

BAB II

PERANCANGAN BANGUNAN GEDUNG

2.1 Tinjauan Umum

Merencanakan gedung bertingkat atau bangunan konstruksi lainnya membutuhkan analisa yang cermat dan teliti. Hasil dari perencanaan diharapkan mendapat *output* dengan dimensi dan spesifikasi harus memenuhi *standart* yang berlaku. Analisa perencanaan yang dilakukan meliputi struktur bagian bawah dan struktur bagian atas.

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah perhitungan mulai dari struktur bagian bawah yang meliputi perancangan pondasi dan *sloof* sampai dengan struktur bagian atas yang meliputi perancangan balok, kolom, serta atap. Perhitungan struktur gedung bertingkat akan mengikuti syarat dan ketentuan yang berlaku di Indonesia yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI).

2.2 Metode

2.2.1 Peraturan-peraturan

Peraturan-peraturan yang digunakan untuk perhitungan struktur yaitu peraturan-peraturan yang secara umum digunakan di Indonesia, antara lain:

- Peraturan Pembebanan menggunakan “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain” SNI 1727:2013
- Peraturan Baja menggunakan “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural” SNI 1729:2015
- Peraturan Beton menggunakan “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung” SNI 2847:2013
- Peraturan Gempa menggunakan “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung” SNI 1726:2012

2.2.2 Tahap pelaksanaan

Setelah mendapatkan data struktur dan ketentuan yang berlaku, langkah pertama yang dilakukan adalah merencanakan gording. Beban gording terdiri dari *dead load* dan *live load*. Setelah itu memilih dimensi gording yang akan digunakan pada rangka atap. Jika tegangan pada profil yang direncanakan sudah aman, maka profil tersebut bisa digunakan dalam merencanakan rangka atap. Lalu direncanakan beban kuda-kuda yang

terdiri dari berat sendiri kuda-kuda, berat gording, berat atap, dan berat plafon. Untuk beban angin ditentukan koefisien angin tiup (C_{ti}) sebesar 0,4 dan angin isap (C_{is}) sebesar 0,6 sesuai dalam Peraturan Pembebanan. Dari data-data tersebut maka bisa dihitung beban $W_1 - W_6$ sesuai dengan besar tiupan angin (Q_w), koefisien beban angin (C_{ti} atau C_{is}), jarak gording (lebar atap yang didukung) dan panjang gording (jarak antara kuda-kuda). Dari bentuk kuda-kuda dan beban-beban yang telah ditentukan, kemudian dibuat model dalam 2 dimensi menggunakan *software* SAP2000 untuk diketahui defleksi dan gaya-gaya dalamnya. Setelah defleksi di-cek terhadap syarat dalam SNI 03-1729-2002 dan di masukkan kedalam tabel gaya rencana batang pada kuda-kuda. Perencanaan sambungan elemen kuda-kuda menggunakan sambungan baut.

Langkah selanjutnya adalah merencanakan tangga dan pelat. Untuk merencanakan beban tangga dapat dilakukan setelah dimensi ruang tangga dan sudut kemiringan tangga diperoleh, kemudian tebal pelat tangga (h_{tg}) diperkirakan. Beban tangga dibagi menjadi dua bagian, yaitu bordes tangga dan anak tangga. Setelah beban tangga ditentukan, kemudian untuk menghitung gaya-gaya rencana dapat digunakan bantuan *software* SAP200, atau dihitung secara manual dan kemudian digambarkan SFD dan BMD. Untuk merencanakan penulangan tangga dilakukan setelah gaya-gaya rencana tangga, antar lain : momen dan geser dihitung. Dari gaya-gaya rencana tersebut kemudian dihitung luas tulangan tangga, dan di-cek tebal tangga (h_{tg}) terhadap gaya geser rencana. Pondasi tangga direncanakan dengan mempertimbangkan daya dukung ijin tanah. Merencanakan penulangan plat pondasi tangga dapat dihitung dengan penjumlahan dari beban mati, beban hidup, dan beban dinding/*sloof* tangga. Selanjutnya dihitung tegangan maksimum dan minimumnya. Kemudian dapat direncanakan tulangan pelat pondasi dari M_u , dan cek ketebalan pelat pondasi dari gaya geser pelat pondasi V_u . Langkah selanjutnya adalah merencanakan pembebanan pada masing-masing fungsi pelat, yaitu pelat atap dan pelat lantai. Setelah mendapatkan beban, maka langkah selanjutnya adalah analisis penulangan pelat sehingga dapat diketahui ukuran tulangan yang akan dipasang.

Langkah selanjutnya adalah pemodelan struktur bangunan pada *software* ETABS Ver.9.20. Dari pemodelan struktur pada *software* ETABS dapat diperiksa terhadap beban gempa dimana syarat amannya adalah diatas 85%.

Langkah selanjutnya adalah merancang balok, kolom dan pondasi bangunan. Pada perencanaan balok terdapat enam kombinasi untuk momen dan geser, lalu dari enam kombinasi tersebut ditentukan gaya terbesar untuk setiap lantai. Setelah itu merencanakan tulangan untuk setiap bentang pada tiap lantai. Setelah selesai merencanakan balok,

langkah selanjutnya adalah merencanakan kolom. Perencanaan kolom dilakukan dengan diagram interaksi kolom segi empat sehingga didapatkan jumlah dan ukuran tulangan pada setiap kolom. Perencanaan terakhir adalah merencanakan pondasi dan *sloof*. Terdapat dua pondasi yang direncanakan. Pondasi akan ditinjau terhadap geser satu arah dan dua arah. Setelah dinyatakan aman, maka akan dihitung untuk perencanaan tulangan pondasi. Merencanakan *sloof* mengikuti langkah-langkah dalam merencanakan balok.

2.3 Data Struktur dan Material

2.3.1 Bangunan

Bangunan tiga lantai dengan fungsi sebagai kantor.

2.3.2 Atap

Rangka atap dari baja siku, dengan ketentuan:

- Sudut miring atap sebesar 30° .
- Jenis atap genteng biasa.
- Mutu baja profil $f_u = 290$ MPa.
- Jenis sambungan baut dengan $f_{ub} = 560$ MPa.
- Tiupan angin sebesar $0,25$ kN/m².

2.3.3 Rangka Bangunan

Rangka bangunan dari beton bertulang, dengan ketentuan:

- Panjang B1 : 3,5 m
- Panjang B2 : 9 m
- Panjang L1 : 3,5 m
- Panjang L2 : 2 m
- Kota respon spectrum : Padang
- Struktur berdiri di atas tanah sedang
- Mutu beton : 20 MPa
- Mutu baja sengkang : 270 MPa
- Mutu baja lentur : 400 Mpa

2.3.4 Pondasi

Pondasi beton bertulang dengan ketentuan:

- Kedalaman tanah keras (d) : 1,8 m
- Berat volume tanah : 18 kN/m³
- Daya dukung tanah : 150 kN/m²

2.4 Analisis Data

2.4.1 Perencanaan Atap

Dengan *dead load* (D) sebesar 1,6547 kN/m² dan beban *live load* (L) sebesar 1 kN, maka didapat momen sebesar 3,846 kNm dan 0,4028 kNm. Beban kuda-kuda yang terdiri dari berat sendiri kuda-kuda, berat gording, berat atap, dan berat plafon, sehingga didapatkan beban kuda-kuda sebesar 6,1 kN, 6,6 kN, dan 6,758 kN. Koefisien angin tiup (C_{ti}) sebesar 0,4 dan angin isap (C_{is}) sebesar 0,6 sehingga didapatkan beban sebesar 0,81 kN, 0,81 kN, 0,4 kN, 0,61 kN, 1,21 kN, dan 1,21 kN.

Perencanaan batang tarik dominan, batang tekan dominan, dan batang vertikal direncanakan menggunakan profil batang 50x50x5-10. Perencanaan batang tekan dominan dengan panjang L = 2309,6 mm, dapat diperiksa:

- Menggunakan profil batang 50x50x5-10 (Nu = 65,492 x 10³ N)

$$\Lambda_c = 1/\pi \times (2309,6/15,2) \times \sqrt{(290/200000)}$$

$$= 1,84$$

$$\Lambda_c \geq 1,2 ; \text{ maka}$$

$$\omega = 1,25 \times (1,84)^2$$

$$= 4,232$$

$$F_c = (4,232 \times 65,492 \times 10^3) / (0,85 \times 960,4) \leq 290$$

$$339,52 \leq 290 \text{ (TIDAK AMAN)}$$
- Menggunakan profil batang 60x60x6-10 (Nu = 64,952 x 10³ N)

$$\Lambda_c = 1/\pi \times (2309,6/18,2) \times \sqrt{(290/200000)}$$

$$= 1,84$$

$$\Lambda_c \geq 1,2 ; \text{ maka}$$

$$\omega = 1,25 \times (1,54)^2$$

$$= 2,9645$$

$$F_c = (2,9645 \times 65,492 \times 10^3) / (0,85 \times 960,4) \leq 290$$

$$163,91 \leq 290 \text{ (AMAN)}$$
- Syarat kelangsingan batang tekan

$$\Lambda = (2309,6/18,2) < 200$$

$$= 12,6 < 200 \text{ (AMAN)}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk perencanaan batang tarik dominan dan batang vertikal. Dari perhitungan diatas maka didapatkan tekan dominan menggunakan profil batang 60x60x6-10 mm, sedangkan batang tarik dominan dan batang vertikal menggunakan profil batang 50x50x5-10 mm.

Sambungan yang digunakan yaitu sambungan baut dengan ulir berdiameter 12 mm. Setelah dihitung kegagalan kuat geser rencana dan kuat rencana tumpu serta menggunakan gaya rencana terbesar yaitu 56,576 kN, maka didapatkan hasil Untuk profil 2L60 dan 2L50 masing-masing menggunakan 2 baut.

2.4.2 Perencanaan Tangga

Dengan ukuran Optrade x Antrade yaitu 180 x 300 mm, maka dapat dihitung jumlah anak tangga sebanyak 20 anak tangga.

- Lebar bordes = $L/2 = 3500/2 = 1750$ mm
- $L_{tg} = (1/2 - h_{it}/2 - 1) \times A$
 $= (1/2 \times 3600/180 - 1) \times 300$
 $= 2700$ mm
- Kemiringan tangga/ $\alpha = \tan^{-1} (O/A)$
 $= \tan^{-1} (180/300)$
 $= 30,96^\circ$
- Beban q_{td} :

Berat sendiri tangga	$= (0,15/\cos 30,96) \times 24 = 4,2$ kN/m ²	
Berat anak tangga	$= \frac{1}{2} \times 180 \times 24 = 2,16$ kN/m ²	
Berat Spesi	$= 0,05 \text{ m} \times 21 \text{ kN/m}^2 = 1,05$ kN/m ²	
Railing	$= 1$ kN/m ²	+
Total	$= 8,41$ kN/m ²	
- Beban q_{bd} :

Berat sendiri tangga	$= 0,15 \times 24 = 2,4$ kN/m ²	
Berat Spesi	$= 0,05 \text{ m} \times 21 \text{ kN/m}^2 = 1,05$ kN/m ²	
Railing	$= 1$ kN/m ²	+
Total	$= 5,65$ kN/m ²	

Dari beban tersebut maka didapat Momen $M_{ur} = 55,952$ kNm dan gaya geser $V_{ur} = -36,376$ kN. Untuk perhitungan penulangan tangga sebagai berikut:

- Tulangan Tangga Tumpuan
 Direncanakan diameter tulangan $\emptyset D = 16$ mm
 Selimut beton, $p = 20$ mm
 $D_s = 150 - (20 + (0,5 \times 16)) = 122$ mm
 $R_n \text{ perlu} = M_u / (0,8 \times b \times d^2)$

$$= 27,796 \times 10^6 / (0,8 \times 1000 \times 122^2)$$

$$= 2,35 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot ((0,85 \cdot f_c') / f_y \cdot \beta_1 \cdot (600 / (600 + f_y)))$$

$$= 0,01626$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = (0,85 \cdot 20 / 400) \times (1 - \sqrt{1 - ((2 \times 2,235) / (0,85 \times 20))})$$

$$= 0,00972$$

Maka dipakai ρ perlu

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 1185,84 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{min}} = A_{\emptyset} / A_s$$

$$= 119,5 \text{ mm}$$

Jadi pakai $\emptyset 16 - 150 \text{ mm}$

Cek terhadap geser

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d = 90,933 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 V_c = 68,2 \text{ kN}$$

$$V_u = 36,376 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c > V_u \text{ (AMAN)}$$

Tulangan Susut

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 427 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tul}} = 50,27 \text{ mm}^2$$

$$S = A_{s \text{ min}} / A_{s \text{ tul}} \times 1000$$

$$= 117,73 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan P8-100mm}$$

Penulangan pada tangga lapangan mempunyai langkah yang sama, sehingga didapatkan hasil tulangan yang digunakan yaitu D16-200 mm. Sama halnya untuk penulangan bordes tangga dan pondasi tangga, langkah-langkah yang dilakukan sama dengan penulangan pada tangga tumpuan, sehingga didapatkan hasil 2D16-400 dan 2P8-150 serta pada pondasi tangga D16-400 dan P8-100.

2.4.3 Perencanaan Pelat

Pelat lantai direncanakan menggunakan ketebalan 125 mm dan untuk pelat atap 100 mm. Untuk perhitungan pelat atap A:

- $D_x = 100 - 20 - (10/2) = 75 \text{ mm}$
- $D_y = 100 - 20 - 10 - (10/2) = 65 \text{ mm}$
- Penulangan Arah X

Digunakan P10, maka $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} R_n \text{ perlu} &= M_n / (0,9 \times b \times d^2) \\ &= (1,24 \times 10^6) / (0,9 \times 1000 \times 75^2) \\ &= 0,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= (0,85 \cdot 20 / 270) \times (1 - \sqrt{1 - ((2 \times 0,24) / (0,85 \times 20))}) \\ &= 0,00089 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,429 \times 0,85 \times 20 \times 0,85 / 270 \\ &= 0,023 \end{aligned}$$

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

karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho \text{ min} < \rho \text{ max}$, maka dipakai $\rho \text{ min}$

$$A_s \text{ perlu} = 0,002 \times 1000 \times 75 = 150 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0,002 \times 1000 \times 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s \text{ perlu} < A_s \text{ min}$, maka dipakai $A_s \text{ min}$

$$S = 78,54 \times 1000 / 200 = 392,7 \text{ mm}$$

$$S \text{ max} = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan P10-200 untuk Arah X

- Penulangan Arah Y

Digunakan P10, maka $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} R_n \text{ perlu} &= M_n / (0,9 \times b \times d^2) \\ &= (0,741 \times 10^6) / (0,9 \times 1000 \times 65^2) \\ &= 0,19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= (0,85 \cdot 20 / 270) \times (1 - \sqrt{1 - ((2 \times 0,19) / (0,85 \times 20))}) \\ &= 0,00071 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,429 \times 0,85 \times 20 \times 0,85 / 270 \\ &= 0,023 \end{aligned}$$

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

karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho \text{ min} < \rho \text{ max}$, maka dipakai $\rho \text{ min}$

$$A_s \text{ perlu} = 0,002 \times 1000 \times 65 = 130 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0,002 \times 1000 \times 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s \text{ perlu} < A_s \text{ min}$, maka dipakai $A_s \text{ min}$

$$S = 78,54 \times 1000 / 200 = 392,7 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan P10-200 untuk Arah Y

- Tulangan Bagi

Digunakan P8, maka $A_s = 50,27 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \rho_{\text{min}} \times b \times h \\ &= 200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 50,27 \times 1000 \times 200 \\ &= 251,35 = 250 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan P8-250 mm untuk tulangan bagi.

Dengan langkah perhitungan yang sama, maka data pelat dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel Error! No text of specified style in document.1 Pelat atap dan pelat lantai

Tipe Pelat	Kondisi Tumpuan	Ly/Lx	Arah	Koef	Mu	Vu	ØVc	A	Dipasang		
				0,001 x	kN m	kN	kN	mm ²	T. Pokok	mm ²	T. Bagi
Atap A	Ly = 3500	1,75	ML x	59,5	1,24	6,007	45,6 2	200	Ø10- 200	251,3 5	Ø8- 250
	Lx = 2000		ML y	35,5	0,74			200	Ø10- 200	251,3 5	Ø8- 250
Atap B	Ly = 9000	4,5	ML x	63	1,32	6,007	45,6 2	200	Ø10- 200	251,2 7	Ø8- 250
	Lx = 2000		ML y	13	0,27			200	Ø10- 200	251,2 7	Ø8- 250
Lantai C	Ly = 3500	1,75	ML x	59,5	2,42	11,70 7	59,8 7	250	Ø10- 250	201,0 8	Ø8- 200
	Lx = 2000		ML y	35,5	1,45			250	Ø10- 250	201,0 8	Ø8- 200
Lantai D	Ly = 9000	4,5	ML x	63	2,57	11,70 7	59,8 7	250	Ø10- 250	201,0 8	Ø8- 200
	Lx = 2000		ML y	13	0,53			250	Ø10- 250	201,0 8	Ø8- 200
Lantai E	Ly = 3500	1	ML x	36	4,49	20,49	59,8 7	250	Ø10- 250	201,0 8	Ø8- 200
	Lx = 3500		ML y	36	4,49			250	Ø10- 250	201,0 8	Ø8- 200

Tipe Pelat	Kondisi Tumpuan	Ly/Lx	Arah	Koef	Mu	Vu	ØVc	A	Dipasang		
				0,001 x	kNm	kN	kN	mm ²	T. Pokok	mm ²	T. Bagi
Lantai F	Ly = 9000	2,57	MLx	63	7,86	20,49	59,87	250	Ø10-250	201,08	Ø8-200
	Lx = 3500		MLy	13	1,62			250	Ø10-250	201,08	Ø8-200

2.4.4 Perencanaan Balok dan Sloof

Setelah mendapat gaya momen dan gaya geser (dapat dilihat pada Lampiran), maka perhitungan penulangan balok dapat dilihat sebagai berikut:

Balok B28 & B30 (300 x 400 mm)

Tulangan Tumpuan Mu = 106,57 kNm

Vu = 101,13 Kn

- Tulangan lentur

Digunakan D22, maka d = 339 mm

$$\begin{aligned} R_n \text{ perlu} &= M_n / (0,9 \times b \times d^2) \\ &= (106,57 \times 10^6) / (0,8 \times 300 \times 340,5^2) \\ &= 3,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= (0,85 \cdot 20 / 400) \times (1 - \sqrt{1 - ((2 \times 3,86) / (0,85 \times 20))}) \\ &= 0,011 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,75 \times 0,85 \times 20 \times 0,85 \times 400 \times (600 / (600 + 400)) \\ &= 0,0163 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 1,4 / 400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

karena $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$, maka dipakai $\rho \text{ perlu}$

$$A_s \text{ perlu} = 0,011 \times 300 \times 339 = 1130,14 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang di perlukan = $1130,14 / \text{luas tul} = 2,97 = 3$ buah

Maka digunakan 3D19

- Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{20} \times 300 \times 339 \times 10^{-3} \\ &= 77,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0,75 V_c \\ &= 57,989 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$0,5\phi V_c = 23,95 \text{ kN}$$

Karena $0,5V_c < V_u < \phi V_c$ maka dipasang tulangan geser

$$V_s = (101,13/0,75) - 77,32 = 57,52 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ max} &= 0,66 \times \sqrt{20} \times 300 \times 339 \times 10^{-3} \\ &= 309,179 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena $V_s, V_s \text{ max}$ (OK!)

Digunakan 2P10, maka $A_v = 157,08 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} S &= 157,08 \times 270 \times 339 \times 10^{-3} / 57,52 \\ &= 249,551 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 239/2 \\ &= 169,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_s < 0,33 \times \sqrt{20} \times 300 \times 339 \times 10^{-3}$$

$$V_s < 150,089$$

Digunakan S terkecil, sehingga didapat 2P10-150 mm

- Tulangan Lapangan

Digunakan D22, maka $d = 339 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} R_n \text{ perlu} &= M_n / (0,9 \times b \times d^2) \\ &= (106,57 \times 10^6) / (0,8 \times 300 \times 340,5^2) \\ &= 3,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= (0,85 \cdot 20 / 400) \times (1 - \sqrt{1 - ((2 \times 3,86) / (0,85 \times 20))}) \\ &= 0,011 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,75 \times 0,85 \times 20 \times 0,85 \times 400 \times (600 / (600 + 400)) \\ &= 0,0163 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 1,4/400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

karena $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$, maka diapakai $\rho \text{ perlu}$

$$A_s \text{ perlu} = 0,011 \times 300 \times 339 = 1130,14 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang di perlukan = $1130,14 / \text{luas tul} = 2,97 = 3$ buah

Maka digunakan 3D19

Langkah yang sama dilakukan untuk merencanakan tulangan lapangan serta menghitung *sloof*. Dari data tersebut, maka didapatkan pada balok B300x400 mm dengan panjang 3,5 m didapat tulangan tumpuan yaitu 3D22, tulangan lapangan yaitu 2D22 dan tulangan geser 2Ø10-150. Pada balok B300x650 mm dengan panjang 9 m didapat tulangan tumpuan yaitu 5D22, tulangan lapangan yaitu 4D22, dan tulangan geser 2Ø10-

150. Pada dag dengan balok B250x300 mm dengan panjang 3,5 m didapat tulangan tumpuan yaitu 2D19, tulangan lapangan yaitu 2D19 dan tulangan geser 2Ø10-100. Pada dag dengan balok B250x500 mm dengan panjang 9 m didapat tulangan tumpuan yaitu 3D19, tulangan lapangan yaitu 2D19 dan tulangan geser 2Ø10-200. Pada ring dengan balok B250x300 mm dengan panjang 3,5 didapat tulangan tumpuan yaitu 2D19, tulangan lapangan yaitu 2D19 dan tulangan geser 2Ø10-100. Pada ring dengan balok B250x500 mm dengan panjang 9 m didapat tulangan tumpuan yaitu 3D19, tulangan lapangan yaitu 2D19 dan tulangan geser 2Ø10-200. Pada *sloof* digunakan balok B250x500 mm didapat tulangan tumpuan 2D22, tulangan lapangan 4D22, dan tulangan geser 2Ø10-200.

2.4.5 Perencanaan Kolom

- Perencanaan kolom C16 lantai 2 dan 3

$$\text{Misal digunakan } \rho \text{ tulangan} = 1\% \times 450 \times 600 = 2700 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang 12 tulangan} = 2700/12 = 225 \text{ mm}^2$$

$$\text{Atul D 19} = 283,5 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan 12D19

Data tersebut di plot kedalam diagram interaksi kolom beton segi-empat, sehingga didapat $M_{nk} = 455 \text{ kN}$

$$\rho \text{ tul} = 308,48 \text{ kN}$$

$$V_c = 224,68 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 V_c$$

$$= 168,51 \text{ kN}$$

$$0,5 \emptyset V_c = 84,255 \text{ kN} \rightarrow \text{maka dibutuhkan sengkang}$$

Dicoba 2P10

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$V_s = 308,48/0,75 - 224,68$$

$$= 186,63 \text{ kN}$$

$$S = 118,283 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 112,5 = 100 \text{ mm}$$

Maka dipasang SP10 -100 mm

Dengan langkah yang sama maka didapatkan Pada lantai *base* sampai dengan lantai 3 menggunakan kolom tipe C2 (400 mm x 400 mm) digunakan tulangan 8D16 dan 2Ø10-100 serta tipe C16 (450 mm x 600 mm) digunakan tulangan 12D22 dan tulangan geser 2Ø10-100.

2.4.6 Perencanaan Pondasi

Setelah dilakukan perhitungan kombinasi beban, maka didapatkan P_u untuk P1 sebesar 437.02 kN. Berikut dijabarkan perhitungan untuk P1.

- Pondasi P1

$$P_u = 437.02 \text{ kN}$$

$$A = 437.02/150 \\ = 2.9135 \text{ m}^2$$

$$B = L = \sqrt{2.9135} \\ = 1.706 = 1.8 \text{ m}$$

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

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

$$d = 300 \text{ mm}$$

$$d' = 300 - ((300 \times 100)/700) \\ = 251.1425 \text{ mm}$$

Dikarenakan bentuknya persegi, maka

$$x = y = (B/2) - (h_k/2) - d \\ = (1800/2) - (400/2) - 300 \\ = 400 \text{ mm}$$

- Tinjau Geser Satu Arah

Arah x = Arah y (dikarenakan bentuknya persegi)

$$Q_u = P_u/A_p \\ = 437.02/(1.8 \times 1.8) \\ = 134.896 \text{ kN/m}^2$$

$$V_u = 134.896 \times 1.8 \times 0.4 \\ = 97.125 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.17 \times 1 \times \sqrt{20} \times 1.8 \times 300 \\ = 410,54 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 351.89 \\ = 307,9 \text{ kN}$$

$$\phi V_c > V_u \quad (\text{OK})$$

- Tinjau Geser Dua Arah

$$b_u = (2 \times 650) + (2 \times 650) \\ = 2600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 134.896 \times ((1.8 \times 1.8) - (0.7 \times 0.7)) \\ &= 370.96 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{20} \times 2,8 \times 257.14 \\ &= 547,389 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0.75 \times 547,389 \\ &= 410,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_c > V_u \quad (\text{OK})$$

- Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} x &= (1800 - 400) / 2 \\ &= 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditinjau per 1 meter lebar;

$$\begin{aligned} M_u &= 0.5 \times 134.896 \times 0.7^2 \\ &= 33.049 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= (33.049 \times 10^6) / (0.9 \times 1000 \times 300^2) \\ &= 0.41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= (0.85 \times 20 / 400) \times (1 - (\sqrt{1 - (\frac{2 \times 0.41}{0.85 \times 20}}))) \\ &= 0.0010326 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 0.00103 \times 1000 \times 300 \\ &= 309.78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{smin} &= 0.0018 \times 1000 \times 300 \\ &= 540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Misal digunakan D16

$$\begin{aligned} S &= 0.25 \times \pi \times 16^2 \times 1000 / 540 \\ &= 372.33 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan D16-300

- Tulangan Bagi

Digunakan P10

$$\begin{aligned} A_s &= 540 / 2 \\ &= 270 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000 / 540 \\ &= 14.5 \end{aligned}$$

Maka digunakan P10-100

Pondasi P2 memiliki kombinasi beban sebesar 1234.916 kN dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$P_u = 1234.916 \text{ kN}$$

$$A = 1234.916/150 \\ = 8.24 \text{ m}^2$$

$$B = 1.9 \text{ m}$$

$$L = 4.4 \text{ m}$$

$$b_k = 450 \text{ mm}$$

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

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$d' = 500 - ((500 \times 100)/1400) \\ = 473.68 \text{ mm}$$

$$x = (4400/2) - (600/2) - 500 \\ = 400 \text{ mm}$$

$$y = (1900/2) - (450/2) - 500 \\ = 400 \text{ mm}$$

Dengan spesifikasi tersebut dan langkah perhitungan yang sama dengan P1, maka direncanakan P2 menggunakan tulangan lentur D16-200 dan tulangan bagi P10-150.