikan luas tulangan = 0,03 dari luas bruto

$$\begin{aligned} P_u &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (1-\rho_g) + f_y \cdot \rho_g) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot A_g \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (1-0,03) + 420 \cdot 0,03) \\ &= 17,27 A_g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{P_u}{17,27} \cdot 1000 \\ &= \frac{7375,3}{17,27} \cdot 1000 \\ &= 427045,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \cdot h, \text{ (diasumsikan } b = 0,7 h) \\ &= 0,7 \cdot h^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \sqrt{\frac{427045,3}{0,7}} \\ &= 781,0664 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b = 546,7465 \text{ mm}$$

Dimensi kolom *Base* direncanakan  $b = 600 \times 800 \text{ mm}$

**Tabel 4. 9** Dimensi kolom hasil estimasi

Kolom	Dimensi kolom (mm <sup>2</sup> )	Notasi
<b>KOLOM TENGAH</b>		
K8	500 x 700	K4
K7	500 x 700	K4
K6	500 x 700	K4
K5	500 x 700	K4
K4	500 x 700	K4
K3	500 x 700	K4
K2	500 x 700	K4
K1	600 x 800	K1
Kolom <i>Base</i>	600 x 800	K1
<b>KOLOM TEPI</b>		
K8	500 x 700	K5
K7	500 x 700	K5
K6	500 x 700	K5
K5	500 x 700	K5
K4	500 x 700	K5
K3	500 x 700	K5
K2	500 x 700	K5
K1	600 x 800	K2
Kolom <i>Base</i>	600 x 800	K2
<b>KOLOM SUDUT</b>		
K8	500 x 700	K6
K7	500 x 700	K6

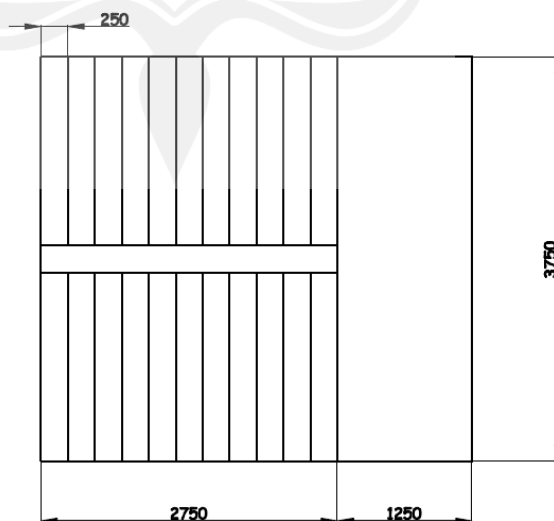
**Tabel 4.9** Dimensi kolom hasil estimasi (lanjutan)

K6	500 x 700	K6
K5	500 x 700	K6
K4	500 x 700	K6
K3	500 x 700	K6
K2	500 x 700	K6
K1	600 x 800	K3
Kolom <i>Base</i>	600 x 800	K3

#### 4.5 Perencanaan Tangga

Dalam perhitungan ini digunakan tangga dengan tinggi 1.650 mm. Tangga ini adalah tangga yang menghubungkan lantai gedung yang memiliki ketinggian antar lantai yaitu 3.300 mm.

##### 4.5.1 Perencanaan Dimensi Tangga

**Gambar 4.5** Denah Tangga

$$\text{Luas ruangan tangga} = 4000 \text{ mm} \times 3750 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi tangga per lantai} = 4000 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi lantai ke bordes} = 2000 \text{ mm}$$

Direncanakan:

$$\text{Tinggi anak tangga (optrede)} = 19 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar anak tangga (antrede)} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat kenyamanan tangga} = 60 < ( 2 \cdot O + A ) < 65$$

$$= 60 < 63 < 65 \quad (\text{OK})$$

$$\text{Jumlah anak tangga} = (4000/10) / 19$$

$$= 21,053 = 22 \text{ Anak Tangga}$$

$$\text{Lebar Bordes} = 4000 - 2750$$

$$= 1250 \text{ mm}$$

$$\text{Kemiringan Tangga, } \text{tg } \alpha = O/A = 0,76$$

$$= \alpha = 37,23$$

$$tt' = \frac{0,5 \cdot O \cdot A}{\sqrt{O^2 + A^2}}$$

$$= 7,564$$

Direncanakan tebal pelat atap sama dengan pelat bordes (  $tt = tb$  )

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



$$H_{tg} = \frac{tt' + tt}{\cos \alpha}$$

$$= 28,34 \text{ cm} = 0,2834 \text{ m}$$

#### 4.5.2 Pembebanan Tangga

Beban yang diperhitungkan dalam perhitungan tangga dibagi menjadi dua bagian yaitu beban pada tangga dan beban pada bordes. Beban ini dibedakan menjadi dua bagian karena masing masing bagian memiliki beban yang berbeda. Perbedaan beban ini dikarenakan pada tangga memiliki anak tangga yang menambah beban mati pada pelat tangga.

Beban rencana pelat tangga per meter adalah sebagai berikut:

Beban Mati  $Q_{DL}$

Berat sendiri tangga	$= 0,35592 \times 24$	$= 8,542$	kN/m
Berat anak tangga	$= 0,095 \times 24$	$= 2,28$	kN/m
Berat ubin dan spesi	$= 0,05 \times 0,24$	$= 0,012$	kN/m
Berat railing		$= 1$	kN/m
		<hr/>	
	Beban Mati $Q_{DL}$	$= 11,834$	kN/m

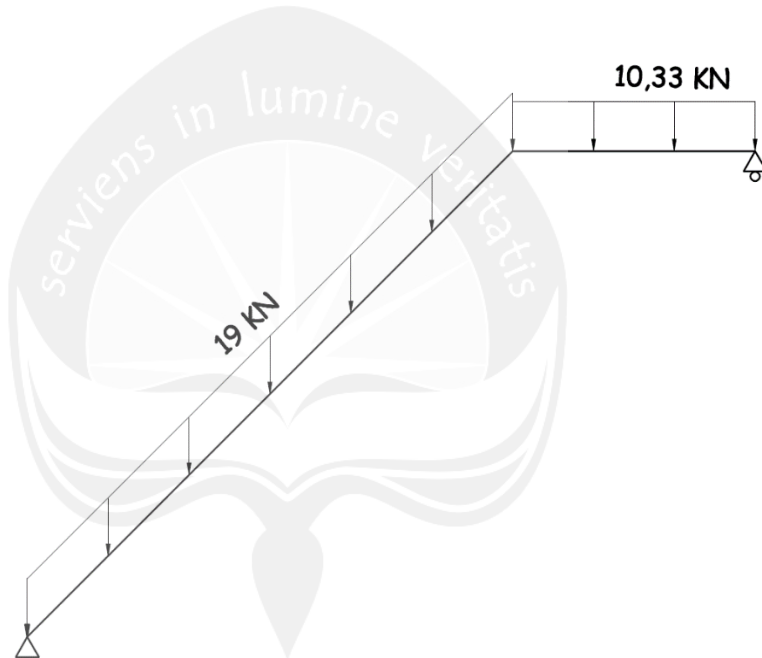
Beban Hidup  $Q_{LL}$   $= 3 \text{ kN/m}$

Hitungan beban per meter lebar bordes.

Beban Mati ( $Q_{DL}$ )

Berat sendiri bordes	$= 0,15 \times 24$	$= 3,6$	kN/m
----------------------	--------------------	---------	------

Berat ubin dan spesi	$= 0,05 \times 0,24$	$= 0,012$	kN/m
Berat railing		$= 1$	kN/m
		<hr/>	
Beban Mati $Q_{DL}$		$= 4,612$	kN/m
Beban Hidup $Q_{LL}$		$= 3$	kN/m
$Q_u$ Tangga	$= 1,2 Q_{dl} + 1,6 Q_{ll}$	$= 19$	kN/m
$Q_u$ Pelat Bordes	$= 1,2 Q_{dl} + 1,6 Q_{ll}$	$= 10,33$	kN/m



**Gambar 4. 6** Pembebanan Tangga

Dari analisa ETABS dengan kombinasi  $1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL}$  didapatkan:

**Tabel 4. 10** Hasil Perhitungan Tangga

Momen dan Geser	Pelat tangga dan bordes
Momen tumpuan (kNm)	34,078
Momen tumpuan (kNm)	24,761
Gaya geser (kN)	34,61

### 4.5.3 Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

#### 1. Tulangan Tumpuan

$$M_u = 24,761 \quad \text{kNm}$$

$$T_s = 20 \quad \text{mm}$$

Digunakan Tulangan D16 ( $A_s = 201,062 \text{ mm}^2$ )

$$f'_c = 25 \text{ MPa} ; f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$b = 1000 \text{ mm} ; h = 150 \text{ mm}$$

$$d_s = 20 + 0,5 \times 16 = 28 \text{ mm}$$

$$d = 150 - d_s = 122 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \cdot b \cdot d^2} = \frac{24,761 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1000 \cdot 122^2} = 1,8484$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,8484}{0,85 \cdot 25}} \right)$$

$$= 0,00461$$

$$A_{s\min} = \rho_{\min} \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,00461 \times 1000 \times 122 = 562,5643 \text{ mm}^2$$

Karena  $A_s \text{ min} < A_s \text{ perlu}$ , maka yang digunakan adalah  $A_s \text{ perlu} = 562,5643$   
 $\text{mm}^2$

$$\text{Spasi} = \frac{b \cdot A_s \text{ D16}}{A_s} = \frac{1000 \cdot 201}{562,5643} = 357,4026 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan tumpuan D16 - 200

$$A_s \text{ terpasang} = \frac{b \cdot A_s \text{ D16}}{\text{Spasi}} = \frac{1000 \cdot 201}{200} = 1005,31 \text{ mm}$$

## 2. Tulangan Lapangan

$$M_u = 34,078 \text{ kNm}$$

$$T_s = 20 \text{ mm}$$

Digunakan Tulangan D16 ( $A_s = 201,062 \text{ mm}^2$ )

$$f'_c = 25 \text{ Mpa} ; f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

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

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

$$d_s = 20 + 0,5 \times 16 = 28 \text{ mm}$$

$$d = 150 - d_s = 122 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \cdot b \cdot d^2} = \frac{34,078 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1000 \cdot 122^2} = 2,544$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,544}{0,85 \cdot 25}} \right) \\ &= 0,006471\end{aligned}$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,006471 \times 1000 \times 122 = 789,4456 \text{ mm}^2$$

Karena  $A_{s \text{ min}} < A_{s \text{ perlu}}$ , maka yang digunakan adalah  $A_{s \text{ perlu}} = 789,4456$  mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}\text{Spasi} &= \frac{b \cdot A_s \text{ D16}}{A_s} \\ &= 254,6875 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lapangan D16 - 200

$$\begin{aligned}A_{s \text{ terpasang}} &= \frac{b \cdot A_s \text{ D16}}{\text{Spasi}} \\ &= 1005,31 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

### 3. Tulangan Susut

Digunakan tulangan P10 ( $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$  dan  $f_y = 240 \text{ MPa}$ )

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

$$A_{s \text{ susut}} = 0,002 \times 1000 \times 122 = 244 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = \frac{b \cdot A_s D10}{A_s} = 321,885 \approx 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut P10-200

$$A_s = \frac{b \cdot A_s \emptyset 10}{\text{Spasi}}$$

$$= 392,6991 > 244 \quad (\text{OK})$$

#### 4. Kontrol Terhadap Geser

$$d = 122$$

$$V_u = 34,61$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{25} 1000 \cdot 122 = 101,67 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c = 76,25 \text{ kN}$$

Tulangan geser tidak diperlukan karena penampang beton sudah mampu mengatasi gaya geser yang terjadi ( $\phi V_c > V_u$ )

**Tabel 4. 11** Penulangan Tangga

Letak	Lapangan	Tumpuan
Mu (kNm)	34,078	24,761
Tulangan pokok	D16 - 200	D16 - 200
Tulangan susut	P10 - 200	P10 - 200

#### 4.5.4 Penulangan Balok Bordes

Diasumsikan ukuran balok bordes:

$$b_w = 200 \text{ mm dan } h = 300 \text{ mm}$$

diameter tulangan lentur D19 ( $A_s = 283,5287 \text{ mm}^2$  dan  $f_y = 420 \text{ MPa}$ )

diameter sengkang P10 (  $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$  dan  $f_y = 240 \text{ MPa}$  )

selimut beton = 40 mm

$$d = 300 - (40 + 10 + 0,5 \cdot 19) = 240,5 \text{ mm}$$

Panjang balok yang menahan tangga = 3,75 m

Beban rencana

$$\text{Berat sendiri} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 24 = 1,44 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ kN/m}$$

$$\text{Reaksi tangga per meter lebar} = \underline{34,61 \text{ kN/m}}$$

$$Q_u = 44,05 \text{ kN/m}$$

### Tulangan Longitudinal Balok Bordes

Daerah tumpuan

$$M_u = \frac{1}{12} Q_u \cdot l^2 = \frac{1}{12} \cdot 44,05 \cdot 3,75^2 = 51,621 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \cdot b_w \cdot d^2} = \frac{51,621}{0,9 \cdot 200 \cdot 240,5^2} = 4,9582$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{350} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{350} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 4,9582}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0136$$

$$A_{s \text{ min}} = 1,4 / f_y \cdot b \cdot d = 1,4 / 420 \cdot 200 \cdot 240,5 = 160,333 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0136 \cdot 200 \cdot 240,5 = 656,338 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} > A_s \text{ min}, A_s = A_s \text{ perlu} = 656,338 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan } n = 656,338 / 283,5287 = 2,3149 \approx 3$$

$$A_s \text{ 3D19} = 3 \cdot 283,5287 = 850,586 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 656,338 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Pasal 21.5.2.2 SNI 2847:2013 menyatakan bahwa 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:

$$\text{Jumlah tulangan} = 0,5 \cdot \text{jumlah tulangan tarik tumpuan} = 0,5 \cdot 3 = 2$$

Pasal 21.5.2.1 SNI 2847:2013 menyatakan bahwa paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

Maka digunakan 2D19 (tekan) dan 3D19 (tarik) pada daerah tumpuan.

Pasal 21.5.2.2 SNI 2847:2013 menyatakan bahwa kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint tersebut.

$$\text{Jumlah tulangan} = 0,25 \cdot \text{jumlah tulangan tarik tumpuan} = 0,25 \cdot 3 = 1$$

Pasal 21.5.2.1 SNI 2847:2013 menyatakan bahwa paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

Maka digunakan 2D19 (tarik) dan 2D19 (tekan) pada daerah lapangan.

### **Tulangan Transversal Balok Bordes**

Dicoba tulangan geser dua kaki P10,  $A_v = 157,1 \text{ mm}^2$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} = \frac{34,61}{0,75} = 46,15 \text{ kN}$$



$$s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,1 \cdot 240 \cdot 242}{46,15} = 197,711 \text{ mm}$$

Berdasarkan pasal 11.11.3.3 SNI 2847:2013 spasi tidak boleh melebihi:

$$d/2 = 242 / 2 = 121 \text{ mm}$$

jadi digunakan tulangan geser 2P10-100 mm.

