

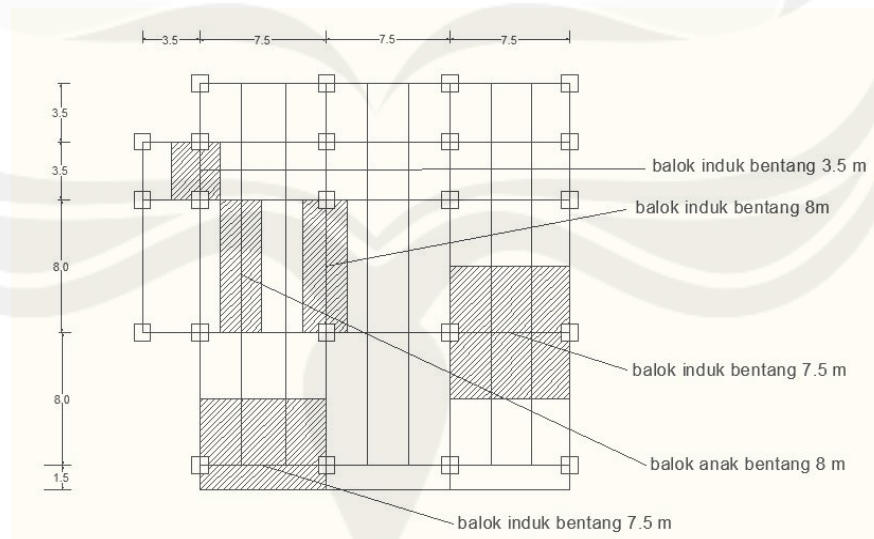
BAB IV

ESTIMASI DIMENSI KOMPONEN STRUKTUR

4.1. Estimasi Dimensi

Estimasi dimensi komponen struktur merupakan tahap awal untuk melakukan analisis struktur dan merancang suatu bangunan gedung. Estimasi yang akan dilakukan meliputi estimasi komponen struktur balok, kolom, pelat lantai, dan pelat atap. Estimasi dimensi yang dilakukan bersifat pendekatan dan mungkin saja dapat berubah tetapi perubahan yang akan dilakukan tidak akan terlalu jauh dari estimasi yang akan dilakukan. Perhitungan serta estimasi akan menggunakan pedoman SNI 2847-2013.

4.2. Perancangan Balok



Gambar 4.1 *Tributary Area* Balok

Balok induk bentang 8 meter memikul beban selebar 2.5 meter.

Balok induk bentang 7.5 meter memikul beban selebar 4 meter.

Balok induk bentang 3.5 meter memikul beban selebar 3 meter.

Balok induk bentang 7.5 meter memikul beban selebar 5.5 meter.

Balok anak bentang 8 meter memikul beban selebar 2.5 meter.

4.2.1 Pembebanan Balok

Beban Rencana Balok Induk

Beban Mati

$$\text{Berat sendiri pelat lantai dan pelat atap} = 0.125 \cdot 24 = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat pasir 30 mm} = 0.03 \cdot 16 = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat spesi} = 0.02 \cdot 22 = 0,44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plafond dan penggantung} = 0.18 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat mekanikal dan elektrikal} = 0.15 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{DL} = 6,25 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup

$$Q_{LL} = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban terfaktor} = 1.2 Q_{DL} + 1.6 Q_{LL}$$

$$= 1.2 \cdot 6.25 + 1.6 \cdot 2.5$$

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

Beban Rencana Balok Anak

Beban Mati

Berat sendiri pelat lantai	= 0.125 . 24	= 3	kN/m ²
----------------------------	--------------	-----	-------------------

Berat pasir 30 mm	= 0.03 . 16	= 0.48	kN/m ²
-------------------	-------------	--------	-------------------

Berat spesi	= 0.02 . 22	= 0,44	kN/m ²
-------------	-------------	--------	-------------------

Berat plafond dan penggantung		= 0.18	kN/m ²
-------------------------------	--	--------	-------------------

Berat mekanikal dan elektrikal		= 0.15	kN/m ²
--------------------------------	--	--------	-------------------

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

Beban Hidup

$$Q_{LL} = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

Beban terfaktor

$$= 1.2 Q_{DL} + 1.6 Q_{LL}$$

$$= 1.2 \cdot 4,25 + 1.6 \cdot 2.5$$

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

Beban Rencana Kantilever

Beban Mati

$$\text{Berat sendiri pelat lantai} = 0.125 \cdot 24 = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat pasir 30 mm} = 0.03 \cdot 16 = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat spesi} = 0.02 \cdot 22 = 0,44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plafond dan penggantung} = 0.18 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat mekanikal dan elektrik} = 0.15 \text{ kN/m}^2$$

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

Beban Hidup

$$Q_{LL} = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban terfaktor} = 1.2 Q_{DL} + 1.6 Q_{LL}$$

$$= 1.2 \cdot 4.25 + 1.6 \cdot 1,5$$

$$= 7,5 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2 Estimasi Dimensi Balok

Perencanaan :

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

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

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

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

$$R_n = \rho \cdot f_y \left(1 - 0,5882 \frac{\rho \cdot f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_n = 0,01 \cdot 420 \left(1 - 0,5882 \frac{0,01 \cdot 420}{25} \right)$$

$$= 3,785 \text{ MPa}$$

Balok lantai 2 - atap

Berdasarkan pasal 8.3.3 SNI 2847:2013, momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama untuk bentang lebih dari dua:

$$M_u = 0,1 (W_u \cdot L^2)$$

1. Balok induk bentang 8 meter (*tributary area* = 2,5 m)

$$W_u = \text{beban terfaktor} \cdot \text{tributary area}$$

$$= 11,5 \cdot 2,5$$

$$= 28,75 \text{ kN/m}$$

$$M_u = 0,1 (W_u \cdot L^2)$$

$$= 0,1 \cdot 28,75 \cdot 8^2$$

$$= 184 \text{ kNm}$$

Ditaksir momen akibat berat sendiri balok adalah 15 %

$$M_u \text{ total} = 1,15 \cdot M_u$$

$$= 1,15 \cdot 184$$

$$= 211,6 \text{ kNm}$$

Menentukan kombinasi b_w dan d

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{211,6 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,785 \cdot b_w}}$$

Tabel 4.1. Estimasi Balok Induk 8 meter

$b_w = 250 \text{ mm}$	$d = 498,46 \text{ mm}$
$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 455,03 \text{ mm}$
$b_w = 350 \text{ mm}$	$d = 421,28 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min} (1 \text{ ujung menerus}) = L / 18,5 = 8000/18,5 = 432,43 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (2 \text{ ujung menerus}) = L / 21 = 8000 / 21 = 380,95 \text{ mm}$$

Digunakan $b_w = 300 \text{ mm}$ dan $d = 455,03 \text{ mm}$

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

$$= 455,03 + (40 + 10 + 0,5 \cdot 25)$$

$$= 517,53 \text{ mm}$$

Dimensi balok induk bentang 8 meter direncanakan $b_w = 300$ mm dan

$h = 600$ mm

2. Balok induk bentang 7,5 meter (*tributary area* = 4 meter)

$$\text{Beban terfaktor balok anak} = 1,2 \cdot 4,25 + 1,6 \cdot 2,5$$

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

$$\text{Wu balok anak} = \text{beban terfaktor} \cdot \text{tributary area}$$

$$= 9,1 \cdot 2,5$$

$$= 22,75 \text{ kN/m}$$

$$\text{Bentang balok anak} = 8 \text{ meter}$$

$$P_1 = P_2 = \frac{1}{2} \cdot \text{Wu} \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 22,75 \cdot 8$$

$$= 91 \text{ kN}$$

$$P \text{ total} = 91 \cdot 2$$

$$= 182 \text{ kN}$$

$$M_2 = \frac{PL}{3} = \frac{182 \cdot 7,5}{3} = 455 \text{ kN}$$

$$M_1 = \frac{1}{8} \cdot \text{wu} \cdot L^2$$

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{8} \cdot \text{wu} \cdot L^2 = 455 \text{ kN}$$

$$\text{Wu aktual} = 64,71 \text{ kN/m}$$

$$\text{Mu} = 0,1 (\text{Wu} \cdot L^2)$$

$$= 0,1 \cdot 64,71 \cdot 7,5^2$$

$$= 363,99 \text{ kNm}$$

Ditaksir momen akibat berat sendiri balok adalah 15 %

$$M_u \text{ total} = 1,15 \cdot M_u$$

$$= 1,15 \cdot 363,99$$

$$= 418,58 \text{ kNm}$$

Menentukan kombinasi b_w dan d

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{418,58 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,785 \cdot b_w}}$$

Tabel 4.2. Estimasi Balok Induk 7,5 meter

$b_w = 250 \text{ mm}$	$d = 701,07 \text{ mm}$
$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 639,99 \text{ mm}$
$b_w = 350 \text{ mm}$	$d = 592,51 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min} (1 \text{ ujung menerus}) = L / 18,5 = 7500/18,5 = 405,40 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (2 \text{ ujung menerus}) = L / 21 = 7500 / 21 = 357,14 \text{ mm}$$

Digunakan $b_w = 350 \text{ mm}$ dan $d = 592,51 \text{ mm}$

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

$$= 592,51 + (40 + 10 + 0,5 \cdot 25)$$

$$= 655,01 \text{ mm}$$

Dimensi balok induk bentang 7,5 meter direncanakan $b_w = 350$ mm
dan $h = 700$ mm

3. Balok induk bentang 3,5 meter (*tributary area* = 3 meter)

$$\begin{aligned} W_u &= \text{beban terfaktor} \cdot \text{tributary area} \\ &= 11,5 \cdot 3 \\ &= 34,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,1 (W_u \cdot L^2) \\ &= 0,1 \cdot 34,5 \cdot 3,5^2 \\ &= 42,26 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ditaksir momen akibat berat sendiri balok adalah 15 %

$$\begin{aligned} M_u \text{ total} &= 1,15 \cdot M_u \\ &= 1,15 \cdot 42,26 \\ &= 48,59 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menentukan kombinasi b_w dan d

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{48,59 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,785 \cdot b_w}}$$

Tabel 4.3. Estimasi Balok Induk 3,5 meter

$b_w = 250$ mm	$d = 238,86$ mm
$b_w = 300$ mm	$d = 218,05$ mm
$b_w = 350$ mm	$d = 201,87$ mm

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min} (1 \text{ ujung menerus}) = L / 18,5 = 3500 / 18,5 = 189,19 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (2 \text{ ujung menerus}) = L / 21 = 3500 / 21 = 166.67 \text{ mm}$$

Digunakan $b_w = 300 \text{ mm}$ dan $d = 224,96 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} h &= d + (\text{selimut beton} + \text{sengkang} + 0,5 \text{ diameter tulangan}) \\ &= 224,96 + (40 + 10 + 0,5 \cdot 25) \\ &= 287,46 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimensi balok induk bentang 3,5 meter direncanakan $b_w = 300 \text{ mm}$ dan

$$h = 600 \text{ mm}$$

4. Balok induk bentang 7,5 meter (*tributary area* = 5,5 meter)

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

$$\begin{aligned} \text{Beban terfaktor kantilever} &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\ &= 1,2 \cdot 4,25 + 1,6 \cdot 1,5 \\ &= 7,5 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_u \text{ balok anak} &= \text{beban terfaktor} \cdot \text{tributary} \\ &= 9,1 \cdot 2,5 \\ &= 22,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Bentang balok anak} = 8 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} P_1 = P_2 &= \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 22,75 \cdot 8 \\ &= 91 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L \text{ kantilever} &= 1,5 \text{ meter} \\
 Wu \text{ kantilever} &= 1,5 \text{ m} \cdot \text{beban terfaktor} \\
 &\quad \text{kantilever} \\
 &= 1,5 \cdot 7,5 \\
 &= 11,25 \text{ kN/m} \\
 M_2 &= \frac{PL}{3} = \frac{91 \cdot 7,5}{3} = 227,5 \text{ kN} \\
 M_1 &= \frac{1}{8} \cdot wu \cdot L^2 \\
 M_1 &= M_2 \\
 \frac{1}{8} \cdot wu \cdot L^2 &= 227,5 \text{ kN} + Wu \text{ kantilever} \\
 Wu \text{ aktual} &= 32,35 \text{ kN} + Wu \text{ kantilever} \\
 &= 32,35 + 12,49 \\
 &= 44,84 \text{ kN/m} \\
 Mu &= 0,1 (Wu \cdot L^2) \\
 &= 0,1 \cdot 44,84 \cdot 7,5^2 \\
 &= 252,22 \text{ kNm} \\
 \text{Ditaksir momen akibat bera sendiri balok sebesar 15\%} \\
 Mu \text{ total} &= 1,15 \cdot Mu \\
 &= 1,15 \cdot 252,22 \\
 &= 290,05 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Menentukan kombinasi b_w dan d

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{290,05 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,785 \cdot b_w}}$$

Tabel 4.4. Estimasi Balok Induk 7,5 meter

$b_w = 250 \text{ mm}$	$d = 583,59 \text{ mm}$
$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 532,74 \text{ mm}$
$b_w = 350 \text{ mm}$	$d = 493,23 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min} (1 \text{ ujung menerus}) = L / 18,5 = 7500/18,5 = 405,40 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (2 \text{ ujung menerus}) = L / 21 = 7500 / 21 = 357,14 \text{ mm}$$

Digunakan $b_w = 350 \text{ mm}$ dan $d = 493,23 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} h &= d + (\text{selimut beton} + \text{sengkang} + 0,5 \text{ diameter tulangan}) \\ &= 493,23 + (40 + 10 + 0,5 \cdot 25) \\ &= 555,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimensi balok induk bentang 7,5 meter direncanakan $b_w = 350 \text{ mm}$ dan

$$h = 650 \text{ mm}$$

5. Balok anak bentang 8 meter (*tributary area* = 2,5 meter)

$$\begin{aligned} W_u &= \text{beban terfaktor} \cdot \text{tributary area} \\ &= 9,1 \cdot 2,5 \\ &= 22,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,1 (W_u \cdot L^2) \\ &= 0,1 \cdot 22,75 \cdot 8^2 \\ &= 145,6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ditaksir momen akibat berat sendiri balok adalah 15 %

$$\begin{aligned} M_u \text{ total} &= 1,15 \cdot M_u \\ &= 1,15 \cdot 145,6 \\ &= 167,44 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menentukan kombinasi b_w dan d

$$d = \sqrt{\frac{M_u \text{ maks total}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{167,44 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,785 \cdot b_w}}$$

Tabel 4.3. Estimasi Balok anak 8 meter

$b_w = 250 \text{ mm}$	$d = 443,40 \text{ mm}$
$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 404,77 \text{ mm}$
$b_w = 350 \text{ mm}$	$d = 374,75 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min} \text{ (1 ujung menerus)} = L / 18,5 = 8000/18,5 = 432,97 \text{ mm}$$

$$h_{\min} \text{ (2 ujung menerus)} = L / 21 = 8000 / 21 = 380,95 \text{ mm}$$

Digunakan $b_w = 250$ mm dan $d = 443,4$ mm

$$\begin{aligned}h &= d + (\text{selimut beton} + \text{senggang} + 0,5 \text{ diameter tulangan}) \\ &= 443,4 + (40 + 10 + 0,5 \cdot 25) \\ &= 505,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dimensi balok anak bentang 8 meter direncanakan $b_w = 250$ mm dan

$$h = 550 \text{ mm}$$

Perhitungan balok induk dan balok anak pada lantai 1 sama dengan perhitungan balok induk dan balok anak pada lantai 2 hingga lantai atap, hal yang membedakan hanya pada beban hidup. Beban hidup pada lantai 1 menurut PPURG 1987 sebesar 5 kN/m^2 karena lantai 1 berfungsi sebagai *ballroom*.

Balok Tie Beam**Beban Rencana Balok Induk**Beban Mati

$$\text{Berat pasir 30 mm} = 0.03 \cdot 16 = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat spesi} = 0.02 \cdot 22 = 0,44 \text{ kN/m}^2$$

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

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

Beban Hidup

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

$$\text{Beban Terfaktor} = 1.2 Q_{DL} + 1.6 Q_{LL}$$

$$= 1.2 \cdot 2,92 + 1.6 \cdot 8$$

$$= 16,3 \text{ kN/m}^2$$

1. Balok Tie Beam bentang 8 meter (*tributary area* = 2 m)

$$\begin{aligned} W_u &= \text{beban terfaktor} \cdot \text{tributary area} \\ &= 16,3 \cdot 2 \\ &= 32,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,1 (W_u \cdot L^2) \\ &= 0,1 \cdot 32,6 \cdot 8^2 \\ &= 208,64 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ditaksir momen akibat berat sendiri balok adalah 15 %

$$\begin{aligned} M_u \text{ total} &= 1,15 \cdot M_u \\ &= 1,15 \cdot 208,64 \\ &= 239,93 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menentukan kombinasi b_w dan d

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{239,93 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,785 \cdot b_w}}$$

Tabel 4.6. Estimasi Balok Tie Beam 8 meter

$b_w = 250 \text{ mm}$	$d = 530,78 \text{ mm}$
$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 484,54 \text{ mm}$
$b_w = 450 \text{ mm}$	$d = 395,62 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min} (\text{1 ujung menerus}) = L / 18,5 = 8000 / 18,5 = 432,43 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (2 \text{ ujung menerus}) = L / 21 = 8000 / 21 = 380,95 \text{ mm}$$

Digunakan $b_w = 450 \text{ mm}$ dan $d = 392,62 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} h &= d + (\text{selimut beton} + \text{sengkang} + 0,5 \text{ diameter tulangan}) \\ &= 392,62 + (40 + 10 + 0,5 \cdot 25) \\ &= 458,12 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimensi balok Tie Beam bentang 8 meter direncanakan $b_w = 450 \text{ mm}$ dan

$$h = 750 \text{ mm}$$

2. Balok Tie Beam bentang 7,5 meter (*tributary area* = 2 m)

$$\begin{aligned} W_u &= \text{beban terfaktor} \cdot \text{tributary area} \\ &= 16,3 \cdot 2 \\ &= 32,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,1 (W_u \cdot L^2) \\ &= 0,1 \cdot 32,6 \cdot 7,5^2 \\ &= 183,375 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ditaksir momen akibat berat sendiri balok adalah 15 %

$$\begin{aligned} M_u \text{ total} &= 1,15 \cdot M_u \\ &= 1,15 \cdot 183,75 \\ &= 211,31 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menentukan kombinasi b_w dan d

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{211,31 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,785 \cdot b_w}}$$

Tabel 4.7. Estimasi Balok Tie Beam 7,5 meter

$b_w = 250 \text{ mm}$	$d = 498,12 \text{ mm}$
$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 454,72 \text{ mm}$
$b_w = 450 \text{ mm}$	$d = 371,27 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min} (1 \text{ ujung menerus}) = L / 18,5 = 7500/18,5 = 405,40 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (2 \text{ ujung menerus}) = L / 21 = 7500 / 21 = 357,14 \text{ mm}$$

Digunakan $b_w = 300 \text{ mm}$ dan $d = 371,27 \text{ mm}$

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

$$= 371,27 + (40 + 10 + 0,5 \cdot 25)$$

$$= 433,77 \text{ mm}$$

Dimensi balok Tie Beam bentang 7,5 meter direncanakan $b_w = 450 \text{ mm}$

dan $h = 750 \text{ mm}$

3. Balok Tie Beam bentang 7,5 meter (*tributary area* = 1 m)

$$\begin{aligned} W_u &= \text{beban terfaktor} \cdot \text{tributary area} \\ &= 16,3 \cdot 1 \\ &= 16,3 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,1 (W_u \cdot L^2) \\ &= 0,1 \cdot 16,3 \cdot 7,5^2 \\ &= 91,68 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ditaksir momen akibat berat sendiri balok adalah 15 %

$$\begin{aligned} M_u \text{ total} &= 1,15 \cdot M_u \\ &= 1,15 \cdot 91,68 \\ &= 105,43 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menentukan kombinasi b_w dan d

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{105,43 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,785 \cdot b_w}}$$

Tabel 4.8. Estimasi Balok Tie Beam 7,5 meter

$b_w = 250 \text{ mm}$	$d = 351,85 \text{ mm}$
$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 321,19 \text{ mm}$
$b_w = 450 \text{ mm}$	$d = 262,25 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min} (1 \text{ ujung menerus}) = L / 18,5 = 7500/18,5 = 405,40 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (2 \text{ ujung menerus}) = L / 21 = 7500 / 21 = 357,14 \text{ mm}$$

Digunakan $b_w = 450 \text{ mm}$ dan $d = 262,25 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} h &= d + (\text{selimut beton} + \text{sengkang} + 0,5 \text{ diameter tulangan}) \\ &= 262,52 + (40 + 10 + 0,5 \cdot 25) \\ &= 325,02 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimensi balok Tie Beam bentang 7,5 meter direncanakan $b_w = 450 \text{ mm}$
dan $h = 750 \text{ mm}$

4. Balok Tie Beam bentang 3,5 meter (*tributary area* = 2 m)

$$\begin{aligned} W_u &= \text{beban terfaktor} \cdot \text{tributary area} \\ &= 16,3 \cdot 2 \\ &= 32,6 \text{ kN/m} \\ Mu &= 0,1 (W_u \cdot L^2) \\ &= 0,1 \cdot 32,6 \cdot 3,5^2 \\ &= 39,93 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ditaksir momen akibat berat sendiri balok adalah 15 %

$$\begin{aligned} Mu_{\text{total}} &= 1,15 \cdot Mu \\ &= 1,15 \cdot 39,93 \\ &= 45,92 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menentukan kombinasi b_w dan d

$$d = \sqrt{\frac{M_{u \text{ maks total}}}{0,9 \cdot R_n \cdot b_w}} = \sqrt{\frac{45,92 \cdot 1000000}{0,9 \cdot 3,785 \cdot b_w}}$$

Tabel 4.9. Estimasi Balok Tie Beam 3,5 meter

$b_w = 250 \text{ mm}$	$d = 232,2 \text{ mm}$
$b_w = 300 \text{ mm}$	$d = 211,97 \text{ mm}$
$b_w = 400 \text{ mm}$	$d = 183,57 \text{ mm}$

Menentukan h dengan memperhatikan:

$$h_{\min} (1 \text{ ujung menerus}) = L / 18,5 = 7500/18,5 = 405,40 \text{ mm}$$

$$h_{\min} (2 \text{ ujung menerus}) = L / 21 = 7500 / 21 = 357,14 \text{ mm}$$

Digunakan $b_w = 400 \text{ mm}$ dan $d = 183,57 \text{ mm}$

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

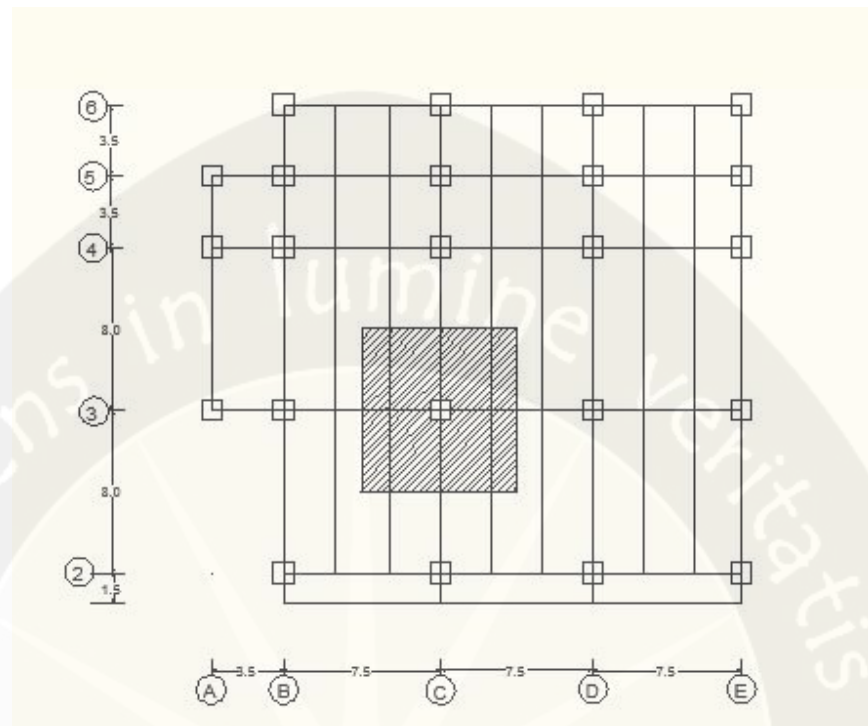
$$= 183,57 + (40 + 10 + 0,5 \cdot 25)$$

$$= 246,07 \text{ mm}$$

Dimensi balok induk bentang 7,5 meter direncanakan $b_w = 400 \text{ mm}$ dan h

$$= 600 \text{ mm}$$

4.3. Perancangan Kolom



Gambar 4.2. Tributary Area Kolom

Estimasi kolom dilakukan berdasarkan beban dari pelat lantai di atasnya serta beban aksial dari daerah yang ditopang oleh kolom tersebut.

1. Kolom K7

Beban mati

$$\text{Beban dari pelat atap} = 4.91 \cdot 7,5 \cdot 8 + 1 = 295,6 \quad \text{kN}$$

$$\text{B. I (350 x 700)} = 0,35 \cdot (0,7-0,125) \cdot 7,5 \cdot 24 = 36,22 \quad \text{kN}$$

$$\text{B. I (300 x 600)} = 0,3 \cdot (0,6-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 27,36 \quad \text{kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \quad \text{kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \quad \text{kN}$$

$$\text{NDL} = 399,98 \quad \text{kN}$$

Beban hidup

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

$$NLL = 1 \cdot 8 \cdot 7,5 = 60 \text{ kN}$$

$$P_u = 1,2 \cdot NDL + 1,6 \cdot NLL$$

$$= 1,2 \cdot 399,98 + 1,6 \cdot 60$$

$$= 575,98 \text{ kN}$$

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

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,02 \cdot A_g) + 420 \cdot 0,02 \cdot A_g\}$$

$$P_n = 23,38 \cdot A_g$$

$$\Phi P_n = P_u$$

$$A_g = \frac{P_n}{23,38} = \frac{P_u}{\Phi}$$

$$A_g = \frac{575,98 \times 1000}{\frac{0,65}{23,38}}$$

$$A_g = 37900,90 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{37900,90}$$

$$b = h = 194,68 \text{ mm, digunakan dimensi kolom } b = h = 500 \text{ mm}$$

2. Kolom K6

Beban mati

Beban mati lantai 7		= 399,98	kN
Beban kolom di atasnya	= (0,4 . 0,4 . 3,5 . 24)	= 13,44	kN
Beban dari pelat lantai	= 6.91 . 7,5 . 8	= 414,6	kN
B. I (350 x 700)	= 0,35 . (0,7-0,125) . 7,5 . 24	= 36,22	kN
B. I (300 x 600)	= 0,3 . (0,6-0,125) . 8 . 24	= 27,36	kN
B. A (250 x 550)	= 0,25 . (0,55-0,125) . 8 . 24	= 20,4	kN
B. A (250 x 550)	= 0,25 . (0,55-0,125) . 8 . 24	= 20,4	kN
		NDL = 933,4	kN

Beban hidup

$$\begin{aligned} \text{QLL pelat lantai} &= 2,5 \text{ kN/m}^2 \\ \text{NLL} &= 2,5 \cdot 8 \cdot 7,5 + \text{Beban hidup lantai 7} = 150 \text{ kN} + 60 \text{ kN} \\ \text{Pu} &= 1,2 \cdot \text{NDL} + 1,6 \cdot \text{NLL} \\ &= 1,2 \cdot 933,4 + 1,6 \cdot 210 \\ &= 1456,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

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

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,02 \cdot A_g) + 420 \cdot 0,02 \cdot A_g\}$$

$$P_n = 23,38 \cdot A_g$$

$$\Phi P_n = P_u$$

$$A_g = \frac{P_n}{23,38} = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{23,38}$$

$$A_g = \frac{\frac{1456,08 \times 1000}{0,65}}{23,38}$$

$$A_g = 95813,64 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{95813,64}$$

$$b = h = 309,53 \text{ mm, digunakan dimensi kolom } b = h = 500 \text{ mm}$$

3. Kolom K5

Beban mati

$$\text{Beban mati lantai 6} = 933,4 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom di atasnya} = (0,4 \cdot 0,4 \cdot 3,5 \cdot 24) = 13,44 \text{ kN}$$

$$\text{Beban dari pelat lantai} = 6,91 \cdot 7,5 \cdot 8 = 414,6 \text{ kN}$$

$$\text{B. I (350 x 700)} = 0,35 \cdot (0,7-0,125) \cdot 7,5 \cdot 24 = 36,22 \text{ kN}$$

$$\text{B. I (300 x 600)} = 0,3 \cdot (0,6-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 27,3 \text{ kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \text{ kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \text{ kN}$$

$$\text{NDL} = 1466,82 \text{ kN}$$

Beban hidup

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

$$\begin{aligned} \text{NLL} &= 2,5 \cdot 8 \cdot 7,5 + \text{Beban hidup lantai 6} \\ &= 150 + 210 = 360 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pu} &= 1,2 \cdot \text{NDL} + 1,6 \cdot \text{NLL} \\ &= 1,2 \cdot 1466,82 + 1,6 \cdot 360 \\ &= 2336,184 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Pn} = 0,8 \cdot \text{Po, dengan } \phi = 0,65 \text{ untuk kolom pengikat sengkang}$$

$$\text{Pn} = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

$$\text{Pn} = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,02 \cdot A_g) + 420 \cdot 0,02 \cdot A_g\}$$

$$\text{Pn} = 23,38 \cdot A_g$$

$$\phi \text{ Pn} = \text{Pu}$$

$$A_g = \frac{\text{Pn}}{23,38} = \frac{\frac{\text{Pu}}{\phi}}{23,38}$$

$$A_g = \frac{\frac{2336,18 \times 1000}{0,65}}{23,38}$$

$$A_g = 153726,39 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{153726,39}$$

$$b = h = 392,08 \text{ mm, digunakan dimensi kolom } b = h = 500 \text{ mm}$$

4. Kolom K4

Beban mati

Beban mati lantai 5		= 1466,82	kN
Beban kolom diatasnya	= (0,4 . 0,4 . 3,5 . 24)	= 13,44	kN
Beban dari pelat lantai	= 6.91 . 7,5 . 8	= 414,6	kN
B. I (350 x 700)	= 0,35 . (0,7-0,125) . 7,5 . 24	= 36,22	kN
B. I (300 x 600)	= 0,3 . (0,6-0,125) . 8 . 24	= 27,36	kN
B. A (250 x 550)	= 0,25 . (0,55-0,125) . 8 . 24	= 20,4	kN
B. A (250 x 550)	= 0,25 . (0,55-0,125) . 8 . 24	= 20,4	kN
	NDL	= 2000,24	kN

Beban hidup

QLL pelat lantai	= 2,5 kN/m ²
NLL	= 2,5 . 8 . 7,5 + Beban hidup lantai 5
	= 150 + 360 = 510 kN
Pu	= 1,2 . 2000,24 + 1,6 . 510
	= 3216,28 kN

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

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,02 \cdot A_g) + 420 \cdot 0,02 \cdot A_g\}$$

$$P_n = 23,38 \cdot A_g$$

$$\Phi P_n = P_u$$

$$A_g = \frac{P_n}{23,38} = \frac{\frac{Pu}{\phi}}{23,38}$$

$$A_g = \frac{\frac{3216,28 \times 1000}{0,65}}{23,38}$$

$$A_g = 211639,14 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{211639,14}$$

$$b = h = 460,04 \text{ mm, digunakan dimensi kolom } b = h = 500 \text{ mm}$$

5. Kolom K3

Beban mati

$$\text{Beban mati lantai 4} = 2000,24 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom di atasnya} = (0,5 \cdot 0,5 \cdot 3,5 \cdot 24) = 21 \text{ kN}$$

$$\text{Beban dari pelat lantai} = 6,91 \cdot 7,5 \cdot 8 = 414,6 \text{ kN}$$

$$\text{B. I (350 x 700)} = 0,35 \cdot (0,7-0,125) \cdot 7,5 \cdot 24 = 36,22 \text{ kN}$$

$$\text{B. I (300 x 600)} = 0,3 \cdot (0,6-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 27,36 \text{ kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \text{ kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \text{ kN}$$

$$\text{NDL} = 2541,22 \text{ kN}$$

Beban hidup

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

$$\text{NLL} = 2,5 \cdot 8 \cdot 7,5 + \text{Beban hidup lantai 4} = 150 + 510 = 660 \text{ kN}$$

$$P_u = 1,2 \cdot \text{NDL} + 1,6 \cdot \text{NLL}$$

$$= 1,2 \cdot 2541,66 + 1,6 \cdot 660 = 4105,56 \text{ kN}$$

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

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,02 \cdot A_g) + 420 \cdot 0,02 \cdot A_g\}$$

$$P_n = 23,38 \cdot A_g$$

$$\Phi P_n = P_u$$

$$A_g = \frac{P_n}{23,38} = \frac{P_u}{\Phi}$$

$$A_g = \frac{4105,46 \times 1000}{0,65 \cdot 23,38}$$

$$A_g = 270149,63 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{270149,63}$$

$$b = h = 519,75 \text{ mm, digunakan dimensi kolom } b = h = 600 \text{ mm}$$

6. Kolom K2

Beban mati

$$\text{Beban mati lantai 3} = 2541,22 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom di atasnya} = (0,55 \cdot 0,55 \cdot 3,5 \cdot 24) = 25,41 \text{ kN}$$

$$\text{Beban dari pelat lantai} = 6,91 \cdot 7,5 \cdot 8 = 414,6 \text{ kN}$$

$$\text{B. I (350 x 700)} = 0,35 \cdot (0,7 - 0,125) \cdot 7,5 \cdot 24 = 36,22 \text{ kN}$$

$$\text{B. I (300 x 600)} = 0,3 \cdot (0,6 - 0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 27,36 \text{ kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55 - 0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \text{ kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55 - 0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \text{ kN}$$

$$\text{NDL} = 3086,61 \text{ kN}$$

Beban hidup

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

$$\begin{aligned} \text{NLL} &= 2,5 \cdot 8 \cdot 7,5 + \text{Beban hidup lantai 3} \\ &= 150 + 660 = 810 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \cdot \text{NDL} + 1,6 \cdot \text{NLL} \\ &= 1,2 \cdot 3086,61 + 1,6 \cdot 810 \\ &= 4999,93 \text{ kN} \end{aligned}$$

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

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,02 \cdot A_g) + 420 \cdot 0,02 \cdot A_g\}$$

$$P_n = 23,38 \cdot A_g$$

$$\phi P_n = P_u$$

$$A_g = \frac{P_n}{23,38} = \frac{P_u}{\phi}$$

$$A_g = \frac{4999,93 \cdot 1000}{0,65 \cdot 23,38}$$

$$A_g = 329007,69 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{329007,69}$$

$$b = h = 573,59 \text{ mm, digunakan dimensi kolom } b = h = 600 \text{ mm}$$

7. Kolom K1

Beban mati

Beban mati lantai 2		= 3086,61	kN
Beban kolom di atasnya	= (0,6 . 0,6 . 5,5 . 24)	= 47,52	kN
Beban dari pelat lantai	= 6.91 . 7,5 . 8	= 414,6	kN
B. I (350 x 700)	= 0,35 . (0,7-0,125) . 7,5 . 24	= 36,22	kN
B. I (300 x 600)	= 0,3 . (0,6-0,125) . 8 . 24	= 27,36	kN
B. A (250 x 550)	= 0,25 . (0,55-0,125) . 8 . 24	= 20,4	kN
B. A (250 x 550)	= 0,25 . (0,55-0,125) . 8 . 24	= 20,4	kN
		NDL = 3653,11	kN

Beban hidup

QLL pelat lantai	= 2,5 kN/m ²
NLL	= 2,5 . 8 . 7,5 + Beban hidup lantai 2
	= 150 + 810 = 960 kN
Pu	= 1,2 . NDL + 1,6 . NLL
	= 1,2 . 3653,11 + 1,6 . 960
	= 5919,73 kN

$P_n = 0,8 \cdot P_o$, dengan $\Phi = 0,65$ untuk kolom pengikat sengkang

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,02 \cdot A_g) + 420 \cdot 0,02 \cdot A_g\}$$

$$P_n = 23,38 \cdot A_g$$

$$\Phi P_n = P_u$$

$$A_g = \frac{P_n}{23,38} = \frac{\frac{P_u}{\phi}}{23,38}$$

$$A_g = \frac{\frac{5919,73 \times 1000}{0,65}}{23,38}$$

$$A_g = 389532,80 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{389532,80}$$

$$b = h = 624,12 \text{ mm, digunakan dimensi kolom } b = h = 650 \text{ mm}$$

8. Kolom K base

Beban mati

$$\text{Beban mati lantai 1} = 3653,11 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom di atasnya} = (0,65 \cdot 0,65 \cdot 3,8 \cdot 24) = 38,53 \text{ kN}$$

$$\text{Beban dari pelat lantai} = 6,91 \cdot 7,5 \cdot 8 = 414,6 \text{ kN}$$

$$\text{B. I (350 x 700)} = 0,35 \cdot (0,7-0,125) \cdot 7,5 \cdot 24 = 36,22 \text{ kN}$$

$$\text{B. I (300 x 600)} = 0,3 \cdot (0,6-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 27,36 \text{ kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \text{ kN}$$

$$\text{B. A (250 x 550)} = 0,25 \cdot (0,55-0,125) \cdot 8 \cdot 24 = 20,4 \text{ kN}$$

$$\text{NDL} = 4210,62 \text{ kN}$$

Beban hidup

$$QLL \text{ pelat lantai} = 8 \text{ kN/m}^2$$

$$NLL = 8 \cdot 8 \cdot 7,5 + \text{Beban hidup lantai 1} = 480 \text{ kN} + 960 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 \cdot NDL + 1,6 \cdot NLL \\ &= 1,2 \cdot 4210,62 + 1,6 \cdot 1440 \\ &= 7356,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

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

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$$

$$P_n = 0,8 \cdot \{0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,02 \cdot A_g) + 420 \cdot 0,02 \cdot A_g\}$$

$$P_n = 23,38 \cdot A_g$$

$$\Phi P_n = P_u$$

$$A_g = \frac{P_n}{23,38} = \frac{P_u}{\Phi}$$

$$A_g = \frac{7356,74 \times 1000}{\frac{0,65}{23,38}}$$

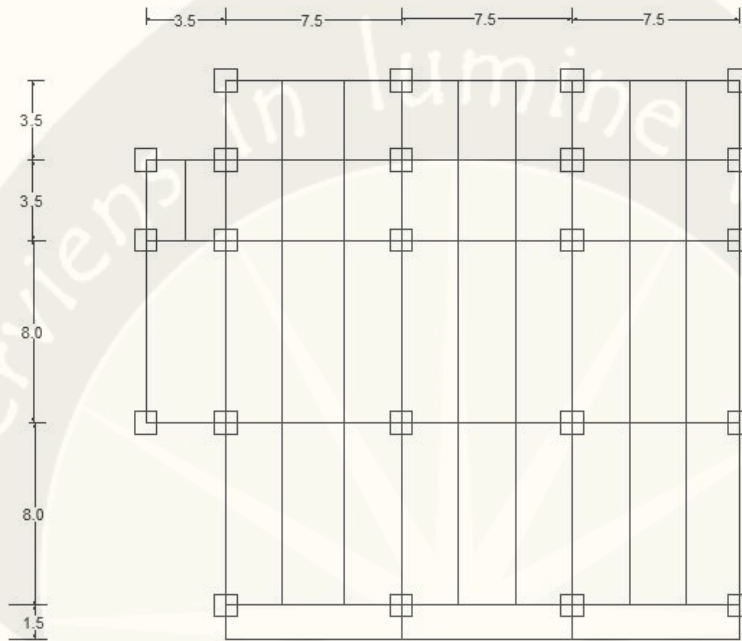
$$A_g = 484091,59 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{484091,59}$$

$$b = h = 695,76 \text{ mm, digunakan dimensi kolom } b = h = 700 \text{ mm}$$

4.4. Perancangan Pelat

4.4.1. Perhitungan Tebal Pelat Lantai



Gambar 4.3. Denah Pelat Lantai

Direncanakan :

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

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

Menentukan tebal pelat lantai $8000 \times 2500 \text{ mm}^2$

$$\frac{ly}{lx} = \frac{8000}{3500} = 2,28 \geq 2$$

sehingga dianggap sebagai pelat satu arah.

Bentang pelat (L) = 3500

Untuk satu ujung menerus, maka $h_{\min} = \frac{1}{24} L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$

$$h_{\min} = \frac{1}{24} 3500 \left(0,4 + \frac{240}{700} \right) = 108 \text{ mm}$$

Digunakan tebal pelat lantai = 125 mm

4.4.2. Pembebanan Pelat

Beban Mati

Berat sendiri pelat lantai dan pelat atap = 0.125 . 24 = 3 kN/m²

Berat pasir 30 mm = 0.03 . 16 = 0.48 kN/m²

Berat spesi = 0.05 . 22 = 1,1 kN/m²

Berat plafond dan penggantung = 0.18 kN/m²

Berat mekanikal dan elektrik al = 0.15 kN/m²

$$Q_{DL} = 4.91 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup

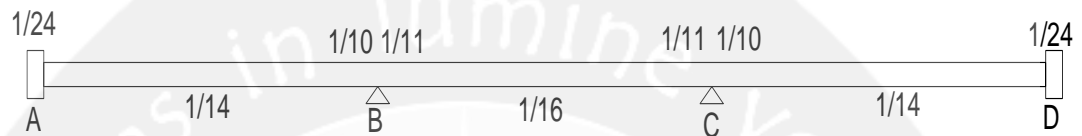
$$Q_{LL} = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

Beban terfaktor = 1.2 Q_{DL} + 1.6 Q_{LL}

$$= 1.2 . 4.91 + 1.6 . 2.5 = 9,892 \text{ kN/m}^2$$

4.4.3. Perhitungan Momen Pelat Lantai

Berdasarkan pasal 8.3.3 SNI 2847-2013, koefisien momen pelat satu arah menerus (tiga batang atau lebih) saebagai berikut :



Gambar 4.4 Koefisien Momen Pelat Satu Arah menerus (tiga batang atau lebih)

Digunakan momen terbesar M_u yang ada di titik B dan C yaitu :

$$\frac{1}{10} W_u L^2 = \frac{1}{10} \cdot 9,892 \cdot 3,5^2 = 12,12 \text{ kNm}$$

4.4.4. Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Digunakan : Tulangan pokok P10 = $78,5 \text{ mm}^2$

Tulangan susut P8 = $50,3 \text{ mm}^2$

Selimut Beton = 25 mm

Tinggi efektif (d) = tebal pelat - (selimut beton + $0,5$ diameter 10 mm)

$$= 125 - (25 + 0,5 \cdot 10)$$

$$= 95 \text{ mm}$$

Tulangan Pokok

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

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \cdot b \cdot d^2}$$

$$R_n = \frac{12,12 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1000 \cdot 95^2} = 1,49 \text{ MPa}$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,49}{0,85 \cdot 25}} \right)$$

$$= 0,00644$$

$$A_s_{\text{perlu}} = 0,00644 \cdot 1000 \cdot 95 = 611,8 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0021 \text{ (berdasarkan hasil extrapolasi dengan } f_y = 420 \text{ MPa)}$$

$$A_s_{\text{min}} = 0,0021 \cdot 1000 \cdot 95 = 199,5 \text{ mm}^2$$

$A_s_{\text{perlu}} > A_s_{\text{min}}$, maka digunakan A_s_{perlu}

$$\text{Spasi} = 1000 \cdot \text{luas tulangan P10} / A_s_{\text{perlu}}$$

$$= 1000 \cdot 78,5 / 611,8 = 128,3 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan P10 – 125

$$A_s = 1000 \cdot \text{Luas tulangan P10} / \text{spasi}$$

$$= 1000. 78,5 / 125$$

$$= 628 \text{ mm}^2 > 611,8 \text{ mm}^2 \quad (\text{ok})$$

Tulangan Susut dan Suhu

Kebutuhan tulangan susut diambil sebesar kebutuhan tulangan minimum

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

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

Digunakan tulangan P8 dengan luas tulangan = $50,3 \text{ mm}^2$

$$\text{Spasi} = 1000. 50,3 / 262,5$$

$$= 191,487 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan P8 – 150

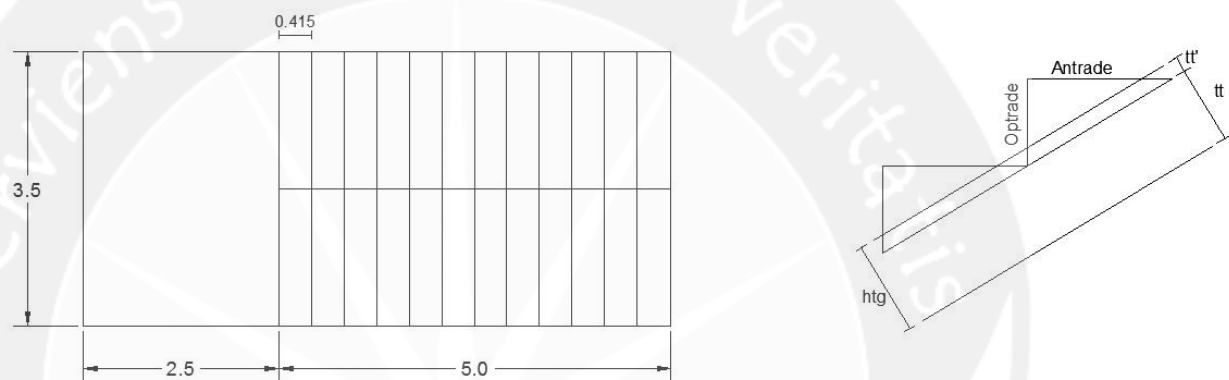
$$A_s = 1000. \text{Luas tulangan P8} / \text{spasi}$$

$$= 1000. 50,3 / 150$$

$$= 335,33 \text{ mm}^2 > 262,5 \text{ mm}^2 \quad (\text{ok})$$

4.5. Perancangan Tangga

Perencanaan tangga diambil dari tangga dengan tinggi antar lantai 3,5 meter



Gambar 4.5. Denah Tangga

Denah ruang tangga:

$$H_{lt} = 3,5 \quad \text{m}$$

$$\text{Lebar bordes } (L_1) = 2,5 \quad \text{m}$$

$$\text{Tinggi optrede } (O) = 0,145 \quad \text{m}$$

$$\text{Antrede } (A) = 0,415 \quad \text{m}$$

$$\text{Lebar tangga } (L_{tg}) = 5 \quad \text{m}$$

$$H_{tg} = 0,14 \quad \text{m}$$

$$O / A = 0,35$$

$$\text{Kemiringan tangga } (\alpha) = \tan^{-1} (O / A) = \tan^{-1} (0,35) = 19,26^\circ$$

4.5.1. Pembebanan tangga

Beban mati (Q_{DL})

Beban Q_{tg}

$$\text{Berat sendiri tangga} = H_{tg} / \cos \alpha \cdot \text{berat volume beton} = 3,56 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat anak tangga} = \frac{1}{2} \cdot O \cdot \text{berat volume beton} = 1,74 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat ubin dan spesi} = 0,05 \cdot \text{berat volume ubin} = 1,05 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat railing (diperkirakan)} = \underline{1 \text{ kN/m}}$$

$$\text{Beban } Q_{tg} = 7,35 \text{ kN/m}$$

Beban Q_{bd}

$$\text{Berat sendiri tangga} = H_{tg} \cdot \text{berat volume beton} = 3,36 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat ubin dan spesi} = 0,05 \cdot \text{berat volume ubin} = 1,05 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat railing (diperkirakan)} = \underline{1 \text{ kN/m}^2}$$

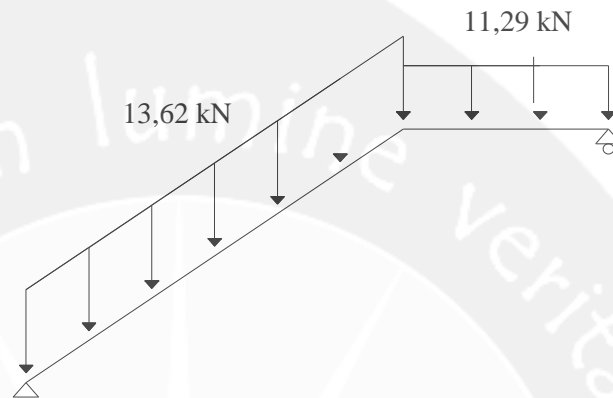
$$\text{Beban } Q_{bd} = 5,41 \text{ kN/m}^2$$

Beban hidup (Q_{LL})

$$\text{Beban hidup} = 3 \text{ kN/m}$$

$$Q_U \text{ tangga} = 1,2Q_{DL} + 1,6Q_{LL} = 1,2 \cdot 7,35 + 1,6 \cdot 3 = 13,62 \text{ kN/m.}$$

$$Q_U \text{ bordes} = 1,2Q_{DL} + 1,6Q_{LL} = 1,2 \cdot 5,41 + 1,6 \cdot 3 = 11,29 \text{ kN/m.}$$



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 lapangan (kNm)	27,56
Momen tumpuan (kNm)	70,53
Gaya geser (kN)	63,99

4.5.2. Penulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Tulangan Lapangan

$$M_u = 27,56 \text{ kNm}$$

Digunakan tulangan D19 ($A_s = 283,52 \text{ mm}^2$)

$$\text{Tebal selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

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

$$d = 140 - (20 + 0,5.19) = 110,5 \text{ mm}$$

$$R_{n\text{perlu}} = \frac{Mu}{0,9.bw.d^2} = \frac{27,56.10^6}{0,9.1000.110,5^2} = 2,508$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85.25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.2,508}{0,85.25}} \right) = 0,006373$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,006373 \cdot 1000 \cdot 110,5 = 704,21 \text{ mm}^2$$

$$S = (1000 \cdot \text{luas D19}) / A_s = (1000 \cdot 283,53) / 704,21$$

$$= 402,62 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan D19-300

$$A_s = (1000 \cdot \text{luas D19}) / \text{spasi} = (1000 \cdot 283,53) / 300$$

$$= 945,1 \text{ mm}^2 > 704,21 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan Tumpuan

$$Mu = 70,522 \text{ kNm}$$

Digunakan tulangan D19 ($A_s = 283,53 \text{ mm}^2$)

$$\text{Tebal selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

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

$$d = 140 - (20 + 0,5.19) = 110,5 \text{ mm}$$

$$R_{n\text{perlu}} = \frac{Mu}{0.9.bw.d^2} = \frac{70,522.10^6}{0.9.1000.110,5^2} = 6,41$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85.f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.Rn}{0.85.f'c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85.25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.6,41}{0.85.25}} \right) = 0,01873$$

$$\text{As perlu} = 0,01873 \cdot 1000 \cdot 110,5 = 2069,66 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S &= (1000 \cdot \text{luas D19}) / \text{As} = (1000 \cdot 283,53) / 2069,66 \\ &= 136,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan D19-130

$$\begin{aligned} \text{As} &= (1000 \cdot \text{luas D19}) / \text{spasi} = (1000 \cdot 283,53) / 130 \\ &= 2181 \text{ mm}^2 > 2069,66 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol terhadap geser

$$d = 110,5 \text{ mm}$$

Gaya geser dari ETABS (V_u) = 63,99 kN

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} . b . d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 110,5 = 92083,333 \text{ N} = 92,08333 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 92,08333 = 69,0625 \text{ kN} \text{ sehingga } \phi V_c > V_u \text{ (OK)}$$

Tulangan susut

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

$$\rho_{\min} = 0,0021 \text{ (berdasarkan pasal 7.12.2.1 SNI 2847:2013)}$$

$$A_{s \text{ susut}} = 0,0021 \cdot 1000 \cdot 115 = 241,5 \text{ mm}^2$$

$$s = 1000 \cdot \text{luas P10} / A_s = 1000 \cdot 78,54 / 241,5$$

$$= 325 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut P10-300

Tabel 4.11. Penulangan Tangga

Letak	Lapangan	Tumpuan
Mu (kNm)	27,56	70,52
Tulangan pokok	D19-300	D19-130
Tulangan susut	P10-300	P10-300

4.5.3. Penulangan Balok Bordes

Diasumsikan ukuran balok bordes:

$$b_w = 300 \text{ mm} \text{ dan } h = 350 \text{ mm}$$

diameter tulangan lentur D16 ($A_s = 201,1 \text{ mm}^2$ dan $f_y = 420 \text{ MPa}$)

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

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

$$d = 350 - (40 + 10 + 0,5 \cdot 16) = 292 \text{ mm}$$

Panjang balok yang menahan tangga = 3,5 m

Beban rencana

$$\text{Berat sendiri} = 0,25 \cdot 0,35 \cdot 24 = 2,1 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 2 \cdot 3,5/2 = 3,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat tangga} = \underline{43,15 \text{ kN/m}}$$

$$Q_d = 48,75 \text{ kN/m}$$

Tulangan Longitudinal

Tulangan Tarik Tumpuan

$$M_u \text{ tumpuan} = 51,187 \text{ kNm}$$

$$R_{n\text{perlu}} = \frac{M_u}{0,9 \cdot b_w \cdot d^2} = \frac{51,187 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 300 \cdot 292^2} = 2,223$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,223}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0056$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b_w \cdot d = 0,0056 \cdot 300 \cdot 292 = 490,56 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{1,4}{420} \cdot 250 \cdot 292 = 243,33 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan $A_s = 490,56 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D16 ($A_s = 201,1 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= A_s \text{ perlu} / A_s \text{ D16} = 490,56 / 201,1 \\ &= 2,44\end{aligned}$$

Maka digunakan 3D16

Cek konfigurasi tampang = $2.40 + 2.12 + 3.16 + 2.16 = 184 \text{ mm} < b_w = 300 \text{ mm}$ (OK), untuk tulangan desak tumpuan diambil 2D16

Tulangan Tarik Lapangan

Mu lapangan = 102,37 kNm

$$R_{n\text{perlu}} = \frac{Mu}{0.9 \cdot b_w \cdot d^2} = \frac{102,37 \cdot 10^6}{0.9 \cdot 300 \cdot 292^2} = 4,44$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f'_c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 \cdot 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 4,44}{0.85 \cdot 25}} \right) = 0,0119$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b_w \cdot d = 0,0119 \cdot 300 \cdot 292 = 1042,44 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{1,4}{420} \cdot 250 \cdot 292 = 243,33 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan $A_s = 1042,44 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D16 ($A_s = 201,1 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan} = A_s \text{ perlu} / A_s \text{ D16} = 1042,44 / 201,1$$

= 5,18 , maka digunakan 6D16

Cek konfigurasi tampang = $2.40 + 2.12 + 6.16 + 5.16 = 280 \text{ mm} < b_w = 300 \text{ mm}$ (OK), untuk tulangan desak lapangan diambil 3D16.

Tulangan Geser

Digunakan tulangan 2P12, $A_v = 226,19 \text{ mm}^2$

$V_u = 119,438 \text{ kN}$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 292 = 73000 \text{ N} = 73 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{119,438}{0,75} - 73 = 86,25 \text{ kN}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot h \cdot d}{V_s} = \frac{226,19 \cdot 240 \cdot 292}{86,25} = 183,784 \text{ mm}$$

Digunakan 2P12-150 pada daerah tumpuan, dan pada daerah lapangan digunakan tulangan geser 2P12-200.