

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0271 \quad (3.3.2)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0271 = 0,0203 \quad (3.3.3)$$

$$\text{rasio tulangan rencana} = 0,5. \rho_{maks} = 0,5 \cdot 0,0203 = 0,01015 \quad (3.3.4)$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,824 \quad (3.3.5)$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m \right) = 0,01015 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,01015 \cdot 18,824 \right) = 3,675 \text{ Mpa} \quad (3.3.6)$$

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{Mu/\phi}{R_n \cdot b}} = \sqrt{\frac{213,258 \cdot 10^6}{3,675 \cdot 300}} = 439,808 \text{ mm} \quad (3.3.7)$$

$$d_{ada} = h - d' \quad (d' = 100 \text{ mm, diasumsikan menggunakan tulangan 2 lapis})$$

$$= 600 - 100 = 500 \text{ mm} > d_{perlu}, \text{ maka dipakai tulangan sebelah.}$$

$$R_{n \text{ ada}} = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d^2} = \frac{213,258 \cdot 10^6}{300 \cdot 500^2} = 2,843 \text{ Mpa} \quad (3.3.8)$$

$$\rho_{ada} = \frac{R_{n \text{ ada}}}{R_n} \cdot \rho = \frac{2,843}{3,675} \cdot 0,01015 = 0,00785 > \rho_{min} = 0,0035 \quad (3.3.9)$$

$$< \rho_{maks} = 0,0203$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{ada} \cdot b \cdot d = 0,00785 \cdot 300 \cdot 500 = 1177,997 \text{ mm}^2 \quad (3.3.10)$$

$$\text{Dipakai tulangan } \emptyset 19 \text{ dengan } A1\emptyset = 283,529 \text{ mm}^2$$

$$\text{jumlah tulangan (n)} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A1\emptyset} = \frac{1177,997}{283,529} = 4,155 \text{ batang} \quad (3.3.11)$$

$$\text{dipakai } 5D19, \text{ maka } A_{s \text{ ada}} = 5 \cdot 283,529 = 1417,645 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}}$$

4.4.3 Perencanaan Tulangan Torsi

$$T_u = 3,85 \text{ KNm}$$

$$\sum x^2 \cdot y = 300^2 \cdot 600 = 54 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Pada redesain ini komponen struktur portal merupakan komponen statis tak tentu. Untuk komponen statis tak tentu setelah terjadi retak akibat torsi, dalam rangka untuk mencapai keseimbangan terjadi redistribusi tegangan torsional yang mempengaruhi komponen lain yang bertemu pada satu titik buhul. Maka untuk menganalisis torsi dipakai torsi keserasian.

Kemampuan penampang beton menahan torsi untuk torsi keserasian :

$$T_{u,b} = \phi \left(\frac{1}{9} \sqrt{f'c} \cdot \sum x^2 \cdot y \right) = 0,6 \cdot \left(\frac{1}{9} \sqrt{25} \cdot 54 \cdot 10^6 \right) \quad (3.3.38)$$

$$= 18,00 \text{ KNm} > T_u = 3,85 \text{ KNm} , \text{ tulangan torsi diabaikan.}$$

$$\begin{aligned}
 P_{nb} &= C_{cb} + C_{sb} - T_{sb} = 2470950 + 576078,75 - 608400 \\
 &= 2438628,75 \text{ N} \\
 &= 2439 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= C_{cb} \left[\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right] + C_{sb} \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_{sb} \left(d - \frac{h}{2} \right) \\
 &= 2470950 \cdot \left[\frac{450}{2} - \frac{193,8}{2} \right] + 576078,75 \cdot \left(\frac{450}{2} - 70 \right) + 608400 \cdot \left(380 - \frac{450}{2} \right) \\
 &= 500 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{500}{2439} = 0,205$$

$$e = \frac{M_{u,kx} / \phi}{P_{u,k} / \phi} = \frac{203,077}{2037} = 0,100 \text{ m}$$

karena $e < e_b$, kolom mengalami patah desak

Kontrol tegangan pada daerah desak :

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18} \\
 &= \frac{1521.400}{\frac{100}{(380-70)} + 0,5} + \frac{450.600.25}{\frac{3.450.100}{380^2} + 1,18} \\
 &= 739623,529 + 3191635,668 = 3936259,197 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$P_n = 3936 \text{ KN} > \frac{P_{u,k}}{\phi} = 2037 \text{ KN} \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

$$M_n = P_n \cdot e$$

$$= 3936 \cdot 0,100$$

$$= 393,6 \text{ KNm} > \frac{M_{u,k_y}}{\phi} = 203,077 \text{ KNm}$$

c. Penulangan geser vertikal

$$V_{cv} = \frac{A_{sc'}}{\Lambda_{sc}} V_{jh,mak} \left(0,6 + \frac{P_{u,k}}{A_g f'c} \right) \quad (3.6.30)$$

$$V_{cv} = 1.564,506 \cdot 10^3 \left(0,6 + \frac{1324,02 \cdot 10^3}{450 \cdot 600 \cdot 25} \right)$$

$$= 449432,079 \text{ N} = 449,432 \text{ KN}$$

$$V_{jv} = b_j/h_c \cdot V_{jh,mak} \quad (3.6.29)$$

$$= (0,525/0,45) \cdot 564,506 = 658,590 \text{ KN}$$

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv} = 658,590 - 449,432 = 209,158 \text{ KN}$$

$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} = \frac{209158}{400} = 522,896 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang \square P10 dengan $A_v = 157 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah lapis sengkang} = \frac{522,896}{157} = 3,331 \text{ lapis}$$

digunakan sengkang \square 4P10

Tulangan Bagi Pelat Bordes

$$A_{s_{\text{bagi}}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 2125 \cdot 150 = 637,5 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan bagi Ø8, maka $A_1\text{Ø} = 50,265 \text{ mm}^2$

$$\text{jarak tulangan bagi (s)} = \frac{A_1\phi \cdot b}{A_{s_{\text{bagi}}}} = \frac{50,265 \cdot 2125}{637,5} = 167,55 \text{ mm}$$

$$\leq 2h = 2 \cdot 150 = 300 \text{ mm}$$

$$\leq 250$$

diambil terkecil $s = 160 \text{ mm}$

Dipakai tulangan bagi : P8 – 160 mm

adalah $f_c' = 25$ MPa, $f_y = 400$ MPa untuk tulangan ulir dan $f_y = 240$ MPa untuk tulangan polos. Tulangan pokok yang digunakan adalah $\varnothing 19$ mm untuk ukuran balok 300/600, 300/500, 300/450 sedangkan ukuran balok 300/350 menggunakan $\varnothing 16$ mm, sedangkan tulangan geser menggunakan $\varnothing 10$ mm.

5.5 Kolom

Kolom juga merupakan struktur portal yang direncanakan berdasarkan dari analisis portal. Penentuan lebar kolom disesuaikan dengan lebar balok agar mempermudah dalam penulangan di lapangan. Lebar kolom direncanakan lebih besar dari lebar balok untuk memberikan kekakuan yang baik. Tulangan pokok yang digunakan adalah $\varnothing 22$ mm dengan tulangan geser $\varnothing 10$ mm.

5.6 Pondasi

Pondasi direncanakan pondasi sumuran dan pondasi telapak (*foot plate*). Pondasi sumuran menggunakan beton siklop dengan diameter 3,5 m. sedangkan pada pondasi telapak menggunakan ukuran 1,8 x 1,8 m. Tulangan pokok yang digunakan adalah $\varnothing 19$ mm dengan tulangan bagi $\varnothing 12$ mm.

5.7 Tangga

Perencanaan tangga terdiri dari perencanaan pelat tangga, pelat bordes, balok bordes. Perencanaan tangga menggunakan tulangan pokok $\varnothing 13$ mm dan tulangan bagi $\varnothing 8$ mm.