

BAB V
PERANCANGAN STRUKTUR

5.1. Perhitungan Balok Struktur

5.1.1. Penulangan lentur

Perhitungan tulangan lentur diambil dari momen 3-3 B15 pada lantai 5.

$$\text{Momen tumpuan negatif} = -266,624 \text{ KNm}$$

$$\text{Momen tumpuan positif} = 0,5 \cdot 266,624 = 133,312 \text{ KNm}$$

$$\text{Momen lapangan} = 145,278 \text{ KNm}$$

Data penampang balok:

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,8 \rightarrow \text{SNI 2002 pasal 11.3.(2).(1)}$$

$$\beta_1 = 0,85 \rightarrow \text{SNI 2002 pasal 12.2.(7).(3)}$$

$$b = 400 \text{ mm dan } h = 600 \text{ mm}$$

Direncanakan dengan menggunakan:

Tulangan lentur diameter = 22 mm

Tulangan sengkang diameter = 10 mm

Tebal selimut beton = 40 mm

$$d' = \text{selimut beton} + \text{diameter sengkang} + \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan lentur}$$

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 600 - 61 = 539 \text{ mm}$$

1. Tumpuan:

a. Tumpuan negatif

$$M_u = -266,624 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{266,624}{0,8} = 333,28 \text{ kNm}$$

$$\text{Koefisien tahanan, } R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{333,28 \cdot 10^6}{400 \cdot 539^2} = 2,8680$$

Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = \frac{0,85 \cdot 25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,8680}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0077$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{\min})

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 400} = 0,0031$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Rasio tulangan maksimum (ρ_{\max})

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \left(\frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,75 \cdot \left(\frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203$$

karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka digunakan $\rho = 0,0077$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0077 \cdot 400 \cdot 539 = 1667,1577 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan minimum pada komponen struktur lentur SNI 03-2847-2002

pasal 12.5.(1) hal.72:

$$A_{s \min} = \frac{\sqrt{f'c'}}{4.f_y} . bw . d = \frac{\sqrt{25}}{4.400} . 400 . 539 = 673,75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} = \frac{1,4}{f_y} . bw . d = \frac{1,4}{400} . 400 . 539 = 754,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} < A_s, \text{ maka dipakai } A_s = 1667,1577 \text{ mm}^2$$

Momen nominal akibat tulangan terpasang

$$A_s = 1901,43 \text{ mm}^2 \text{ (5D22)} > 1667,1577 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} = \frac{1901,43}{400.539} = 0,0088$$

b. Tumpuan positif

$$M_u = 133,312 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{133,312}{0,8} = 166,64 \text{ kNm}$$

$$\text{Koefisien tahanan, } R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{166,64 \cdot 10^6}{400.539^2} = 1,4340$$

Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85.f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.R_n}{0,85.f'_c}} \right) = \frac{0,85.25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.1,4340}{0,85.25}} \right) = 0,0037$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{\min})

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c'}}{4.f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4.400} = 0,0031$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Rasio tulangan maksimum (ρ_{\max})

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,75 \cdot \left(\frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203$$

karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka digunakan $\rho = 0,0037$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0037 \cdot 400 \cdot 539 = 800,9152 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan minimum pada komponen struktur lentur

SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.(1) hal.72:

$$A_{s \min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot w \cdot d = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 400} \cdot 400 \cdot 539 = 673,75 \text{ mm}^2$$

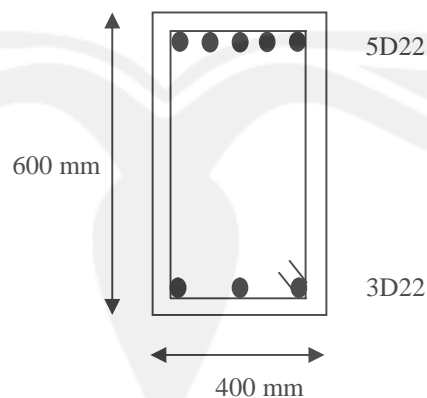
$$A_{s \min} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot w \cdot d = \frac{1,4}{400} \cdot 400 \cdot 539 = 754,6 \text{ mm}^2$$

karena $A_{s \min} < A_s$, maka dipakai $A_s = 800,9152 \text{ mm}^2$

Momen nominal akibat tulangan terpasang

$$A_s = 1140,86 \text{ mm}^2 \text{ (3D22)} > 800,9152 \text{ mm}^2$$

$$\rho' = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1140,86}{400 \cdot 539} = 0,0053$$



Gambar 5.1. Penampang Tumpuan Balok

2. Lapangan:

$$M_u = 145,278 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{145,278}{0,8} = 181,5975 \text{ kNm}$$

$$\text{Koefisien tahanan, } R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{181,5975 \cdot 10^6}{400 \cdot 539^2} = 1,5627$$

Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = \frac{0,85 \cdot 25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,5627}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0041$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{\min})

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 400} = 0,0031$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Rasio tulangan maksimum (ρ_{\max})

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \left(\frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,75 \cdot \left(\frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203$$

karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka digunakan $\rho = 0,0041$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0041 \cdot 400 \cdot 539 = 875,7703 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan minimum pada komponen struktur lentur

SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.(1) hal.72:

$$A_{s \min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot w \cdot d = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 400} \cdot 400 \cdot 539 = 673,75 \text{ mm}^2$$

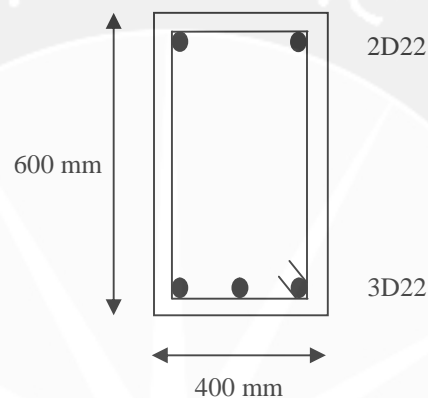
$$A_{s \min} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot w \cdot d = \frac{1,4}{400} \cdot 400 \cdot 539 = 754,6 \text{ mm}^2$$

karena $A_{s, \min} < A_s$, maka dipakai $A_s = 875,7703 \text{ mm}^2$

Momen nominal akibat tulangan terpasang

$$A_s = 1140,86 \text{ mm}^2 (3D22) > 875,7703 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} = \frac{1140,86}{400.539} = 0,0053$$



Gambar 5.2. Penampang Lapangan Balok

5.1.2. Penulangan geser

1. Menghitung Lebar Efektif (b_e)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, pasal 10.10.(2), halaman 56, lebar efektif pelat diambil sebesar:

$$b_e \leq 0,25 \cdot \text{bentang bersih balok} = 0,25 \cdot 6000 = 1500 \text{ mm}$$

$$b_e \leq b_w + 16 \cdot h_f = 400 + 16 \cdot 100 = 2000 \text{ mm}$$

$$b_e \leq b_w + \text{jarak bersih balok bersebelahan} = 400 + (8000-700) = 7700 \text{ mm}$$

diambil $b_e = 1500 \text{ mm}$.

2. Menghitung Kapasitas Balok

Data penampang balok:

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

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b_e = 1500 \text{ mm}$$

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

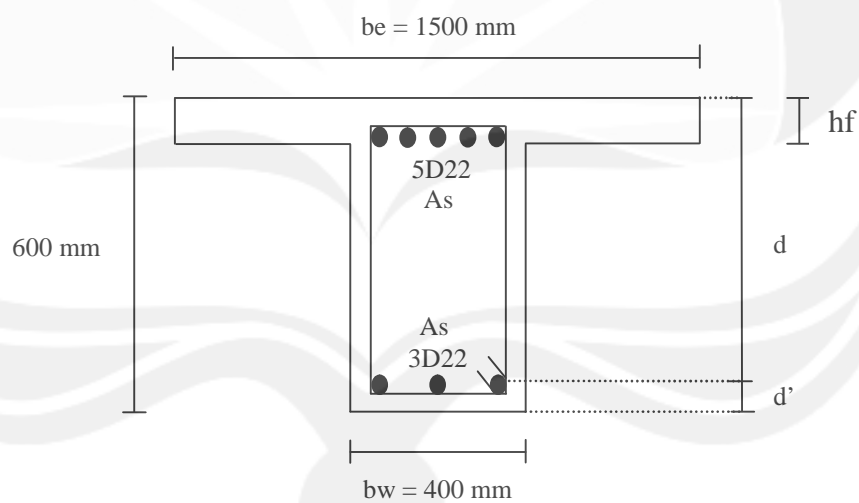
$$h_f = 100 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + (0,5 \cdot 22) = 61 \text{ mm}$$

$$d = 600 - d' = 600 - 61 = 539 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ tulangan atas balok (5D22)} = 1901,43 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tulangan bawah balok (3D22)} = 1140,86 \text{ mm}^2$$



Gambar 5.3. Penampang Melintang Balok T Pada Daerah Tumpuan

a. Momen Kapasitas Positif:

$$A_s = A_s \text{ bawah} = 1140,86 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = A_s \text{ atas} = 1901,43 \text{ mm}^2$$

Cek untuk $h_f < a$

Untuk $a = hf = 100 \text{ mm}$

$$C_c = 0,85 f_c' a b e = 0,85 \cdot 25 \cdot 100 \cdot 1500 = 3187500 \text{ N}$$

$$f_s' = 600 \cdot \left(1 - \beta_1 \cdot \frac{d'}{a}\right) = 600 \cdot \left(1 - 0,85 \cdot \frac{61}{100}\right) = 288,9 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$$

$$C_s' = A_s' \cdot f_s' = 1901,43 \cdot 288,9 = 549323,127 \text{ N}$$

$$C_a = C_c + C_s' = 3187500 + 549323,127 = 3736823,127 \text{ N}$$

$$T = A_s \cdot f_y = 1140,86 \cdot 400 = 456344 \text{ N}$$

Karena $T < C_a$ maka $a < hf$, maka analisis dilakukan sebagai balok persegi dengan lebar balok $b_w = 1500 \text{ mm}$

Cek tulangan desak belum luluh

$$\rho - \rho' < \beta_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c' c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 - f_y}\right) \cdot \frac{d'}{d}$$

$$\frac{1140,86 - 1901,43}{1500 \cdot 539^2} < 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 25}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 - 400}\right) \cdot \frac{61}{539}$$

$$-0,0000017453 < 0,01533$$

Jadi tulangan desak belum luluh

Mencari garis netral (c)

$$C = T$$

$$C_c + C_s = T$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f_s' = A_s f_y, \text{ sedangkan}$$

$$a = \beta_1 \cdot c \text{ dan } f_s' = \varepsilon_s' \cdot E_s = 0,003 \left(\frac{c - d'}{c}\right) \cdot E_s = 600 \cdot \left(\frac{c - d'}{c}\right)$$

Dengan melakukan substitusi didapat:

$$(0,85 \cdot f_c \cdot b) \beta_1 \cdot c + A_s' \cdot 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) = A_s \cdot f_y$$

Setelah persamaan di atas dikalikan dengan c, maka didapat:

$$(0,85 \cdot f_c \cdot b) \beta_1 \cdot c^2 + A_s' \cdot 600 \cdot c - A_s' \cdot 600 \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot 25 \cdot 1500 \cdot 0,85) c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$A = 0,85 \cdot 25 \cdot 1500 \cdot 0,85 = 27093,75$$

$$B = 600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y = 600 \cdot 1901,43 - 1140,86 \cdot 400 = 684514,29$$

$$C = 600 \cdot A_s' \cdot d' = 600 \cdot 1901,43 \cdot 61 = 69592285,71$$

maka, persamaan menjadi:

$$27093,75 c^2 + 684514,29 c - 69592285,71 = 0$$

$$c = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

$$c = \frac{-684514,29 + \sqrt{684514,29^2 + 4 \cdot 27093,75 \cdot 69592285,71}}{2 \cdot 27093,75} = 39,599359$$

mm

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 39,599359 = 33,659455 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \cdot \left(\frac{c - d'}{c} \right) = 600 \cdot \left(\frac{39,599359 - 61}{39,599359} \right) = -324,2574 < 400 \text{ MPa}$$

karena $f_s' < f_y$ maka $f_s' = -324,2574 \text{ MPa}$

Menghitung momen nominal positif

$$M_n^+ = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d')$$

$$Mn^+ = \left(0,85 \cdot 25 \cdot 33,659455 \cdot 1500 \cdot \left(539 - \frac{33,659455}{2} \right) \right) \cdot 10^{-6} \\ + (1901,43 \cdot (-324,2574) \cdot (539 - 61))$$

$$= 265,5220 \text{ KNm}$$

$$\emptyset Mn^+ = 0,8 \cdot 265,5220 = 212,4176 \text{ KNm} > Mu = 133,312 \text{ KNm (ok)}$$

$$Mpr^+ = 1,25 \cdot Mn^+ = 1,25 \cdot 265,5220 = 331,90244 \text{ KNm}$$

b. Momen Kapasitas Negatif:

$$As = As \text{ atas} = 1901,43 \text{ mm}^2$$

$$As' = As \text{ bawah} = 1140,86 \text{ mm}^2$$

$$d' = 61 \text{ mm}$$

$$d = h - d' \text{ momen kapasitas positif}$$

$$= 600 - 61 = 539 \text{ mm}$$

Analisis dilakukan sebagai balok persegi dengan lebar balok $b_w = 400 \text{ mm}$

Cek tulangan desak belum luluh

$$\rho - \rho' < \beta_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \cdot \frac{d'}{d}$$

$$\frac{1901,43 - 1140,86}{400 \cdot 539^2} < 0,85 \cdot \frac{25}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 - 400} \right) \cdot \frac{61}{539}$$

$$6,5449 \cdot 10^{-6} < 0,01533$$

Jadi tulangan desak belum luluh

Mencari garis netral (c)

$$C = T$$

$$C_c + C_s = T$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f_s' = A_s f_y, \text{ sedangkan}$$

$$a = \beta_1 \cdot c \text{ dan } f_s' = \varepsilon_s' \cdot E_s = 0,003 \left(\frac{c - d'}{c} \right) \cdot E_s = 600 \cdot \left(\frac{c - d'}{c} \right)$$

Dengan melakukan substitusi didapat:

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b) \beta_1 \cdot c + A_s' \cdot 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) = A_s' \cdot f_y$$

Setelah persamaan di atas dikalikan dengan c, maka didapat:

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b) \beta_1 \cdot c^2 + A_s' \cdot 600 \cdot c - A_s' \cdot 600 \cdot d' = A_s' \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot 25 \cdot 400 \cdot 0,85) c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s' \cdot f_y) c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$A = 0,85 \cdot 25 \cdot 400 \cdot 0,85 = 7225$$

$$B = 600 \cdot A_s' - A_s' \cdot f_y = 600 \cdot 1140,86 - 1901,43 \cdot 400 = -76057,14$$

$$C = 600 \cdot A_s' \cdot d' = 600 \cdot 1140,86 \cdot 61 = 41755371,43$$

maka, persamaan menjadi:

$$7225c^2 - 76057,14c - 41755371,43 = 0$$

$$c = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

$$c = \frac{76057,14 + \sqrt{76057,14^2 + 4 \cdot 7225 \cdot 41755371,43}}{2 \cdot 7225} = 81,4671 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 81,4671 = 69,2470 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \cdot \left(\frac{c - d'}{c} \right) = 600 \cdot \left(\frac{81,4671 - 61}{81,4671} \right) = 150,7389 < 400 \text{ MPa}$$

karena $f_s' < f_y$ maka $f_s' = 150,7389 \text{ MPa}$

Menghitung momen nominal negatif

$$M_n^- = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d')$$

$$Mn^- = \left(0,85 \cdot 25 \cdot 69,2470 \cdot 400 \cdot \left(539 - \frac{69,2470}{2} \right) \right) \cdot 10^{-6} = 379,0783 \text{ KNm}$$

$$+ 1140,86 \cdot 150,7389 \cdot (539 - 61)$$

$$\phi Mn^- = 0,8 \cdot 379,0783 = 303,26264 \text{ KNm} > Mu = 266,624 \text{ KNm (ok)}$$

$$Mpr^- = 1,25 \cdot Mn^- = 1,25 \cdot 379,0783 = 473,8479 \text{ KNm}$$

c. Pada Sendi Plastis

Kebutuhan sengkang dapat dihitung dengan menganggap sudah terjadi sendi plastis pada ujung-ujung balok.

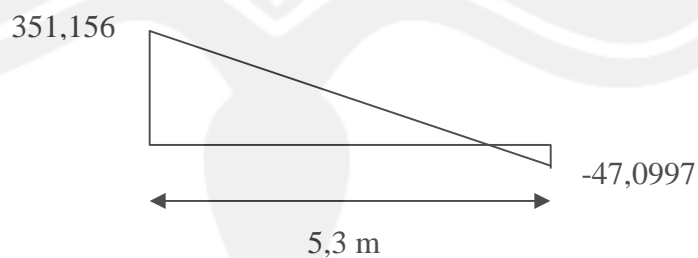
$$V_g = 1,2 \cdot V_{d1} + V_{d2} = 1,2 \cdot 129,49 + 43,74 = 199,128 \text{ KN}$$

$$\text{Bentang bersih balok } (Ln) = 6000 - 700 = 5300 \text{ mm} = 5,3 \text{ m}$$

$$V_e = \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{Ln} \pm V_g$$

$$V_{e1} = \frac{331,90 + 473,85}{5,3} + 199,128 = 351,1563 \text{ KN}$$

$$V_{e2} = \frac{331,90 + 473,85}{5,3} - 199,128 = -47,0997 \text{ KN}$$



Gambar 5.4. Diagram Gaya Geser

V_e di sendi plastis (sejauh 539 mm dari muka kolom)

$$V_e = \left[\frac{(5300 - 539)}{5300} \cdot (351,1563 + 47,0997) \right] - 47,0997 = 310,654 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} = \frac{310,654}{0,75} = 414,206 \text{ KN}$$

Dengan memakai tulangan geser 3 kaki P10 ($A_s = 235,6194 \text{ mm}^2$) diperoleh s sebesar:

$$s = \frac{A_s f_y d}{V_s} = \frac{235,6194 \cdot 240 \cdot 539}{414,206 \cdot 10^3} = 73,59 \text{ mm}$$

spasi maksimum diambil nilai terkecil dari:

$$\begin{aligned} s_{maks} &= \frac{d}{4} = \frac{539}{4} = 134,75 \text{ mm} \\ &= 8 \text{ db tul. longitudinal} = 8 \cdot 22 = 176 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ db sengkang} = 24 \cdot 10 = 240 \text{ mm} \\ &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi digunakan sengkang 3P10 – 70 mm

d. Luar Sendi Plastis

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 539 \cdot 10^{-3} = 179,667 \text{ KN}$$

V_e di luar sendi plastis (sejauh 1200 dari ujung)

$$V_e = \left[\frac{(5300 - (2 \cdot 600))}{5300} \cdot (351,1563 + 47,0997) - 47,0977 \right] = 260,985 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{260,985}{0,75} - 179,667 = 168,314 \text{ KN}$$

Dengan memakai tulangan geser 2 kaki P10 ($A_s = 157,0796 \text{ mm}^2$) diperoleh s sebesar:

$$s = \frac{A_s f_y d}{V_s} = \frac{157,0796 \cdot 240 \cdot 539}{168,314 \cdot 10^3} = 120,73 \text{ mm.}$$

Jadi digunakan 2P10-100 mm.

5.2. Perencanaan Kolom

5.2.1. Penulangan longitudinal

Ditinjau kolom 2C lantai 2, dilakukan pemeriksaan syarat kelangsingan kolom.

1. Data kolom :

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} = 4700 \cdot \sqrt{25} = 23500 \text{ MPa}$$

Kolom lantai 3 (800/800)

$$I_x = I_y = 0,7 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 \right) = 2,3893 \cdot 10^{10}$$

$$E \cdot I_c = 23500 \cdot 2,3893 \cdot 10^{10} = 5,61493 \cdot 10^{14}$$

panjang kolom $\lambda_c = 3500 \text{ mm}$

panjang bersih kolom $\lambda_u = \text{panjang kolom} - \text{tinggi penampang balok}$

$$= 3500 - 800$$

$$= 2700 \text{ mm}$$

Kolom lantai 2 (800/800)

$$I_x = I_y = 0,7 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 \right) = 2,3893 \cdot 10^{10}$$

$$E \cdot I_c = 23500 \cdot 2,3893 \cdot 10^{10} = 5,61493 \cdot 10^{14}$$

panjang kolom $\lambda_c = 3500 \text{ mm}$

panjang bersih kolom $\lambda_u = \text{panjang kolom} - \text{tinggi penampang balok}$

$$= 3500 - 800$$

$$= 2700 \text{ mm}$$

Kolom lantai 1 (800/800)

$$I_x = I_y = 0,7 \left(\frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 \right) = 2,3893 \cdot 10^{10}$$

$$E \cdot I_c = 23500 \cdot 2,3893 \cdot 10^{10} = 5,61493 \cdot 10^{14}$$

panjang kolom $\lambda_c = 4000$ mm

panjang bersih kolom $\lambda_u =$ panjang kolom – tinggi penampang balok

$$= 4000 - 800$$

$$= 3200 \text{ mm}$$

Data balok di kanan kiri kolom :

Balok kiri:

$$I_x = 0,35 \left(\frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 800^3 \right) = 7,4667 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E \cdot I = 23500 \cdot 7,4667 \cdot 10^9 = 1,75467 \cdot 10^{14}$$

panjang balok $\lambda = 8000$ mm

Balok kanan:

$$I_x = 0,35 \left(\frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 800^3 \right) = 7,4667 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E \cdot I = 23500 \cdot 7,4667 \cdot 10^9 = 1,75467 \cdot 10^{14}$$

panjang balok $\lambda = 8000$ mm

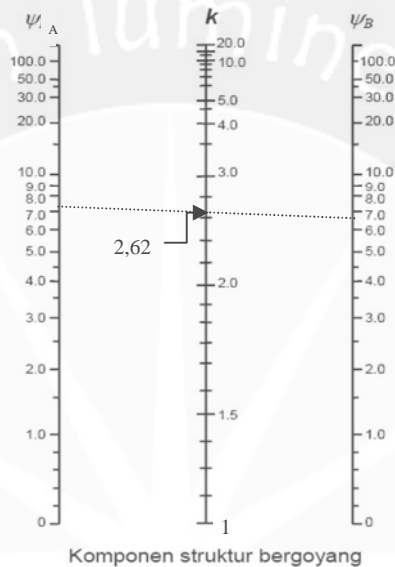
2. Menghitung faktor kekangan ujung kolom ψ

Kekangan ujung atas kolom :

$$\psi_A = \frac{\left(\frac{E \cdot I_c}{\lambda_c} \right)_{\text{lantai 3}} + \left(\frac{E \cdot I_c}{\lambda_c} \right)_{\text{lantai 2}}}{\left(\frac{E \cdot I}{\lambda} \right)_{\text{kiri}} + \left(\frac{E \cdot I}{\lambda} \right)_{\text{kanan}}} = \frac{\left(\frac{5,61493 \cdot 10^{14}}{3500} \right) + \left(\frac{5,61493 \cdot 10^{14}}{3500} \right)}{\left(\frac{1,75467 \cdot 10^{14}}{8000} \right) + \left(\frac{1,75467 \cdot 10^{14}}{8000} \right)} = 7,31$$

Kekangan ujung bawah kolom :

$$\psi_B = \frac{\left(\frac{E.I_c}{\lambda_c}\right)_{\text{lantai 2}} + \left(\frac{E.I_c}{\lambda_c}\right)_{\text{lantai 1}}}{\left(\frac{E.I}{\lambda}\right)_{\text{kiri}} + \left(\frac{E.I}{\lambda}\right)_{\text{kanan}}} = \frac{\left(\frac{5,61493 \cdot 10^{14}}{3500}\right) + \left(\frac{5,61493 \cdot 10^{14}}{4000}\right)}{\left(\frac{1,75467 \cdot 10^{14}}{8000}\right) + \left(\frac{1,75467 \cdot 10^{14}}{8000}\right)} = 6,86$$



Gambar 5.5 Nomogram

Dari nomogram SNI 03-2847-2002 halaman 78 untuk ψ_A dan ψ_B struktur bergoyang didapat $k = 2,62$ untuk radius girasi $r = 0,3 \cdot h = 0,3 \cdot 800 = 240$, dihitung:

$$\frac{k \cdot l_u}{r} = \frac{2,62 \cdot 2700}{240} = 29,475$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.2 pengaruh kelangsingan kolom dapat diabaikan apabila dipenuhi :

$$\frac{k \cdot l_u}{r} < 22$$

$29,475 > 22$, maka pengaruh kelangsingan tidak boleh diabaikan.

Check apakah momen maksimum terjadi pada bentang diantara ujung-ujung kolom (SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.(5)).

$$\frac{l_u}{r} > \frac{35}{\sqrt{\frac{P_u}{f'_c \cdot A_g}}}$$

$$\frac{2700}{240} > \frac{35}{\sqrt{\frac{5790,43 \cdot 10^3}{25 \cdot 640000}}}$$

11,25 < 58,179854 → tak perlu pengecekan

Maka bisa digunakan persamaan dari SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.(4(3)), untuk menghitung faktor pembesaran momen.

$$M_c = \delta_s \cdot M_s$$

$$\delta_s \cdot M_s = \frac{M_s}{\sqrt{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \cdot \sum P_c}}} \geq M_s$$

$$\delta_s = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{113503}{0,75 \cdot 281878}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,469 \geq 1$$

Maka momen untuk perencanaan tulangan dikalikan $\delta_s = 1,469$ sebagai pembesaran momen.

3. Data-data perencanaan sebagai berikut:

$$b = h = 800 \text{ mm}$$

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

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Diameter tulangan longitudinal (pokok) 25 mm

Diameter tulangan transversal (senggang) 10 mm

Untuk perencanaan penulangan diambil nilai P_u dan M_u yang paling besar dari semua kombinasi beban luar yang ada, maka dari data *output* ETABS diperoleh :

$$M_2 = M_y = 167,97 \text{ KNm}$$

$$M_3 = M_x = 189,61 \text{ KNm}$$

$$P_u = 5790,43 \text{ KN}$$

Kolom direncanakan dengan faktor reduksi 0,65.

$$M_{uy} = M_2 = 167,97 \text{ KNm}$$

$$M_{ny} = \frac{M_{uy}}{\phi} = \frac{167,97}{0,65} = 258,415 \text{ KNm}$$

$$M_{ux} = M_3 = 189,61 \text{ KNm}$$

$$M_{nx} = \frac{M_{ux}}{\phi} = \frac{189,61}{0,65} = 291,711 \text{ KNm}$$

$$P_u = 2576,48 \text{ KN}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{5790,43}{0,65} = 8908,354 \text{ KN}$$

Gaya aksial dan momen lentur kolom diatas merupakan gaya-gaya biaksial, sehingga momen biaksial tersebut terlebih dahulu harus dikonversi menjadi momen uniaksial.

$$B = 800 \text{ mm}$$

$$H = 800 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,65$$

$$\frac{M_{ny}}{M_{nx}} = \frac{258,415 \text{ KNm}}{291,711 \text{ KNm}} = 0,886$$

$$\frac{b}{h} = \frac{800}{800} = 1$$

Karena $\frac{M_{ny}}{M_{nx}} = 0,886 < \frac{b}{h} = 1$, maka ;

$$M_{nox} = M_{ny} \cdot \frac{b}{h} \cdot \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) + M_{nx}$$

$$M_{nox} = 258,415 \cdot \frac{800}{800} \cdot \left(\frac{1-0,65}{0,65} \right) + 291,711$$

$$M_{nox} = 430,8575 \text{ KNm}$$

Untuk $M_{nox} = 430,8575 \text{ KNm}$ dan $P_n = 8908,354 \text{ KN}$

Kolom dirancang menggunakan kolom uniaksial

$$Mod = \frac{M_{nox}}{f'_c \cdot b \cdot h^2} = \frac{430,8575 \cdot 10^6}{25 \cdot 800 \cdot 800^2} = 0,03$$

$$Nod = \frac{P_n}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{8908,354 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,56$$

Dari diagram interaksi kolom $Nod - Mod$ menurut Yoyong Arfiadi dalam diktat kuliah *Concrete Structure II*, untuk $f'_c = 25 \text{ MPa}$ dan $f_y = 400 \text{ MPa}$.

Diambil $\rho_s = 1 \%$

$$A_{st} = \rho_s \cdot b \cdot h$$

$$= 1 \% \cdot 800 \cdot 800 = 6400 \text{ mm}^2$$

4. Analisis Kemampuan Tampang Kolom

$$A_g = 800 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} = 640000 \text{ mm}^2$$

$$P_n \geq 0,1 \cdot f'_c \cdot A_g$$

$$8908,354 \text{ KN} \geq 0,1 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 640000 \text{ mm}^2 \cdot 10^{-3}$$

$$8908,354 \text{ KN} > 1600 \text{ KN}$$

Karena $P_n > 0,1 \cdot f'_c \cdot A_g$ maka untuk analisis kemampuan tampang

Reciprocal Load Method dapat digunakan

$$P_o = 0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + F_y \cdot A_{st}$$

$$= ((0,85 \cdot 25 (640000 - 6400)) + (400 \cdot 6400)) \cdot 10^{-3}$$

$$P_o = 16024 \text{ kN}$$

Mencari nilai P_{ox}

P_{ox} = kuat beban kolom uniaksial maksimum dengan $M_{nx} = P_n \cdot e_y$

$$M_{nx} = 291,711 \text{ KNm} ; \text{ untuk } \rho = 1 \%$$

$$Mod = \frac{M_{nx}}{f'_c \cdot b \cdot h^2} = \frac{291,711 \cdot 10^6}{25 \cdot 800 \cdot 800^2} = 0,023$$

Dari diagram interaksi kolom $N_{od} - M_{od}$ menurut Yoyong Arfiadi dalam diktat kuliah *Concrete Structure II*, untuk $f'_c = 25 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$ dan $\rho_s = 1 \%$

Diperoleh $N_{od} = 0,95$

$$P_{ox} = N_{od} \cdot f'_c \cdot b \cdot h = (0,95 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800) \cdot 10^{-3} = 15200 \text{ KN}$$

Mencari nilai P_{oy}

Mencari P_{oy} = kuat beban kolom uniaksial maksimum dengan $M_{ny} = P_n \cdot e_x$

$$M_{ny} = 258,415 \text{ KNm} ; \text{ untuk } \rho = 1 \%$$

$$Mod = \frac{Mny}{f'c \cdot b \cdot h^2} = \frac{258,415 \cdot 10^6}{25 \cdot 800 \cdot 800^2} = 0,02$$

Dari diagram interaksi kolom $Nod - M_{od}$ menurut Yoyong Arfiadi dalam diktat kuliah *Concrete Structure II*, untuk $f'_c = 25$ MPa, $f_y = 400$ MPa dan $\rho_s = 1\%$

Diperoleh $Nod = 0,955$

$$Poy = Nod \cdot f'_c \cdot b \cdot h = (0,955 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800) \cdot 10^{-3} = 15280 \text{ KN}$$

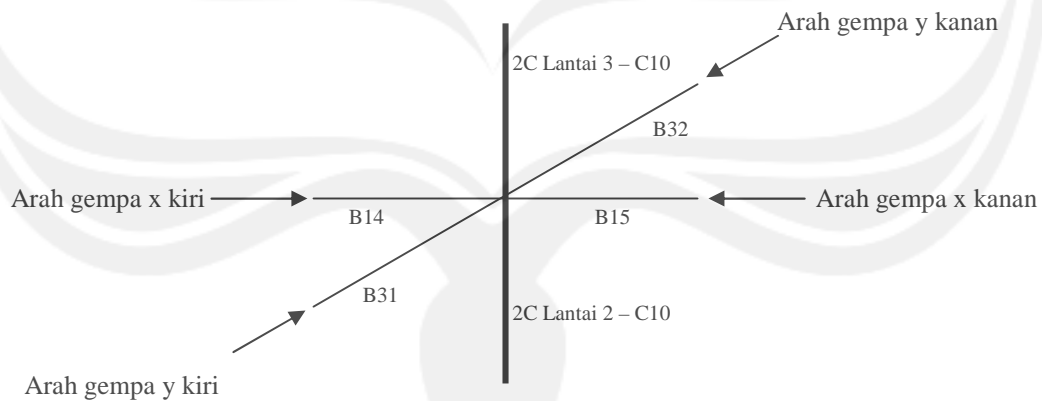
Sesuai dengan *Bresler Reciprocal Load Method* :

$$\frac{1}{\frac{1}{Pox} + \frac{1}{Poy} - \frac{1}{Po}} = \frac{1}{\frac{1}{15200 \text{ KN}} + \frac{1}{15280 \text{ KN}} - \frac{1}{16024 \text{ KN}}}$$

$$= 14528,9477 \text{ KN}$$

$$Pn = 8908,354 \text{ KN} < 14528,9477 \text{ KN (ok)}$$

5. Mencari $\sum Me$



Gambar 5.6. Arah Gempa Pada Pertemuan Balok Kolom

Dari output, dipilih nilai P_u yang menghasilkan momen terbesar, dan disesuaikan dengan semua arah gempa yang terjadi.

Gempa arah x dari kiriUntuk kolom C10 Lantai 2

Nilai P_u min = 3233,47 kN

Nilai P_u max = 5253,02 kN

$$P_n \text{ min} = \frac{P_u \text{ min}}{\Phi} = \frac{3233,47}{0,65} = 4974,5692 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ max} = \frac{P_u \text{ max}}{\Phi} = \frac{5253,02}{0,65} = 8081,5692 \text{ kN}$$

$$k_p \text{ min} = \frac{P_n \text{ min}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{4974,5692 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,31$$

$$k_p \text{ max} = \frac{P_n \text{ max}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{8081,5692 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,51$$

Dari diagram interaksi dengan $\rho = 1 \%$ maka didapat nilai:

k_m min = 0,139

k_m max = 0,1345

$$M_{e1} = k_m \text{ min} \cdot f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,139 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1779,20 \text{ kNm}$$

$$M_{e1} = k_m \text{ max} \cdot f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,1345 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1721,6 \text{ kNm}$$

Dipakai yang terkecil $M_{e1} = 1721,6 \text{ kNm}$

Untuk kolom C10 Lantai 3

Nilai P_u min = 2799,4 kN

Nilai P_u max = 4551,35 kN

$$P_n \text{ min} = \frac{P_u \text{ min}}{\Phi} = \frac{2799,4}{0,65} = 4306,7692 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ max} = \frac{P_u \text{ max}}{\Phi} = \frac{4551,35}{0,65} = 7002,0769 \text{ kN}$$

$$k_p \text{ min} = \frac{P_n \text{ min}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{4306,7692 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,27$$

$$k_p \text{ max} = \frac{P_n \text{ max}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{7002,0769 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,44$$

Dari diagram interaksi dengan $\rho = 1 \%$ maka didapat nilai:

$$k_m \text{ min} = 0,134$$

$$k_m \text{ max} = 0,1395$$

$$M_{e2} = k_m \text{ min} \cdot f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,134 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1715,2 \text{ kNm}$$

$$M_{e2} = k_m \text{ max} \cdot f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,1395 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1785,6 \text{ kNm}$$

Dipakai yang terkecil $M_{e2} = 1715,2 \text{ kNm}$

$$\Sigma M_e = M_{e1} + M_{e2} = 1721,6 + 1715,2 = 3436,8 \text{ kNm}$$

Gempa arah x dari kanan

Untuk kolom C10 Lantai 2

$$\text{Nilai } P_u \text{ min} = 3231,71 \text{ kN}$$

$$\text{Nilai } P_u \text{ max} = 5251,25 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ min} = \frac{P_u \text{ min}}{\Phi} = \frac{3231,71}{0,65} = 4971,8615 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ max} = \frac{P_u \text{ max}}{\Phi} = \frac{5251,25}{0,65} = 8078,8462 \text{ kN}$$

$$k_p \text{ min} = \frac{P_n \text{ min}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{4971,8615 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,31$$

$$k_p \text{ max} = \frac{P_n \text{ max}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{8078,8462 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,50$$

Dari diagram interaksi dengan $\rho = 1 \%$ maka didapat nilai:

$$k_m \text{ min} = 0,139$$

$$k_m \text{ max} = 0,1345$$

$$M_{e1} = k_m \text{ min. } f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,139 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1779,20 \text{ kNm}$$

$$M_{e1} = k_m \text{ max. } f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,1345 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1721,6 \text{ kNm}$$

Dipakai yang terkecil $M_{e1} = 1721,6 \text{ kNm}$

Untuk kolom C10 Lantai 3

$$\text{Nilai } P_u \text{ min} = 2797,82 \text{ kN}$$

$$\text{Nilai } P_u \text{ max} = 4549,77 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ min} = \frac{P_u \text{ min}}{\Phi} = \frac{2797,82}{0,65} = 4304,3385 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ max} = \frac{P_u \text{ max}}{\Phi} = \frac{4549,77}{0,65} = 6999,6462 \text{ kN}$$

$$k_p \text{ min} = \frac{P_n \text{ min}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{4304,3385 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,27$$

$$k_p \text{ max} = \frac{P_n \text{ max}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{6999,6462 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,44$$

Dari diagram interaksi dengan $\rho = 1 \%$ maka didapat nilai:

$$k_m \text{ min} = 0,134$$

$$k_m \text{ max} = 0,1395$$

$$M_{e2} = k_m \text{ min. } f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,134 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1715,2 \text{ kNm}$$

$$M_{e2} = k_m \text{ max. } f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,1395 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1785,6 \text{ kNm}$$

Dipakai yang terkecil $M_{e2} = 1715,2 \text{ kNm}$

$$\sum M_e = M_{e1} + M_{e2} = 2602,53 + 2733,75 = 5336,28 \text{ kNm}$$

Gempa arah y dari kiri

Untuk kolom C10 Lantai 2

Nilai P_u min = 3241,01 kN

Nilai P_u max = 5257,07 kN

$$P_n \text{ min} = \frac{P_u \text{ min}}{\Phi} = \frac{3241,01}{0,65} = 4986,2 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ max} = \frac{P_u \text{ max}}{\Phi} = \frac{5257,07}{0,65} = 8087,8 \text{ kN}$$

$$k_p \text{ min} = \frac{P_n \text{ min}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{4986,2 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,31$$

$$k_p \text{ max} = \frac{P_n \text{ max}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{8087,8 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,51$$

Dari diagram interaksi dengan $\rho = 1\%$ maka didapat nilai:

k_m min = 0,139

k_m max = 0,1345

$$M_{e1} = k_m \text{ min} \cdot f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,139 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1779,20 \text{ kNm}$$

$$M_{e1} = k_m \text{ max} \cdot f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,1345 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1721,6 \text{ kNm}$$

Dipakai yang terkecil $M_{e1} = 1721,6 \text{ kNm}$

Untuk kolom C10 Lantai 3

Nilai P_u min = 2804,49 kN

Nilai P_u max = 4554,09 kN

$$P_n \text{ min} = \frac{P_u \text{ min}}{\Phi} = \frac{2804,49}{0,65} = 4314,6 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ max} = \frac{P_u \text{ max}}{\Phi} = \frac{4554,09}{0,65} = 7006,2923 \text{ kN}$$

$$k_p \text{ min} = \frac{P_n \text{ min}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{4314,6 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,27$$

$$k_p \text{ max} = \frac{P_n \text{ max}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{7006,2923 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,44$$

Dari diagram interaksi dengan $\rho = 1 \%$ maka didapat nilai:

$$k_m \text{ min} = 0,134$$

$$k_m \text{ max} = 0,1395$$

$$M_{e2} = k_m \text{ min} \cdot f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,134 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1715,2 \text{ kNm}$$

$$M_{e2} = k_m \text{ max} \cdot f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,1395 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1785,6 \text{ kNm}$$

Dipakai yang terkecil $M_{e2} = 1715,2 \text{ kNm}$

$$\Sigma M_e = M_{e1} + M_{e2} = 1721,6 + 1715,2 = 3436,8 \text{ kNm}$$

Gempa arah y dari kanan

Untuk kolom C10 Lantai 2

$$\text{Nilai } P_u \text{ min} = 3227,65 \text{ kN}$$

$$\text{Nilai } P_u \text{ max} = 5243,72 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ min} = \frac{P_u \text{ min}}{\Phi} = \frac{3227,65}{0,65} = 4965,6154 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ max} = \frac{P_u \text{ max}}{\Phi} = \frac{5243,72}{0,65} = 8067,2615 \text{ kN}$$

$$k_p \text{ min} = \frac{P_n \text{ min}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{4965,6154 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,31$$

$$k_p \text{ max} = \frac{P_n \text{ max}}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{8067,2615 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,50$$

Dari diagram interaksi dengan $\rho = 1 \%$ maka didapat nilai:

$$k_m \text{ min} = 0,139$$

$$k_m \max = 0,1345$$

$$M_{e1} = k_m \min. f'_c . b . h^2 = (0,139 . 25 . 800 . 800^2) . 10^{-6} = 1779,20 \text{ kNm}$$

$$M_{e1} = k_m \max. f'_c . b . h^2 = (0,1345 . 25 . 800 . 800^2) . 10^{-6} = 1721,6 \text{ kNm}$$

Dipakai yang terkecil $M_{e1} = 1721,6 \text{ kNm}$

Untuk kolom C10 Lantai 3

$$\text{Nilai } P_u \min = 2795,08 \text{ kN}$$

$$\text{Nilai } P_u \max = 4544,68 \text{ kN}$$

$$P_n \min = \frac{P_u \min}{\Phi} = \frac{2795,08}{0,65} = 4300,1231 \text{ kN}$$

$$P_n \max = \frac{P_u \max}{\Phi} = \frac{4544,68}{0,65} = 6991,8154 \text{ kN}$$

$$k_p \min = \frac{P_n \min}{f'_c . b . h} = \frac{4300,1231 . 10^3}{25 . 800 . 800} = 0,27$$

$$k_p \max = \frac{P_n \max}{f'_c . b . h} = \frac{6991,8154 . 10^3}{25 . 800 . 800} = 0,44$$

Dari diagram interaksi dengan $\rho = 1 \%$ maka didapat nilai:

$$k_m \min = 0,134$$

$$k_m \max = 0,1395$$

$$M_{e2} = k_m \min. f'_c . b . h^2 = (0,134 . 25 . 800 . 800^2) . 10^{-6} = 1715,2 \text{ kNm}$$

$$M_{e2} = k_m \max. f'_c . b . h^2 = (0,1395 . 25 . 800 . 800^2) . 10^{-6} = 1785,6 \text{ kNm}$$

Dipakai yang terkecil $M_{e2} = 1715,2 \text{ kNm}$

$$\Sigma M_e = M_{e1} + M_{e2} = 2602,53 + 2733,75 = 5336,28 \text{ kNm}$$

Mencari ΣMg

Untuk mencari momen kapasitas balok di kanan dan di kiri kolom, ditinjau gempa dari semua arah.

Arah x

Akibat gempa dari kiri

Balok kiri (B14) = Momen Kapasitas negatif = 379,0783 kNm

Balok kanan (B15) = Momen Kapasitas positif = 265,5220 kNm

$$\begin{aligned} Mg &= M_{kap_{ki}^-} + M_{kap_{ka}^+} \\ &= 379,0783 + 265,5220 = 644,6003 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{6}{5} \Sigma Mg = \frac{6}{5} \cdot 644,6003 = 773,5203 \text{ kNm}$$

Akibat gempa dari kanan

Balok kiri (B14) = Momen Kapasitas negatif = 265,5220 kNm

Balok kanan (B15) = Momen Kapasitas positif = 379,0783 kNm

$$\begin{aligned} Mg &= M_{kap_{ki}^-} + M_{kap_{ka}^+} \\ &= 265,522 + 379,0783 = 644,6003 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{6}{5} \Sigma Mg = \frac{6}{5} \cdot 644,6003 = 773,5203 \text{ kNm}$$

Arah y

Akibat gempa dari kiri

Balok kiri (B31) = Momen Kapasitas negatif = 432,0369 kNm

Balok kanan (B32) = Momen Kapasitas positif = 471,159 kNm

$$Mg = M_{kap_{ki}^-} + M_{kap_{ka}^+}$$

$$= 432,0369 + 471,159 = 903,1959 \text{ kNm}$$

$$\frac{6}{5} \sum Mg = \frac{6}{5} \cdot 903,1959 = 1083,835 \text{ kNm}$$

Akibat gempa dari kanan

Balok kiri (B31) = Momen Kapasitas negatif = 471,159 kNm

Balok kanan (B32) = Momen Kapasitas positif = 432,0369 kNm

$$Mg = M_{kap_{ki}^-} + M_{kap_{ka}^+}$$

$$= 471,159 + 432,0369 = 903,1959 \text{ kNm}$$

$$\frac{6}{5} \sum Mg = \frac{6}{5} \cdot 903,1959 = 1083,835 \text{ kNm}$$

Sesuai dengan persyaratan kuat lentur kolom (SK SNI 03-2847-2002, Pasal 23.4.2.(2),hal 213)

$$\sum Me \geq \left[\frac{6}{5} \right] \sum Mg$$

maka untuk

$$\text{Arah x gempa kiri } \sum Me = 3436,8 \geq \frac{6}{5} \sum Mg = 773,5203 \dots\dots\dots\text{ok}$$

$$\text{Arah x gempa kanan } \sum Me = 3436,8 \geq \frac{6}{5} \sum Mg = 773,5203 \dots\dots\dots\text{ok}$$

$$\text{Arah y gempa kiri } \sum Me = 3436,8 \geq \frac{6}{5} \sum Mg = 1083,835 \dots\dots\dots\text{ok}$$

$$\text{Arah y gempa kanan } \sum Me = 3436,8 \geq \frac{6}{5} \sum Mg = 1083,835 \dots\dots\dots\text{ok}$$

Dengan demikian rasio tulangan yang digunakan adalah 1%

$$As = 1 \% \cdot 800 \cdot 800 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan : } \frac{As}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{6400}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2} = 13,0327 \approx 16$$

Tulangan yang digunakan 16D25

5.2.2. Penulangan transversal

1. Pada sepanjang λo

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 23.4(4(4)), λo ditentukan dari :

$$\geq \text{tinggi penampang kolom pada muka hubungan balok-kolom} = 800 \text{ mm}$$

$$\geq \frac{1}{6} \cdot \text{bentang bersih komponen struktur} = \frac{1}{6} \cdot (3500 - 800) = 450 \text{ mm}$$

$$\geq 500 \text{ mm}$$

Diambil panjang $\lambda o = 800 \text{ mm}$

Spasi maksimal diambil nilai terkecil dari :

$$\leq \frac{1}{4} \cdot \text{dimensi terkecil kolom} = \frac{1}{4} \cdot 800 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$\leq 6 \cdot \text{diameter tulangan longitudinal} = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$\leq s_x = 100 + \frac{350 - h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 337,5}{3} = 104,1667 \text{ mm}$$

h_x = spasi horisontal maksimum untuk kaki-kaki sengkang

$$= \frac{800 - 2 \cdot (40 + 10 + (0,5 \cdot 25))}{2} = 337,5 \text{ mm}$$

Karena s_x harus memenuhi $100 \text{ mm} \leq s_x \leq 150 \text{ mm}$, maka dipakai $s_x = 100$

mm

2. Diluar λ_o

Di luar λ_o , spasi maksimal diambil nilai terkecil dari :

$$\leq 6 \cdot \text{diameter tulangan longitudinal} = 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm}$$

$$\leq 150 \text{ mm}$$

Jadi dipakai (s) = 150 mm

3. Penulangan Geser Kolom

Tulangan geser dihitung dengan menggunakan P_u yang menghasilkan momen kapasitas kolom terbesar dari semua kombinasi.

$$P_u = P_{pr} = 5790,43 \text{ KN}$$

dengan nilai P_u diatas, pada diagram interaksi kolom didapatkan nilai :

$$Nod = \frac{P_u}{f'_c \cdot b \cdot h} = \frac{5790,43 \cdot 10^3}{25 \cdot 800 \cdot 800} = 0,3619$$

Dari diagram interaksi $Nod - Mod$ dengan untuk $f'_c = 25 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$ dan $\rho_s = 1 \%$ maka didapat nilai $Mod = 0,142$

$$\text{Maka } M_{pr} = Mod \cdot f'_c \cdot b \cdot h^2 = (0,142 \cdot 25 \cdot 800 \cdot 800^2) \cdot 10^{-6} = 1817,6 \text{ KNm}$$

Gaya geser kolom :

$$V_{e1} = \frac{M_{pr_{ujung\ kolom\ atas}} + M_{pr_{ujung\ kolom\ bawah}}}{lc}$$

$$V_{e1} = \frac{1817,6 + 1817,6}{3,5 - 0,8} = 1346,37 \text{ KN}$$

Menghitung kemungkinan terjadinya gaya geser akibat momen kapasitas balok yang merangkai kolom, didapat dari mencari kemungkinan nilai momen kapasitas balok yang terbesar. Pada tugas akhir ini momen kapasitas maksimum terjadi pada arah x

Faktor distribusi momen untuk kolom adalah :

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'c} = 4700 \cdot \sqrt{25} = 23500$$

$$DF_{ujung\ atas} = \frac{E_c \cdot I_{kolom\ bawah}}{E_c \cdot I_{kolom\ atas} + E_c \cdot I_{kolom\ bawah}}$$

$$= \frac{23500 \cdot \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3}{23500 \cdot \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 + 23500 \cdot \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3} = 0,5$$

$$DF_{ujung\ bawah} = \frac{E_c \cdot I_{kolom\ bawah}}{E_c \cdot I_{kolom\ atas} + E_c \cdot I_{kolom\ bawah}}$$

$$= \frac{23500 \cdot \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3}{23500 \cdot \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 + 23500 \cdot \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3} = 0,5$$

Mpr positif dan negatif dari balok-balok yang bertemu di hubungan balok kolom sehingga dapat kita hitung gaya geser rencana berdasarkan Mpr balok :

a. Ujung bawah kolom :

Balok yang merangkai kolom adalah ujung bawah balok pada lantai 1

Balok kiri (B14) = Momen Kapasitas negatif = 379,0783 KNm.

Balok kanan (B15) = Momen Kapasitas positif = 265,522 KNm.

$$Mpr_{bawah} = (379,0783 + 265,522) = 644,6003 \text{ KNm}$$

b. Ujung atas kolom :

Balok yang merangkai kolom adalah ujung atas balok pada lantai 2

Balok kiri (B14) = Momen Kapasitas negatif = 473,8479 KNm.

Balok kanan (B15) = Momen Kapasitas positif = 331,9024 KNm.

$$Mpr_{atas} = (473,8479 + 331,9024) = 805,7504 \text{ KNm}$$

$$Ve_2 = \frac{DF_{ujung\ atas} \cdot Mpr_{atas} + DF_{ujung\ bawah} \cdot Mpr_{bawah}}{lc}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 805,7504 + 0,5 \cdot 644,6003}{(3,5 - 0,8)} = 522,2456 \text{ KN}$$

dari hasil analisis struktur didapat $Ve_3 = 100 \text{ KN}$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 halaman 215, bahwa nilai Ve_1 tidak perlu lebih besar dari $Ve_2 = 254,5758 \text{ KN}$, tetapi nilai Ve terpakai harus lebih besar dari hasil analisis struktur, maka digunakan :

$$Ve = Ve_2 = 522,2456 \text{ KN}$$

Daerah sepanjang $\lambda_0 = 800 \text{ mm}$

$$Ve = 522,2456 \text{ KN}, Vc = 0$$

$$Vs = \frac{Ve}{\Phi} = \frac{522,2456}{0,75} = 696,3275 \text{ KN}$$

$$s = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{(4,025 \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot (800 - 62,5)}{696,3275 \cdot 10^3} = 79,8885 \text{ mm}$$

digunakan sengkang tertutup 4P10-75.

Daerah di luar λ_0

$$Ve = 522,2456 \text{ kN}$$

Gaya aksial terfaktor diambil dari nilai terkecil akibat semua kombinasi, yang terjadi pada kombinasi 2 yaitu $Nu = 3227,65 \text{ kN}$.

$$Vc = \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right) \left(\frac{\sqrt{f'c}}{6} \right) bw \cdot d$$

$$V_c = \left(1 + \frac{3227,65 \cdot 10^3}{14.800 \cdot 800} \right) \left(\frac{\sqrt{25}}{6} \right) \cdot 800 \cdot (800 - (40 + 10 + (0,5 \cdot 25)))$$

$$= 491843,7792 \text{ N} = 491,8438 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_e}{\Phi} - V_c = \frac{522,2456}{0,75} - 491,8438 \text{ kN} = 204,4837 \text{ kN}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot (800 - 62,5)}{204,4837 \cdot 10^3} = 204,0330 \text{ mm}$$

maka digunakan sengkang tertutup 3P10 – 150.

5.2.3. Sambungan balok kolom

Spasi maksimal diambil nilai terkecil dari :

$$\leq \frac{1}{4} \cdot \text{dimensi terkecil kolom} = \frac{1}{4} \cdot 800 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$\leq 6 \cdot \text{diameter tulangan longitudinal} = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$\leq s_x = 100 + \frac{350 - hx}{3} = 100 + \frac{350 - 337,5}{3} = 104,1667 \text{ mm}$$

hx = spasi horisontal maksimum untuk kaki-kaki sengkang

$$= \frac{800 - 2 \cdot (40 + 10 + (0,5 \cdot 25))}{2} = 337,5 \text{ mm}$$

Karena s_x harus memenuhi $100 \text{ mm} \leq s_x \leq 150 \text{ mm}$, maka dipakai $s_x = 100 \text{ mm}$.

Spasi maksimum = 100 mm.

Jarak pusat ke pusat tulangan transversal $h_c = 800 - 2 \cdot d' = 800 - (2 \cdot 62,5) = 675 \text{ mm}$

A_{ch} = Luas penampang dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal

$$= (800 - (2 \cdot 40))^2 = 518400 \text{ mm}^2$$

A_g = Luas bruto penampang kolom = $800^2 = 640000 \text{ mm}^2$

Luas total tulangan sengkang diambil nilai terbesar dari:

$$\begin{aligned}
 Ash_1 &= 0,3 \left(s.h.c. \frac{fc'}{fyh} \right) \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \\
 &= 0,3 \left(100.675 \cdot \frac{25}{400} \right) \left(\frac{640000}{518400} - 1 \right) = 494,7917 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ash_2 &= 0,09 \left(s.h.c. \frac{fc'}{fyh} \right) \\
 &= 0,09 \left(100.675 \cdot \frac{25}{400} \right) = 632,8125 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas sengkang menentukan 632,8125 mm²

$$\text{Jumlah sengkang yang diperlukan} = \frac{632,8125}{4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2} = 2,0135 \approx 3 \text{ lapis.}$$

Digunakan sengkang 3 lapis 4P10.

5.2.4. Hubungan balok kolom

Peninjauan kekuatan geser joint.

Ditinjau gempa arah x

Balok-balok yang merangka joint mempunyai momen kapasitas M_{pr} :

$$\begin{aligned}
 \text{Balok kiri (B14)} &= \text{Momen kapasitas negatif} = 473,8479 \text{ kNm} \\
 \text{Balok kanan (B15)} &= \text{Momen kapasitas positif} = 331,9024 \text{ kNm} \\
 M_{pr} &= (473,8479 + 331,9024) = 805,7504 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Pada joint, faktor distribusi DF untuk kolom di atasnya adalah 0,5 dan untuk kolom dibawahnya DF sebesar 0,5.

Momen untuk kolom di atas joint adalah :

$$M_{atas} = 0,5 \cdot 805,7504 = 402,8752 \text{ kNm}$$

Momen untuk kolom di bawah joint adalah :

$$M_{bawah} = 0,5 \cdot 805,7504 = 402,8752 \text{ kNm}$$

Gaya geser pada joint akibat gaya geser kolom

$$\begin{aligned} V &= \frac{M_{atas} + M_{bawah}}{0,5 \cdot h_{kolom\ atas} + 0,5 \cdot h_{kolom\ bawah}} \\ &= \frac{(402,8752 + 402,8752)}{((0,5 \cdot 3,5) + (0,5 \cdot 3,5))} = 230,2144 \text{ kN} \end{aligned}$$

Balok-balok yang merangka joint pada arah x adalah :

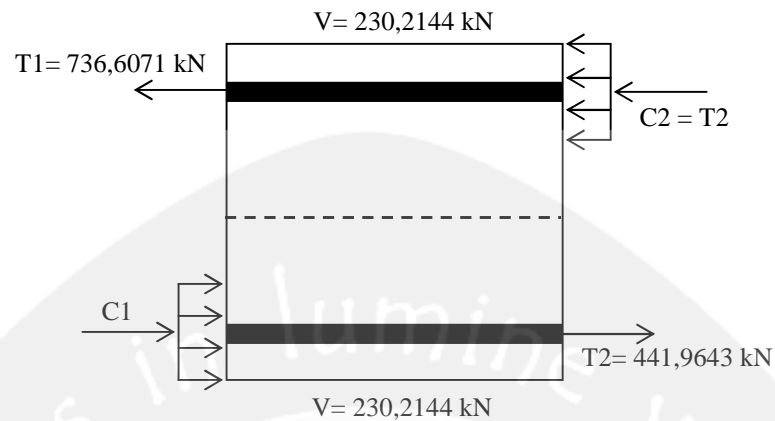
$$\text{Balok kiri (B14), tulangan atas 5D25} \quad \text{As atas} = 2455,3571 \text{ mm}^2$$

$$\text{Balok kanan (B15), tulangan bawah 3D25} \quad \text{As bawah} = 1473,2143 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} T1 &= 1,25 \cdot f_y \cdot \text{As atas} \\ &= 1,25 \cdot 240 \cdot 2455,3571 / 1000 \\ &= 736,6071 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C2 &= 1,25 \cdot f_y \cdot \text{As bawah} \\ &= 1,25 \cdot 240 \cdot 1473,2143 / 1000 \\ &= 441,9643 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_j &= (T1 + C2) - V \\ &= (736,6071 + 441,9643) - 230,2144 \\ &= 948,3570 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 5.7. Gambar Keseimbangan Gaya pada Joint

Lebar efektif hubungan balok kolom diambil nilai terkecil dari:

$$\text{- lebar balok + lebar kolom} = 500 + 800 = 1300 \text{ mm}$$

$$\text{- lebar balok + } 2 \cdot x = 500 + 300 = 800 \text{ mm}$$

Digunakan lebar efektif balok = 800 mm

Luas efektif joint $A_j = (\text{lebar efektif joint}) \cdot h$

$$= 800 \cdot 800 = 640000 \text{ mm}^2$$

Kuat geser nominal hubungan balok kolom untuk hubungan balok kolom yang terkekang pada keempat sisinya tidak boleh lebih besar dari :

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= 0,8 \cdot (1,7 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A_j) \\ &= 0,8 \cdot (1,7 \cdot \sqrt{25} \cdot 640000) / 1000 \\ &= 4352 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_j = 948,3570 \text{ kN} < \phi \cdot V_n = 4352 \text{ kN}$$

Sengkang 3 lapis 4P10 dapat digunakan.

5.3. Perencanaan Tangga

5.3.1. Perencanaan dimensi tangga

$$\text{Selisih tinggi lantai} = 3,5 \text{ m.}$$

$$\text{Lebar ruang tangga} = 4 \text{ m.}$$

$$\text{Panjang ruang tangga} = 4 \text{ m.}$$

$$\text{Rencana tinggi tanjakan (Optrade)} = 17 \text{ cm.}$$

$$\text{Jumlah anak tangga} = \frac{350}{17} - 1 = 19,588 \approx 20 \text{ buah.}$$

$$\text{Lebar bordes direncanakan} = 120 \text{ cm.}$$

$$\text{Lebar injakan (Antrade)} = \frac{400 - 120}{10} = 28 \text{ cm}$$

Kontrol :

$$2 \cdot \text{Optrade} + \text{Antrade} = 60 \text{ sampai } 65$$

$$(2 \cdot 17) + 28 = 62 \text{ OK !}$$

$$Tt' = \frac{0,5 \cdot \text{Optrade} \cdot \text{Antrade}}{\sqrt{\text{Optrade}^2 + \text{Antrade}^2}}$$

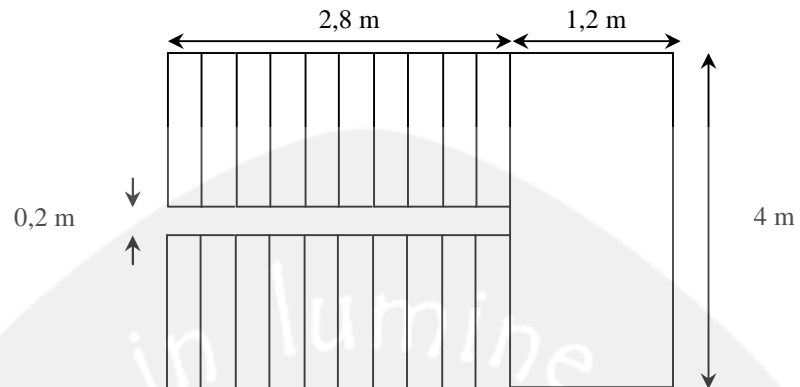
$$= \frac{0,5 \cdot 17 \cdot 28}{\sqrt{17^2 + 28^2}} = 7,2657 \text{ cm.}$$

$$\text{Tan } \alpha = \text{arc tan } \frac{\text{Optrade}}{\text{Antrade}} = \text{arc tan } \frac{17}{28} = 31,2637^\circ$$

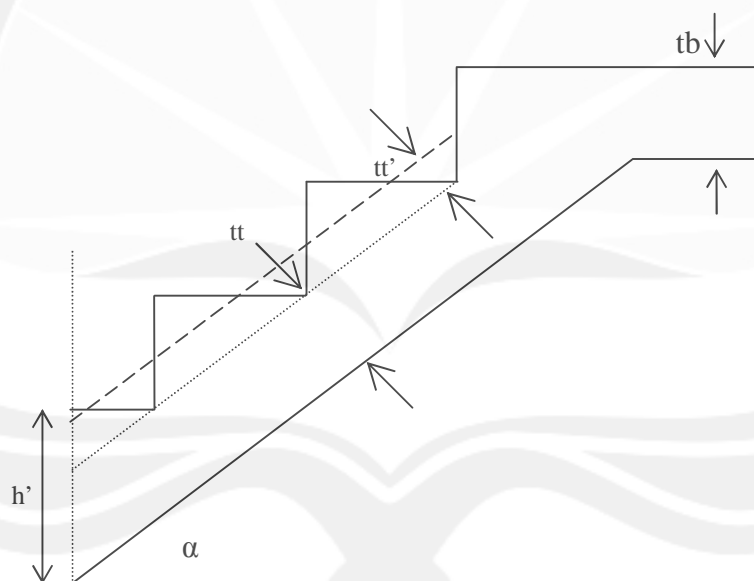
$$\text{Tebal pelat tangga} = \text{tebal bordes} = tt = 12 \text{ cm.}$$

$$h' = \frac{tt + tt'}{\cos \alpha} = \frac{12 + 7,2657}{\cos 31,2637}$$

$$h' = 22,5386 \text{ cm} = 0,225386 \text{ m.}$$



Gambar 5.8. Ruang Tangga



Gambar 5.9. Penampang Tangga

5.3.2. Pembebanan tangga

Hitungan beban per meter lebar tangga

Beban Mati

$$\text{Pelat tangga dan anak tangga} = 0,225386 \cdot 1 \cdot 24 = 5,409262 \text{ KN/m}$$

Spesi	$= 2 \cdot 1 \cdot 0,21$	$= 0,42$	KN/m
Keramik	$= 1 \cdot 1 \cdot 0,24$	$= 0,24$	KN/m
Railing (asumsi)		$= 1$	KN/m
		<hr/>	
		$qd = 7,069262$	KN/m

Beban Hidup

$$ql = 1 \cdot 3 = 3 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} qu \text{ pelat tangga} &= (1,2 \cdot qd) + (1,6 \cdot ql) \\ &= (1,2 \cdot 7,069262) + (1,6 \cdot 3) \\ &= 13,2831 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Hitungan beban per meter lebar bordes

Beban Mati

$$\text{Pelat bordes} = 0,12 \cdot 1 \cdot 24 = 2,88 \text{ KN/m}$$

$$\text{Spesi} = 2 \cdot 1 \cdot 0,21 = 0,42 \text{ KN/m}$$

$$\text{Keramik} = 1 \cdot 1 \cdot 0,24 = 0,24 \text{ KN/m}$$

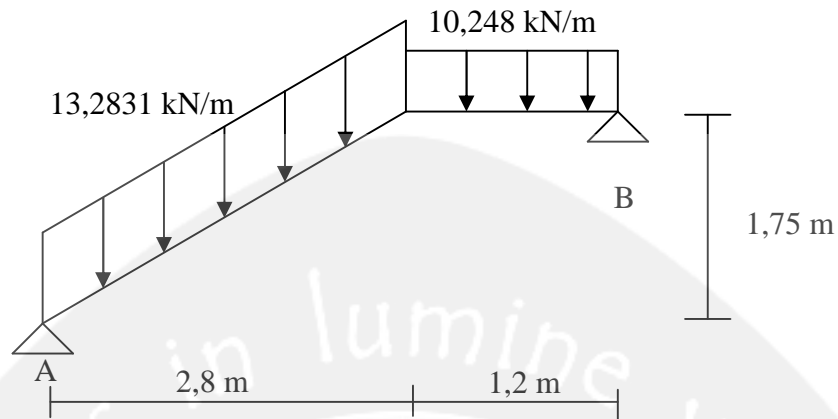
$$\text{Railing (asumsi)} = 1 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} &\hr/> \\ qd &= 4,54 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup

$$ql = 1 \cdot 3 = 3 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} qu \text{ pelat bordes} &= (1,2 \cdot qd) + (1,6 \cdot ql) \\ &= 1,2 \cdot 4,54 + 1,6 \cdot 3 \\ &= 10,248 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Gambar 5.10. Pembebanan pada Tangga

Analisis gaya dalam

Dari analisis dengan *software SAP2000 Nonlinier* versi 9.0 diperoleh momen akibat kombinasi beban $1,2 \cdot qd + 1,6 \cdot ql$ sebesar :

Momen Lapangan

$$\text{Pelat tangga} = 11,19 \text{ KNm}$$

$$\text{Pelat bordes} = 4,97 \text{ KNm}$$

Momen Tumpuan

$$\text{Pelat tangga} = -12,65 \text{ KNm}$$

$$\text{Pelat bordes} = -12,65 \text{ KNm}$$

5.3.3. Penulangan pelat tangga

a. Lapangan

$$Mu = 11,19 \text{ KNm}$$

Digunakan tulangan D13

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

$$d' = 20 + (0,5 \cdot 13) = 26,5 \text{ mm}$$

$$d = 120 - 26,5 = 93,5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{11,19 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 1,6$$

$$\rho_g = 0,00212$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'c}} \right) = \frac{0,85 \cdot 25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,6}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0042$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \beta_1 \frac{600}{600 + fy} \right) = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 25}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203$$

$$As_{min} = As_{susut} = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 120 = 254,4 \text{ mm}^2$$

$$As = 0,0042 \cdot 1000 \cdot 93,5 = 392,7 \text{ mm}^2$$

$$As_{maks} = 0,0203 \cdot 1000 \cdot 93,5 = 1898,05 \text{ mm}^2$$

Karena $As_{min} < As < As_{maks}$, maka digunakan $As = 392,7 \text{ mm}^2$

$$Spasi = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{As} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 13^2}{392,7} = 337,9992 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Dipakai D13 – 200

b. Tumpuan

$$Mu = - 12,65 \text{ KNm}$$

Digunakan tulangan D13

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

$$d' = 20 + (0,5 \cdot 13) = 26,5 \text{ mm}$$

$$d = 120 - 26,5 = 93,5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{12,65 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 93,5^2} = 1,8087$$

$$\rho_g = 0,00212$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'c}} \right) = \frac{0,85 \cdot 25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,8087}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0047$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \beta_1 \frac{600}{600 + fy} \right) = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 25}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203$$

$$As_{min} = As_{susut} = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 120 = 254,4 \text{ mm}^2$$

$$As = 0,0047 \cdot 1000 \cdot 93,5 = 439,45 \text{ mm}^2$$

$$As_{maks} = 0,0203 \cdot 1000 \cdot 93,5 = 1898,05 \text{ mm}^2$$

Karena $As_{min} < As < As_{maks}$, maka digunakan $As = 439,45 \text{ mm}^2$

$$Spasi = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{As} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 13^2}{439,45} = 302,0418 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Dipakai D13 – 200

c. Tulangan Susut

Dipakai tulangan diameter 10 mm ($fy = 240 \text{ MPa}$)

$$\rho_g = \rho_{susut} = 0,00212$$

$$As_{susut} = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 120 = 254,4 \text{ mm}^2$$

$$Spasi = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 8^2 \cdot 1000}{254,4} = 197,5844 \approx 150 \text{ mm.}$$

$$A_s = 1000 \cdot \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2}{Spasi} = 1000 \cdot \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2}{150} = 335,1032 \text{ mm}^2.$$

Maka digunakan tulangan P8 – 150

d. Kontrol Terhadap Geser

$$d = 93,5 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya geser} = 23,4 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 93,5 = 77916,6667 \text{ N} = 77,9167 \text{ KN}$$

$$V_u = 23,4 \text{ KN} < \phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 77,9167 = 58,4375 \text{ KN}$$

Dari hasil perhitungan, ternyata tulangan geser tidak diperlukan karena dari penampang beton sendiri sudah bisa mengatasi geser yang terjadi.

5.3.4. Penulangan balok bordes

Digunakan balok bordes ukuran 200/400

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

$$\beta_1 = 0,85$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{diameter tulangan lentur} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{diameter tulangan geser (sengkang)} = 10 \text{ mm}$$

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

tinggi efektif balok:

$$\begin{aligned} d' &= \text{selimut beton} + \text{diameter sengkang} + 0,5 \cdot \text{diameter tulangan lentur} \\ &= 40 + 10 + (0,5 \cdot 16) = 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 400 - 58 = 342 \text{ mm} \end{aligned}$$

Beban rencana

$$\text{Berat sendiri} = 0,20 \cdot 0,4 \cdot 24 \cdot 1,2 = 2,304 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 2,5 \cdot 1,75 \cdot 1,2 = 5,25 \text{ kN/m}$$

$$\text{Reaksi tangga per meter lebar} = \underline{7,01 \text{ kN/m}}$$

$$qu = 14,564 \text{ kN/m}$$

1. Tumpuan

a. Penulangan lentur tumpuan

$$Mu = 1/12 \cdot qu \cdot L^2 = 1/12 \cdot 14,564 \cdot 4^2 = 19,4187 \text{ kNm.}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{19,4187 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 342^2} = 1,0376$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = \frac{0,85 \cdot 25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,0376}{0,85 \cdot 25}} \right) \\ &= 2,6606 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$As_{\text{perlu}} = 2,6606 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 342 = 181,98504 \text{ mm}^2$$

Menghitung luas tulangan maksimum

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 25}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0203 \end{aligned}$$

$$As_{\text{maks}} = 0,0203 \cdot 200 \cdot 342 = 1388,52 \text{ mm}^2$$

Menghitung luas tulangan minimum

$$As_{\text{min1}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 400} \cdot 200 \cdot 342 = 213,75 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min2}} = \frac{1,4}{400} \cdot 200 \cdot 342 = 239,4 \text{ mm}^2$$

Digunakan $A_{s_{min}} = 239,4$

Cek luas kebutuhan tulangan:

$$A_{s_{perlu}} \leq A_{s_{min}} \leq A_{s_{max}}$$

Maka digunakan $A_s = 239,4 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{239,4}{\frac{1}{4} \pi 16^2} = 1,1907 \approx 3$$

Jadi untuk tulangan tarik digunakan 3D16 ($A_s = 603,1858 \text{ mm}^2$), sedangkan untuk tulangan tekan digunakan 3D16 ($A_s = 603,1858 \text{ mm}^2$)

b. Penulangan geser tumpuan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 342 = 5700 \text{ N} = 5,7 \text{ kN}$$

$$V_u = 17,56 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\Phi} = \frac{17,56}{0,75} = 23,4133 \text{ kN}$$

Kuat geser V_s tidak boleh lebih dari V_s maksimum, yaitu:

$$V_{s, maks} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 342 = 228 \text{ kN}$$

Dengan memakai tulangan geser 2 kaki P10 ($A_s = 157,0796 \text{ mm}^2$) diperoleh s sebesar:

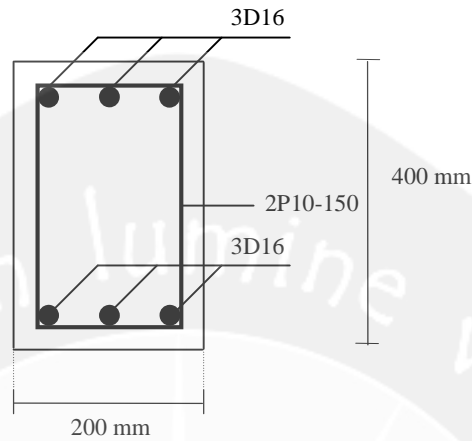
$$S = \frac{A_s f_y d}{V_s} = \frac{157,0796 \cdot 240 \cdot 342}{23,4133 \cdot 10^3} = 550,6739 \text{ mm}$$

spasi maksimum diambil nilai terkecil dari:

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{342}{2} = 171 \text{ mm}$$

atau 600 mm

Jadi digunakan sengkang 2P10 – 150 mm



Gambar 5.11. Penulangan Tumpuan Balok Bordes

2. Lapangan

a. Penulangan lentur lapangan

$$Mu = 1/24 \cdot qu \cdot L^2 = 1/24 \cdot 14,564 \cdot 4^2 = 9,7093 \text{ kNm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{9,7093 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 342^2} = 0,5188$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'c}} \right) = \frac{0,85 \cdot 25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,5188}{0,85 \cdot 25}} \right) = 1,3132 \cdot 10^{-3}$$

$$As = 1,3132 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 342 = 89,82288 \text{ mm}^2$$

Menghitung luas tulangan maksimum

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \beta_1 \frac{600}{600 + fy} \right) = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 25}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0203$$

$$As_{maks} = 0,0203 \cdot 200 \cdot 342 = 1388,52 \text{ mm}^2$$

Menghitung luas tulangan minimum

$$A_{s_{min1}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 400} \cdot 200 \cdot 342 = 213,75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min2}} = \frac{1,4}{400} \cdot 200 \cdot 342 = 239,4 \text{ mm}^2$$

Digunakan $A_{s_{min}} = 239,4$

Cek luas kebutuhan tulangan:

$$A_{s_{perlu}} \leq A_{s_{min}} \leq A_{s_{max}}$$

Maka digunakan $A_s = 239,4 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{239,4}{\frac{1}{4} \pi 16^2} = 1,1907 \approx 3$$

Jadi untuk tulangan tarik digunakan 3D16 ($A_s = 603,1858 \text{ mm}^2$), sedangkan untuk tulangan tekan digunakan 3D16 ($A_s = 603,1858 \text{ mm}^2$)

b .Penulangan geser lapangan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 342 = 5700 \text{ N} = 57 \text{ kN}$$

$$V_u = 17,56 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\Phi} = \frac{17,56}{0,75} = 23,4133 \text{ kN}$$

Kuat geser V_s tidak boleh lebih dari V_s maksimum, yaitu:

$$V_{s, maks} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 342 = 228 \text{ kN}$$

Dengan memakai tulangan geser 2 kaki P10 ($A_s = 157,0796 \text{ mm}^2$) diperoleh s sebesar:

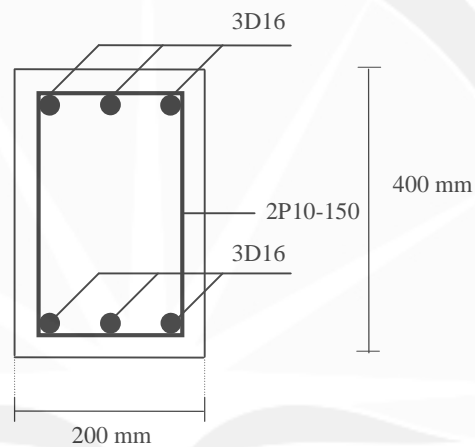
$$S = \frac{A_s f_y d}{V_s} = \frac{157,0796 \cdot 240 \cdot 342}{23,4133 \cdot 10^3} = 550,6739 \text{ mm}$$

spasi maksimum diambil nilai terkecil dari:

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = \frac{342}{2} = 171 \text{ mm}$$

atau 600 mm

Jadi digunakan sengkang 2P10 – 150 mm



Gambar 5.12. Penulangan Lapangan Balok Bordes

5.4. Perencanaan Pelat

Pelat lantai merupakan suatu struktur yang membentang lebar yang berfungsi sebagai penahan beban yang nantinya akan disalurkan ke balok, kolom, fondasi dan akhirnya ke tanah. Jenis pelat yang ditinjau dalam denah Gedung Hotel Malya di Bandung ini terdiri dari dua jenis, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

5.4.1. Pembebanan pelat

Beban rencana pelat atap

Beban mati

Berat sendiri pelat atap	=	0,10 . 24	=	2,4	kN/m ²
Berat pasir	=	0,03 . 16	=	0,48	kN/m ²
Berat spesi	=	2 . 0,21	=	0,42	kN/m ²
Berat plafond dan penggantung			=	0,18	kN/m ²
Berat mekanikal dan elektrik			=	0,15	kN/m ²
				<hr/>	
				3,63	kN/m ² +

q_d atap

Beban hidup

Beban hidup pada hotel = 1 kN/m²

Beban hujan pada atap (*qh*) = 0,4 kN/m²

Beban rencana pelat lantai

Beban mati

Berat sendiri pelat lantai	=	0,10 . 24	=	2,4	kN/m ²
Berat pasir	=	0,03 . 16	=	0,48	kN/m ²
Berat penutup lantai	=	1 . 0,24	=	0,24	kN/m ²
Berat spesi	=	2 . 0, 21	=	0,42	kN/m ²
Berat plafond dan penggantung			=	0,18	kN/m ²
Berat mekanikal dan elektrik			=	0,15	kN/m ²
				<hr/>	
				3,87	kN/m ² +

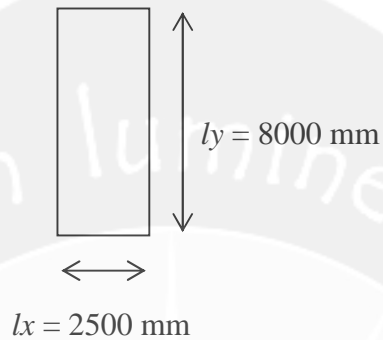
q_l lantai

Beban hidup

Beban hidup pada hotel = 2,5 KN/m²

5.4.1.1. Pelat atap

Pelat Tipe I (8000 x 2500)



Gambar 5.13 Pelat Atap

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{8000}{2500} = 3,2 \geq 2, \text{ jadi digunakan pelat satu arah.}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban rencana } (q) &= 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l + 0,5 \cdot q_h \\ &= (1,2 \cdot 3,63) + (1,6 \cdot 1) + (0,5 \cdot 0,4) \\ &= 6,156 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai $\frac{l_y}{l_x} = 3,2$ nilai-nilai koefisien momen (x) dapat dicari pada tabel Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971, hal 203). Sehingga dapat diperoleh nilai-nilai koefisien momen (x), sebagai berikut:

Tabel 5.1. Nilai Koefisien Momen untuk $l_y/l_x = 3,2$

l_y	l_x	l_y/l_x	X1	X2	X3	X4
8	2,5	3	63	63	13	38

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot x_1 \\ &= 0,001 \cdot 6,156 \cdot 2,5^2 \cdot 63 = 2,4239 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lx} &= -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot x_2 \\ &= -0,001 \cdot 6,156 \cdot 2,5^2 \cdot 63 = -2,4239 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Penulangan arah X

a. Penulangan Lentur

Tulangan tumpuan = tulangan lapangan

$$Mu = 2,4239 \text{ kN/m}^2$$

Digunakan tulangan P10

$$dx = 100 - 20 - 0,5 \cdot 10 = 75 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{2,4239 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 0,5386$$

$$\rho_g = 0,00212$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,5386}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0023 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \beta_1 \frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0403 \end{aligned}$$

$$As_{min} = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

$$As = 0,0023 \cdot 1000 \cdot 75 = 172,5 \text{ mm}^2$$

$$As_{maks} = 0,0403 \cdot 1000 \cdot 75 = 3022,5 \text{ mm}^2$$

Karena $As < As_{min} < As_{maks}$, maka digunakan As_{min}

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{As} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 10^2}{212} = 370,4708 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm.}$$

digunakan P10-200

b. Tulangan susut

Tulangan susut dipasang pada daerah tumpuan. Kebutuhan tulangan susut diambil sebesar kebutuhan tulangan minimum.

$$A_s = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

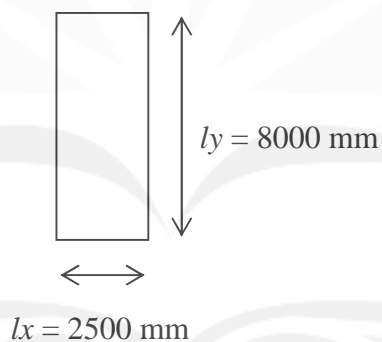
Digunakan tulangan diameter 8

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{A_s} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 8^2}{212} = 237,1013 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Dipakai P8 - 200

5.4.1.2. Pelat lantai

Pelat Tipe I (8000 x 2500)



Gambar 5.14 Pelat Lantai

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{8000}{2500} = 3,2 \geq 2, \text{ jadi digunakan pelat satu arah.}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban rencana } (q) &= 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l + 0,5 \cdot q_h \\ &= (1,2 \cdot 3,63) + (1,6 \cdot 1) + (0,5 \cdot 0,4) \\ &= 6,156 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai $\frac{l_y}{l_x} = 3,2$ nilai-nilai koefisien momen (x) dapat dicari pada

tabel Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971, hal 203). Sehingga dapat diperoleh nilai-nilai koefisien momen (x), sebagai berikut:

Tabel 5.2. Nilai Koefisien Momen untuk $l_y/l_x = 3,2$

l_y	l_x	l_y/l_x	X 1	X 2	X 3	X 4
8	2,5	3	63	63	13	38

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot x_1$$

$$= 0,001 \cdot 6,156 \cdot 2,5^2 \cdot 63 = 2,4239 \text{ KNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot x_2$$

$$= -0,001 \cdot 6,156 \cdot 2,5^2 \cdot 63 = -2,4239 \text{ KNm}$$

Penulangan arah X

a. Penulangan Lentur

Tulangan tumpuan = tulangan lapangan

$$Mu = 2,4239 \text{ kN/m}^2$$

Digunakan tulangan P10

$$dx = 100 - 20 - 0,5 \cdot 10 = 75 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{2,4239 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 0,5386$$

$$\rho_g = 0,00212$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,5386}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0023$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0403$$

$$A_{s_{min}} = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 0,0023 \cdot 1000 \cdot 75 = 172,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{maks}} = 0,0403 \cdot 1000 \cdot 75 = 3022,5 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s < A_{s_{min}} < A_{s_{maks}}$, maka digunakan $A_{s_{min}}$

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{A_s} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 10^2}{212} = 370,4708 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm.}$$

digunakan P10-200.

b. Tulangan susut

Tulangan susut dipasang pada daerah tumpuan. Kebutuhan tulangan susut diambil sebesar kebutuhan tulangan minimum.

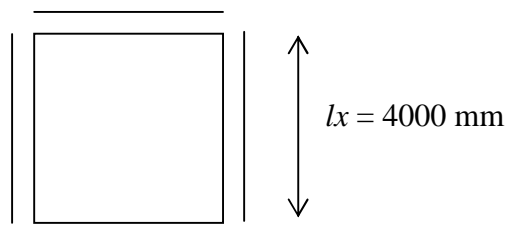
$$A_s = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter 8

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{A_s} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 8^2}{212} = 237,1013 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Dipakai P8 - 200

Pelat Tipe II (4000 x 4000)



Gambar 5.14 Pelat Lantai

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{4000}{4000} = 1 \geq 2, \text{ jadi digunakan pelat dua arah.}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban rencana } (q) &= 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l + 0,5 \cdot q_h \\ &= (1,2 \cdot 3,63) + (1,6 \cdot 1) + (0,5 \cdot 0,4) \\ &= 6,156 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai $\frac{l_y}{l_x} = 3,2$ nilai-nilai koefisien momen (x) dapat dicari pada tabel Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971, hal 203). Sehingga dapat diperoleh nilai-nilai koefisien momen (x), sebagai berikut:

Tabel 5.3. Nilai Koefisien Momen untuk $l_y/l_x = 1$

l_y	l_x	l_y/l_x	X 1	X 2	X 3	X 4
8	2,5	3	63	63	13	38

$$M_{lx} = 0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot 56 = 0,001 \cdot 6,156 \cdot 2,5^2 \cdot 63 = 2,4239 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot 56 = -0,001 \cdot 6,156 \cdot 2,5^2 \cdot 63 = -2,4239 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot 37 = 0,001 \cdot 6,156 \cdot 2,5^2 \cdot 13 = 0,5002 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot 37 = -0,001 \cdot 6,156 \cdot 2,5^2 \cdot 38 = -1,46205 \text{ kN/m}^2$$

1. Penulangan arah X

a. Penulangan Lentur

Tulangan tumpuan = tulangan lapangan

$$Mu = 2,4239 \text{ kN/m}^2$$

Digunakan tulangan P10

$$dx = 100 - 20 - 0,5 \cdot 10 = 75 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{2,4239 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 0,5386$$

$$\rho_g = 0,00212$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,5386}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,0023$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \beta_1 \frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0403$$

$$As_{min} = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

$$As = 0,0023 \cdot 1000 \cdot 75 = 172,5 \text{ mm}^2$$

$$As_{maks} = 0,0403 \cdot 1000 \cdot 75 = 3022,5 \text{ mm}^2$$

Karena $As < As_{min} < As_{maks}$, maka digunakan As_{min}

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{As} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 10^2}{212} = 370,4708 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm.}$$

digunakan P10-200

b. Tulangan susut

Tulangan susut dipasang pada daerah tumpuan. Kebutuhan tulangan susut diambil sebesar kebutuhan tulangan minimum.

$$A_s = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter 8

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{A_s} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 8^2}{212} = 237,1013 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

digunakan P8-150

2. Penulangan arah Y

a. Penulangan Lentur Lapangan

$$Mu = 0,5002 \text{ kN/m}^2.$$

Digunakan tulangan P10

$$d_y = 100 - 20 - 10 - 0,5 \cdot 10 = 65 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,5002 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 65^2} = 0,1480$$

$$\rho_g = 0,00212$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,1480}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,00062$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0403$$

$$A_{s_{min}} = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 0,00062 \cdot 1000 \cdot 65 = 40,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{maks}} = 0,0403 \cdot 1000 \cdot 65 = 2619,5 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s < A_{s_{min}} < A_{s_{maks}}$, maka digunakan $A_{s_{min}}$

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{A_s} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 10^2}{212} = 370,4708 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Digunakan P10-200

- Tulangan Susut

Tulangan susut dipasang pada daerah tumpuan. Kebutuhan tulangan susut diambil sebesar kebutuhan tulangan minimum.

$$A_s = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter 8

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{A_s} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 8^2}{212} = 237,1013 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan P8-150

b. Penulangan Lentur Tumpuan

$$M_u = -1,46205 \text{ kN/m}^2$$

Digunakan tulangan P10

$$d_y = 100 - 20 - 10 - 0,5 \cdot 10 = 65 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,46205 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 65^2} = 0,4326$$

$$\rho_g = 0,00212$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,4326}{0,85 \cdot 25}} \right) = 0,00182 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{maks} &= 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0403\end{aligned}$$

$$A_{s_{min}} = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 0,00182 \cdot 1000 \cdot 65 = 118,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{maks}} = 0,0403 \cdot 1000 \cdot 65 = 2619,5 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s < A_{s_{min}} < A_{s_{maks}}$, maka digunakan $A_{s_{min}}$

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{A_s} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 10^2}{212} = 370,4708 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Digunakan P10-200

- Tulangan Susut

Tulangan susut dipasang pada daerah tumpuan. Kebutuhan tulangan susut diambil sebesar kebutuhan tulangan minimum.

$$A_s = 0,00212 \cdot 1000 \cdot 100 = 212 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{A_s} = 1000 \frac{\frac{1}{4} \pi 8^2}{212} = 237,1013 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan P8-150

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis dan perancangan pada struktur Gedung Hotel Malya di Bandung, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pelat tangga digunakan tebal 120 mm dengan tulangan D13-200 pada tumpuan dan D13-200 pada lapangan. Balok bordes digunakan dimensi 200/400 dengan 3D16 untuk tulangan atas dan 3D16 untuk tulangan bawah.
2. Pelat lantai digunakan tebal 100 mm dengan tulangan P10-200 untuk arah X dan Y. Sedangkan pelat atap digunakan tebal 100 cm dengan tulangan P10-200.
3. Balok induk untuk lantai dasar s/d 8 digunakan dimensi 400/600 pada daerah tumpuan menggunakan tulangan atas 5D22 dan tulangan bawah 3D22, sedangkan pada daerah lapangan menggunakan tulangan atas 2D22 dan tulangan bawah 3D22. Tulangan sengkang digunakan 3P10-70 pada daerah sendi plastis dan 2P10-100 pada daerah di luar sendi plastis.
4. Kolom lantai dasar s/d 8 digunakan tiga tipe kolom :
 - Dimensi 800/800 dengan jumlah tulangan lentur 28D25.
 - Dimensi 700/700 dengan jumlah tulangan lentur 12D25.
 - Lantai 6 : dimensi 600/600 dengan jumlah tulangan lentur 8D25.
 - Lantai 7 : dimensi 600/600 dengan jumlah tulangan lentur 16D25.
 - Lantai 8 : dimensi 600/600 dengan jumlah tulangan lentur 28D25.

6.2. Saran

Saran-saran yang dapat diberikan penulis dari hasil Tugas Akhir yang disusun adalah:

1. Dalam perancangan elemen-elemen struktur seperti penentuan tulangan balok dan kolom sebaiknya digunakan tulangan yang hampir seragam untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan di lapangan.
2. Sebelum perencanaan struktur sebaiknya dilakukan estimasi awal pada ukuran elemen struktur, sehingga tidak terjadi penentuan elemen struktur berulang-ulang.

DAFTAR PUSTAKA

Arfiadi, Y., 2003, *Concrete Struktur II*, FT.UAJY

Badan Standarisasi Nasional, 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002, Yayasan LPMB, Bandung.

Badan Standarisasi Nasional, 2002, *Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-1726-2002, Yayasan LPMB, Bandung.

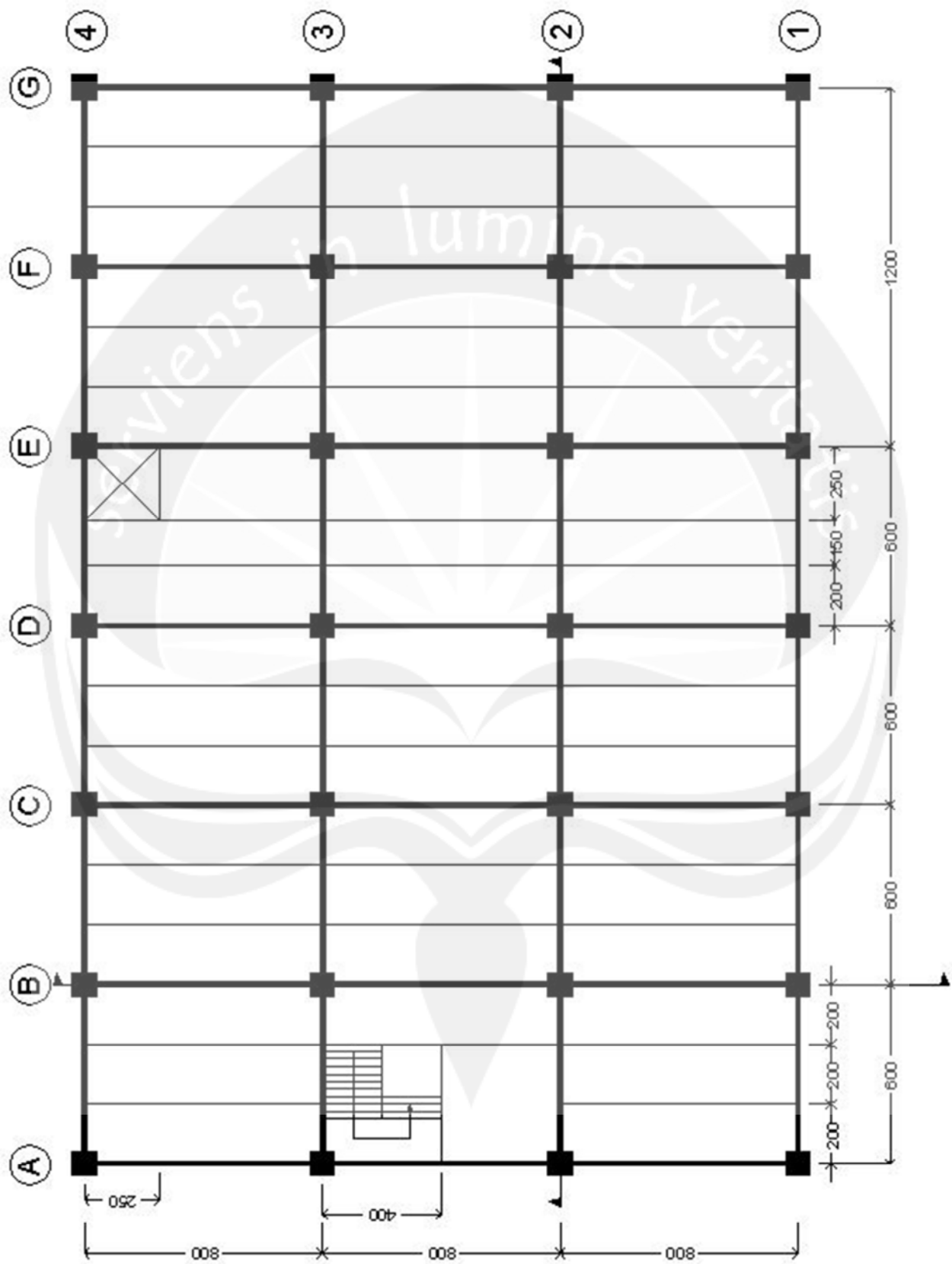
Departemen Pekerjaan Umum, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*, Yayasan LPMB, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*, Yayasan LPMB, Bandung.

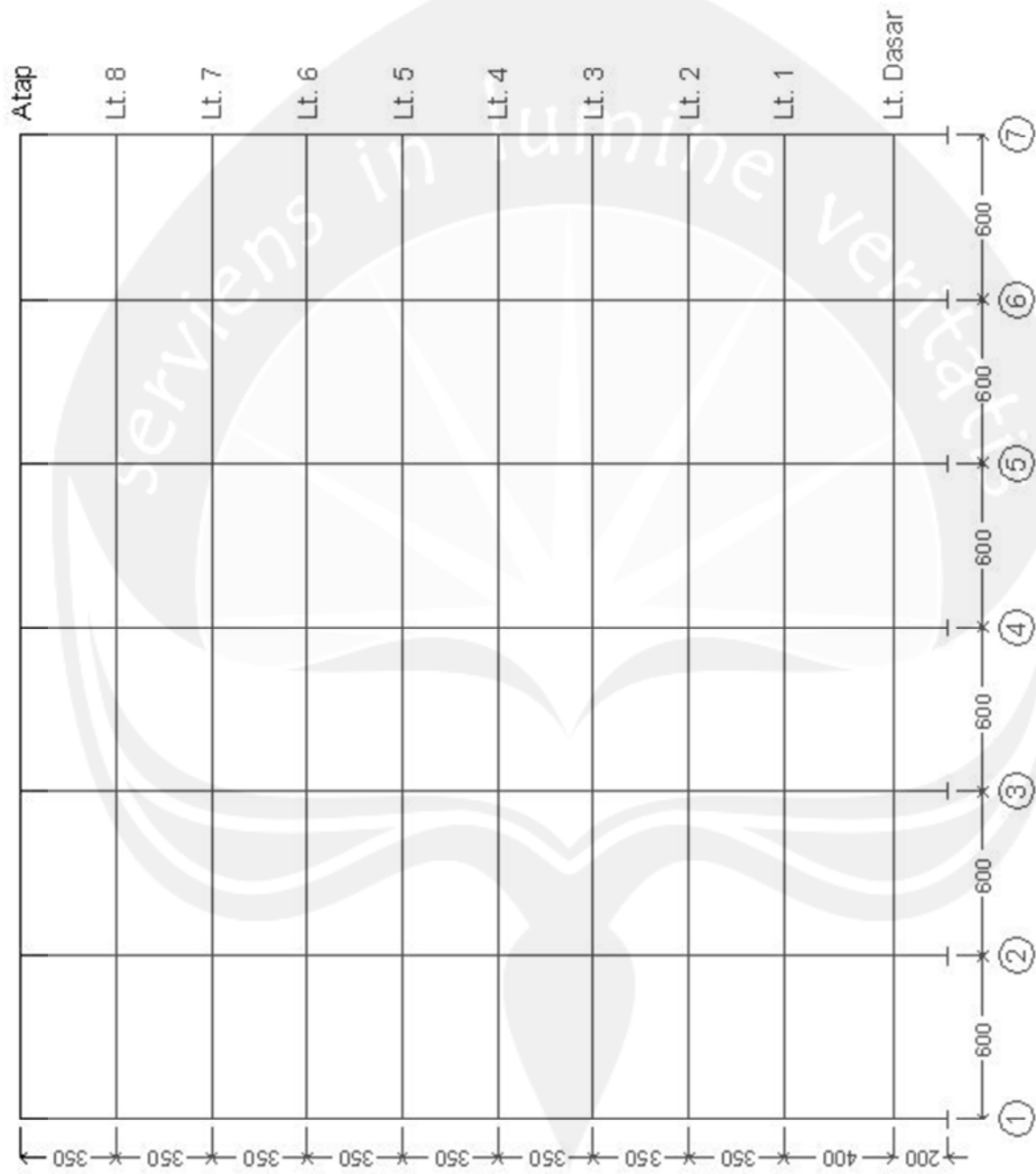
Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Petunjuk Perencanaan Beton Bertulang dan Struktur Dinding Bertulang untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.

Purwono, Rachmat, 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITS Press, Surabaya.

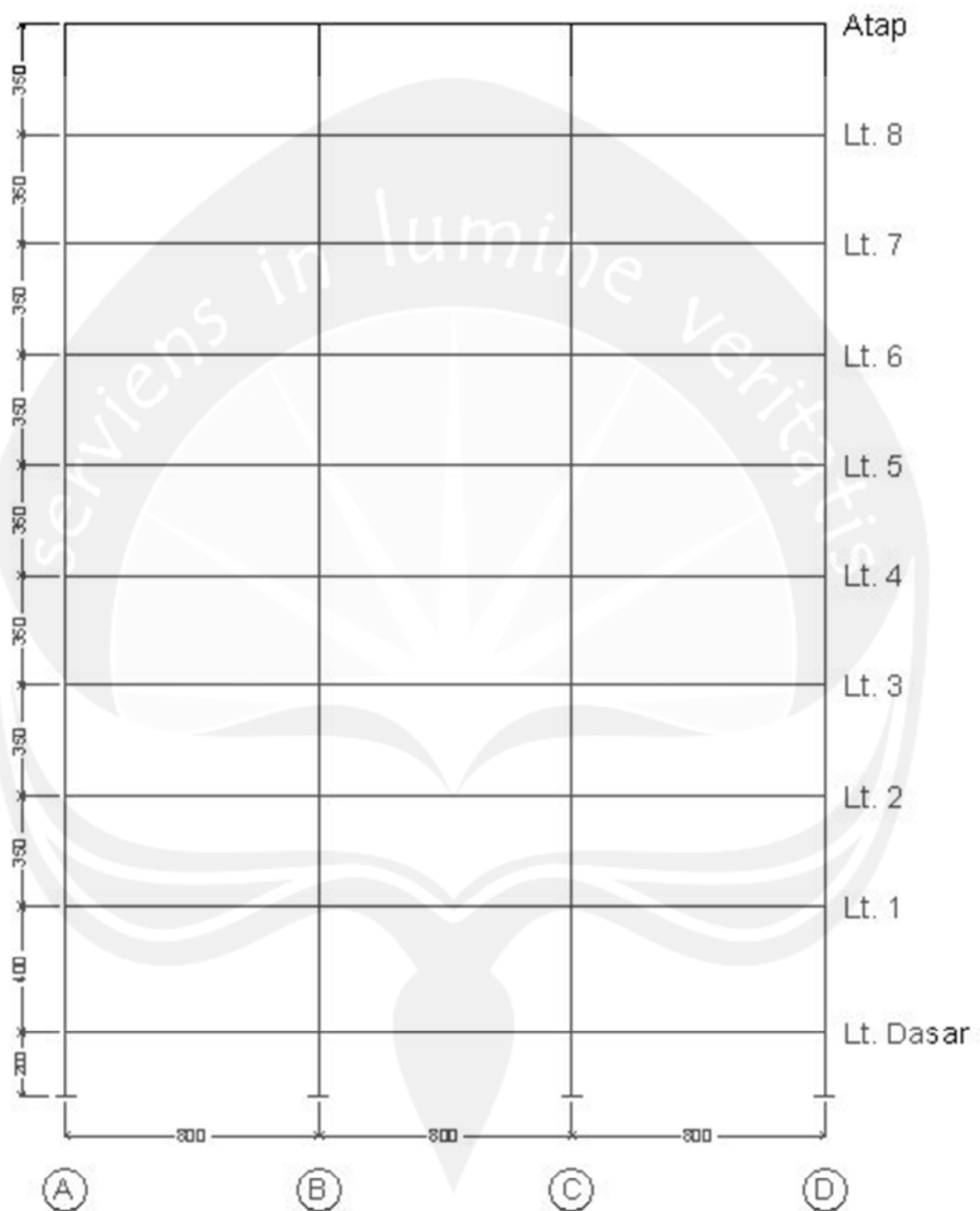




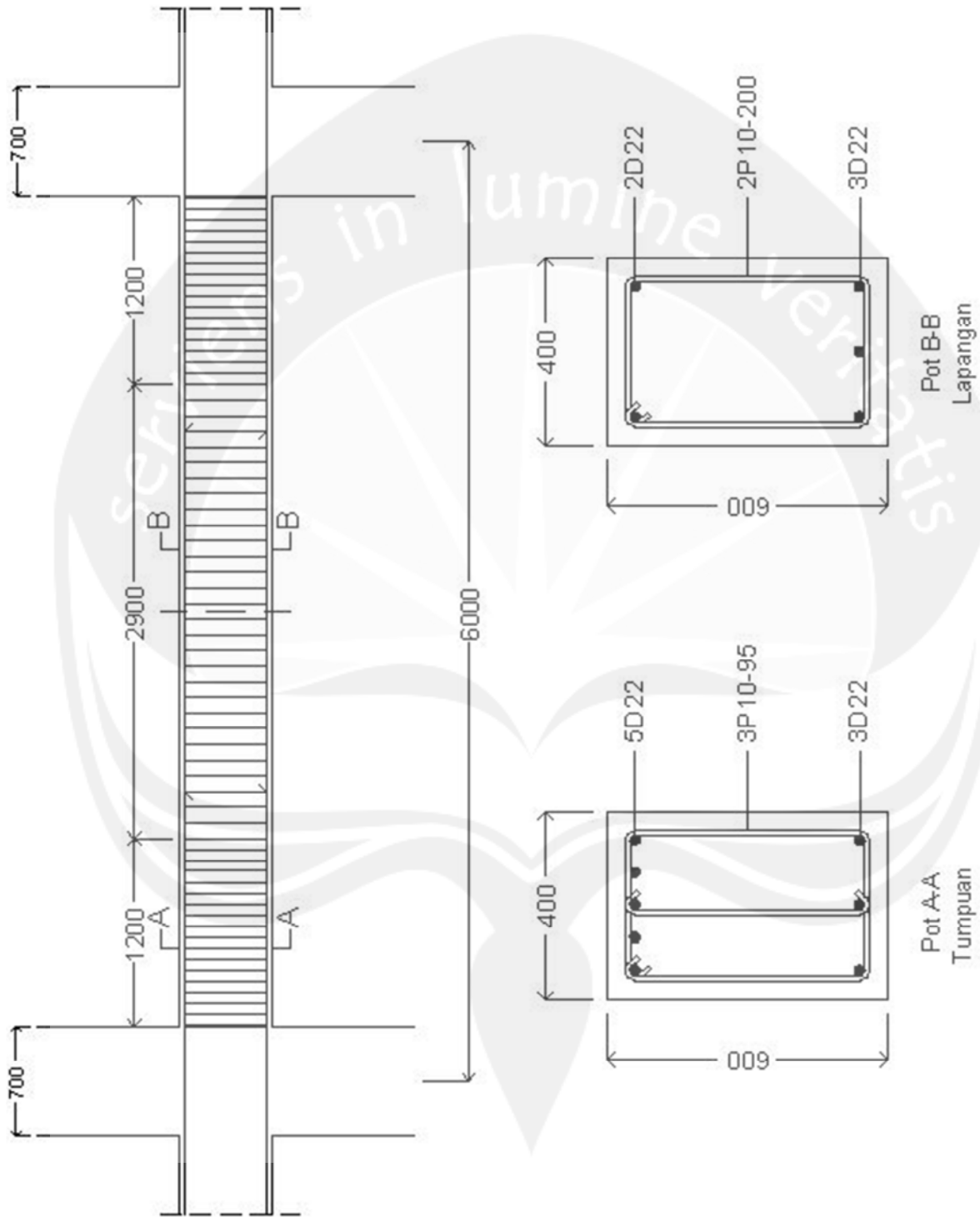
Balok dan Kolom Lantai 1 - 9



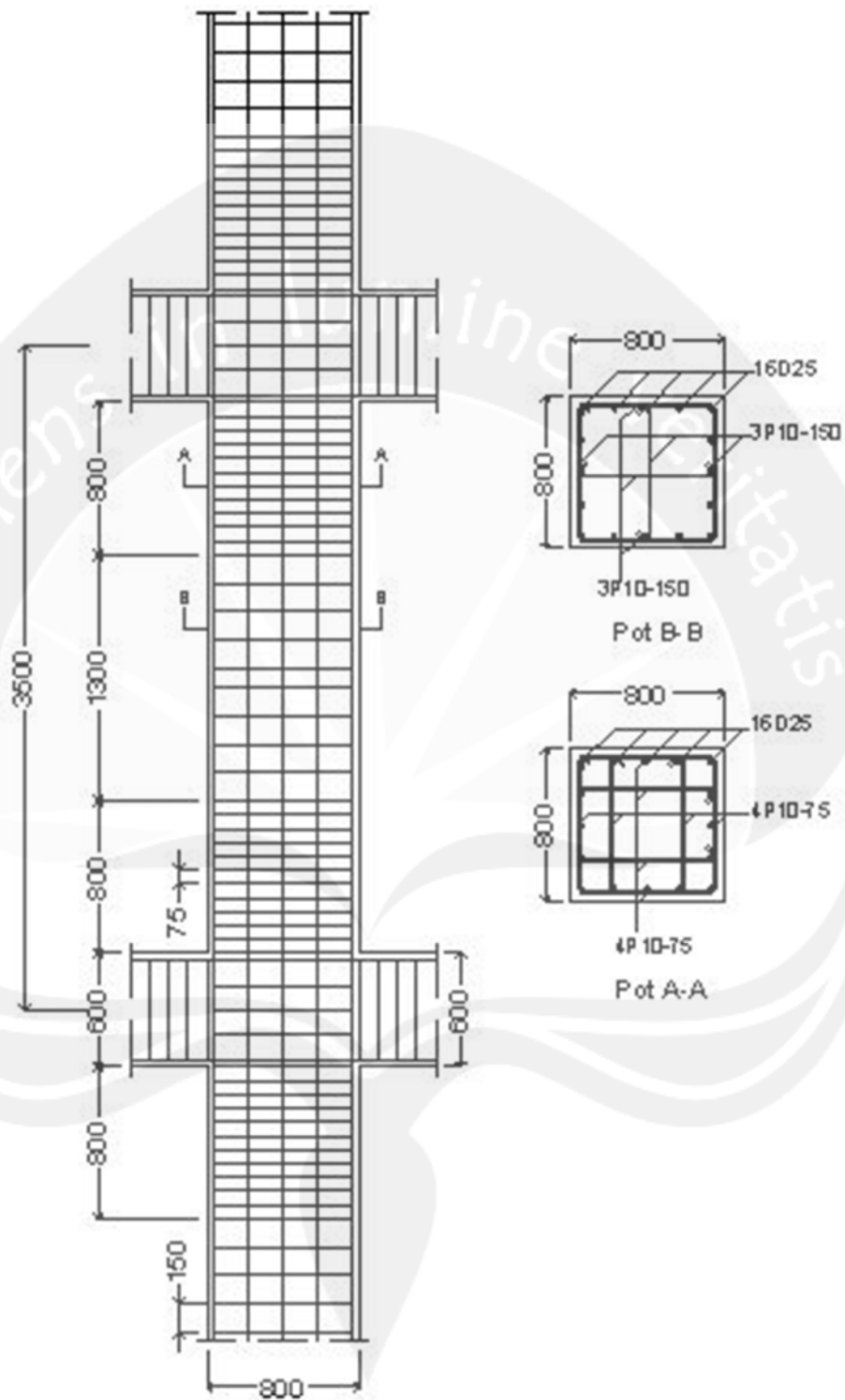
Portal AS-2



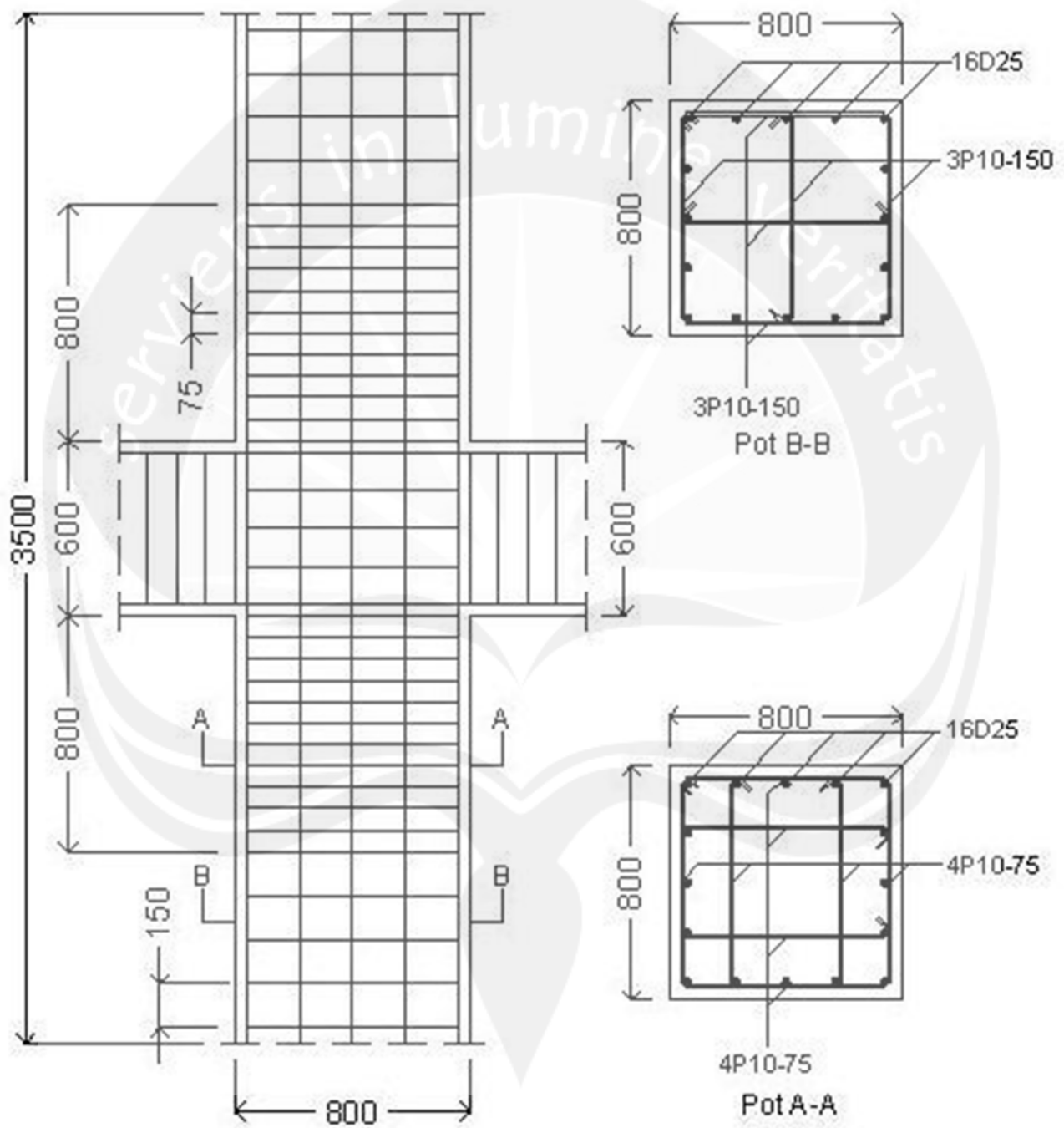
Portal AS-C



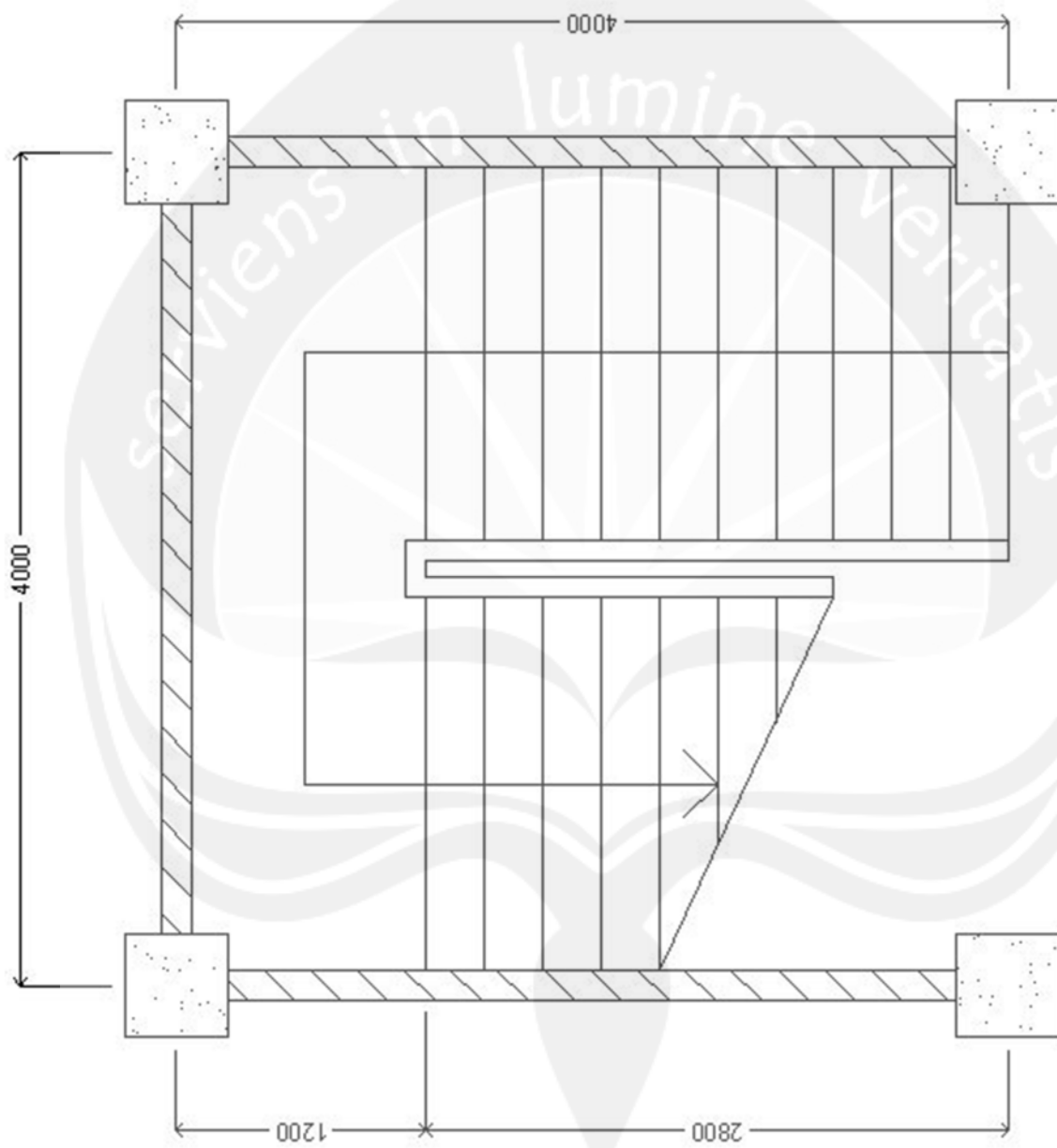
Detail Penulangan Balok B15 As-2



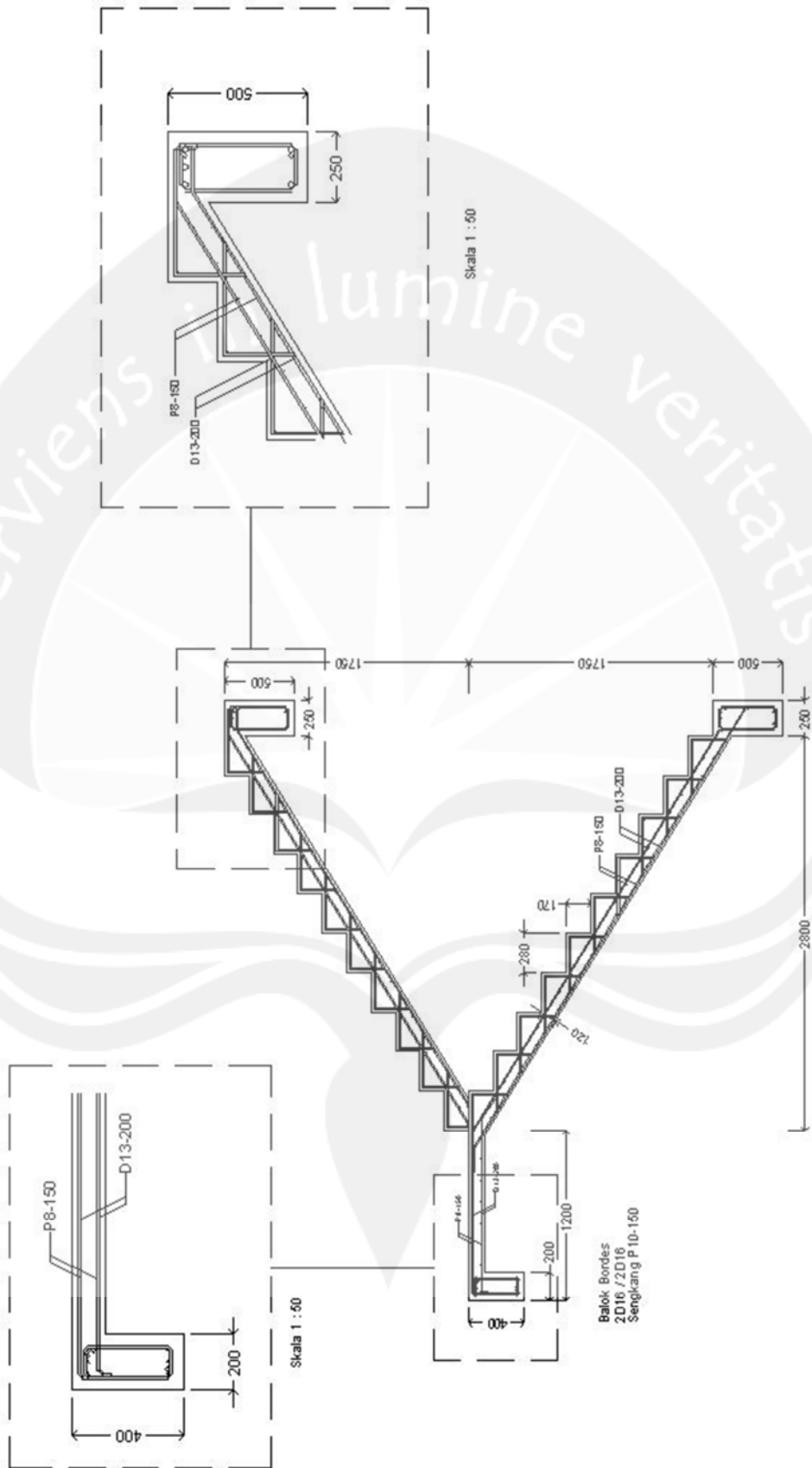
Detail Penulangan Kolom



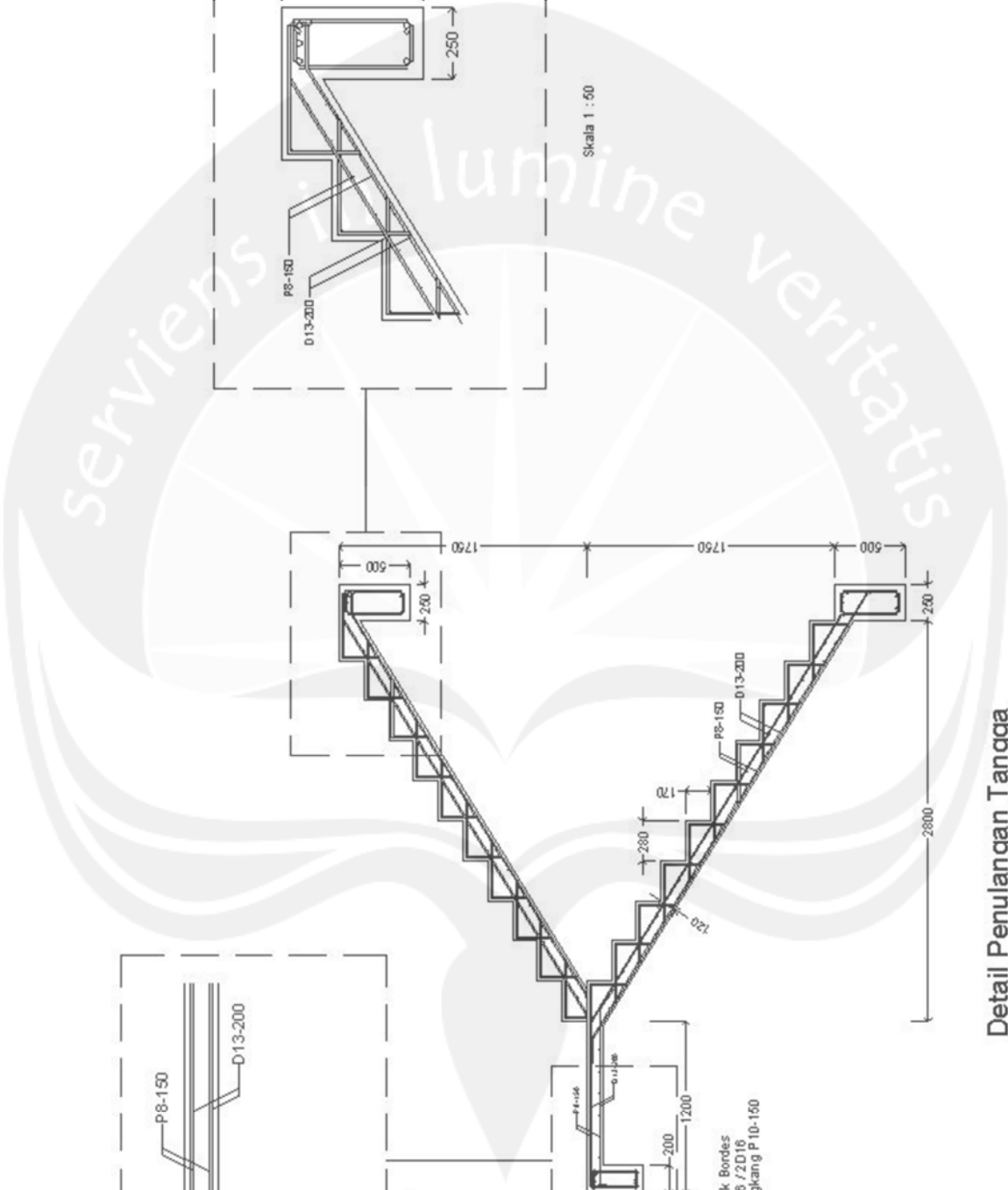
Detail Penulangan Pertemuan Balok Kolom

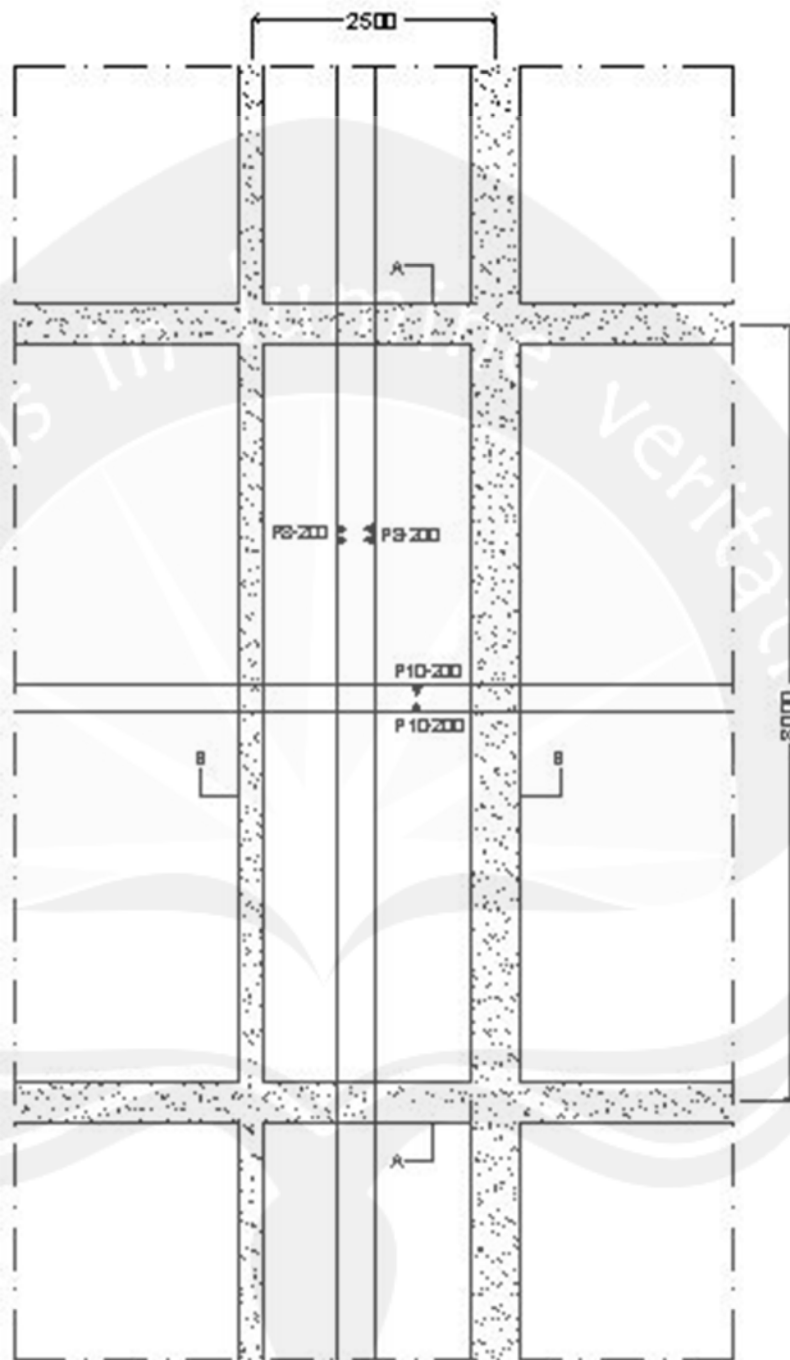


Ruang Tangga



Detail Penulangan Tangga



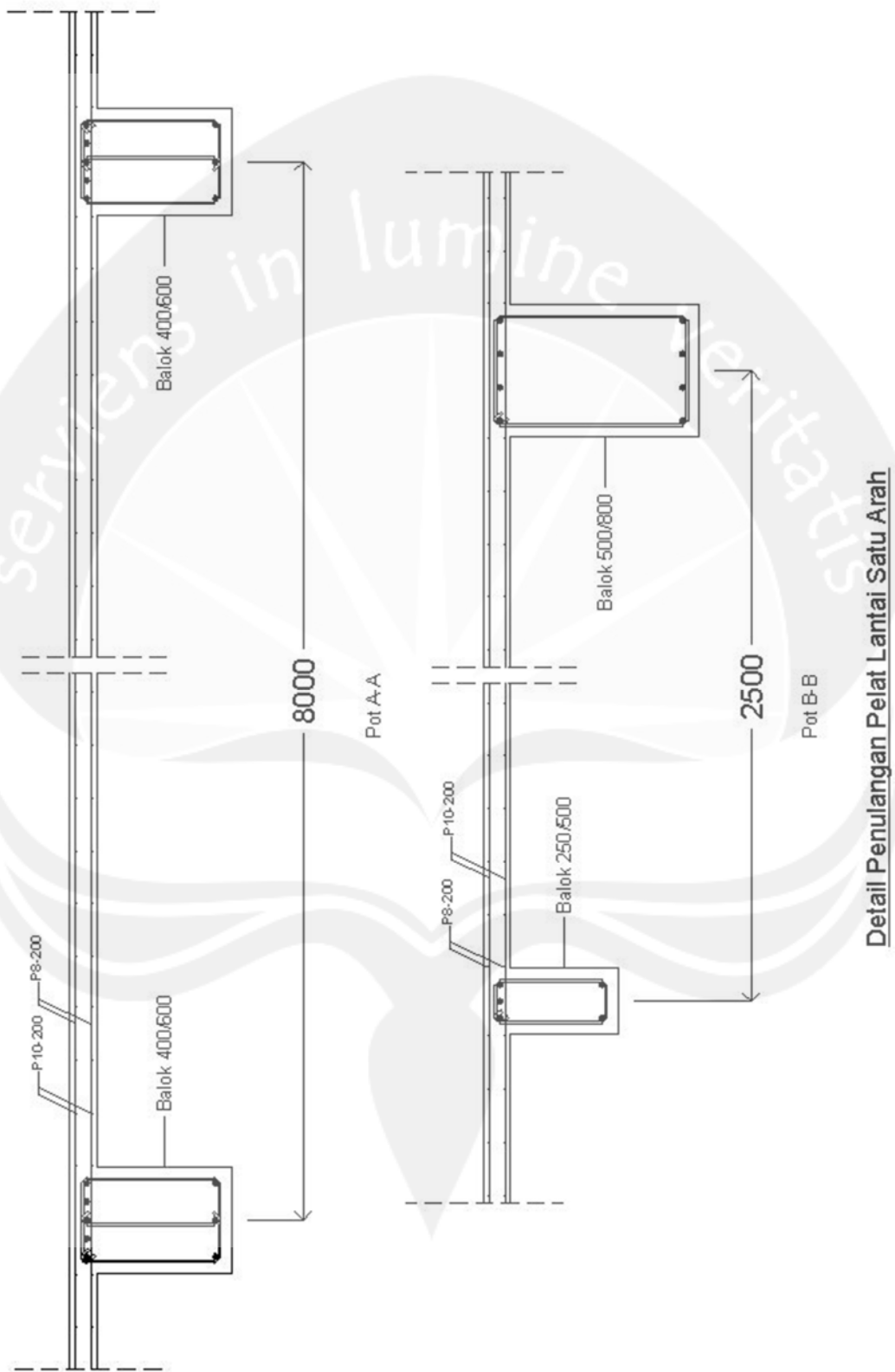


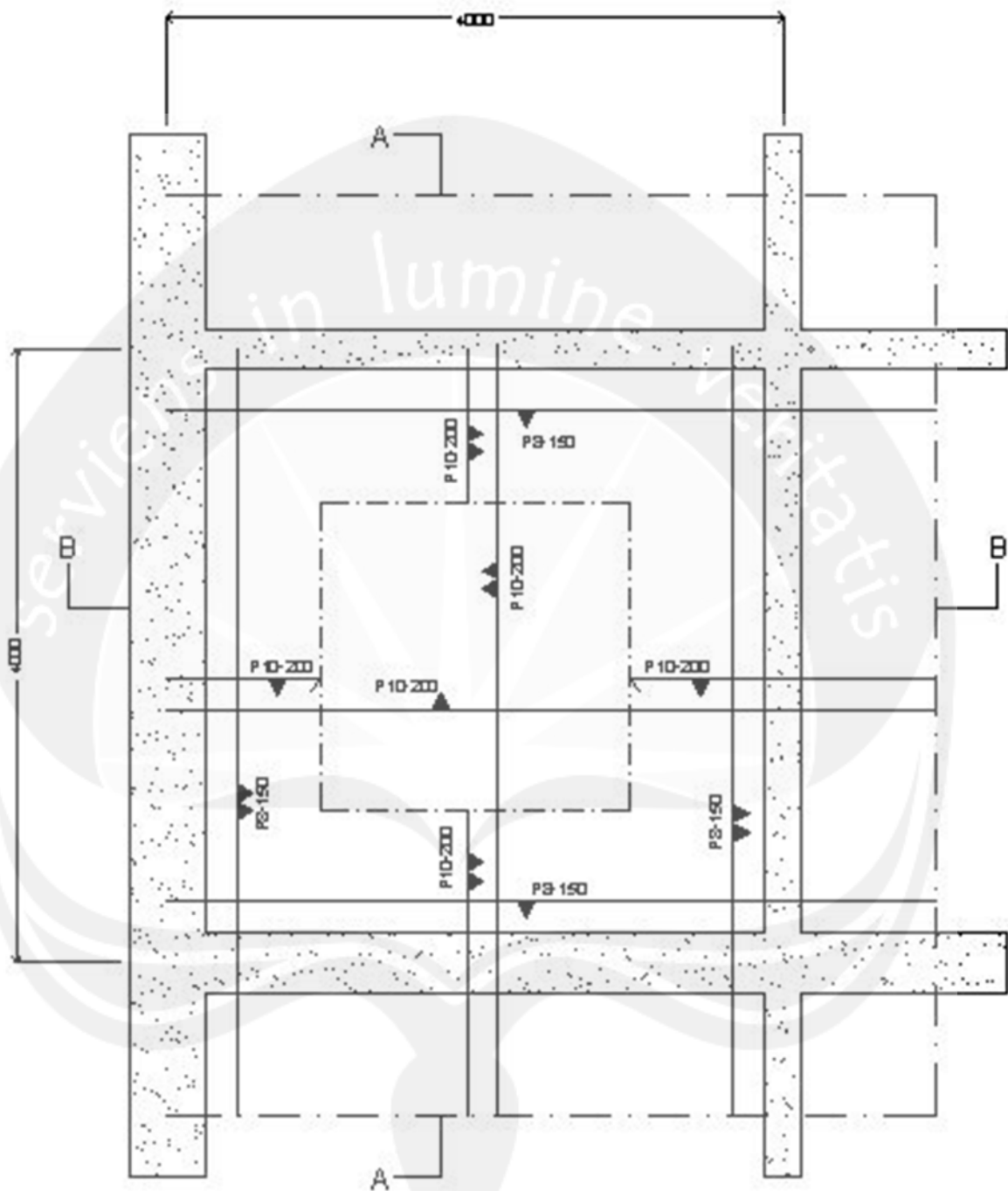
Penulangan Pelat Lantai Satu Arah

Skala 1 : 10

Keterangan :

- ▲ : lapisan terluar
- ▲▲ : lapisan kedua dari luar





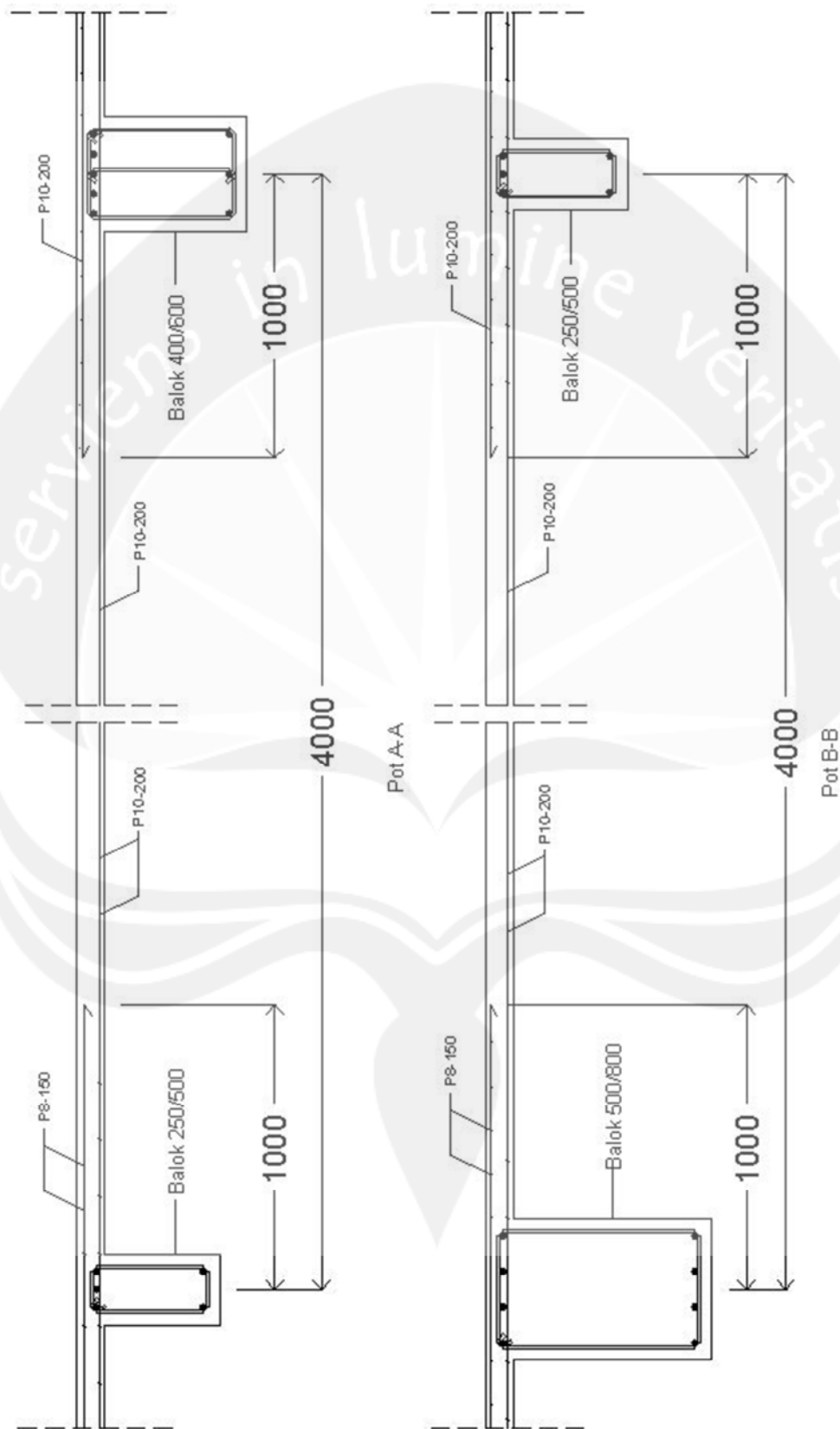
Penulangan Pelat Lantai Dua Arah

Skala 1 : 25

Keterangan :

▲ : lapisan terluar

▲▲ : lapisan kedua dari luar



Detail Penulangan Pelat Lantai Dua Arah