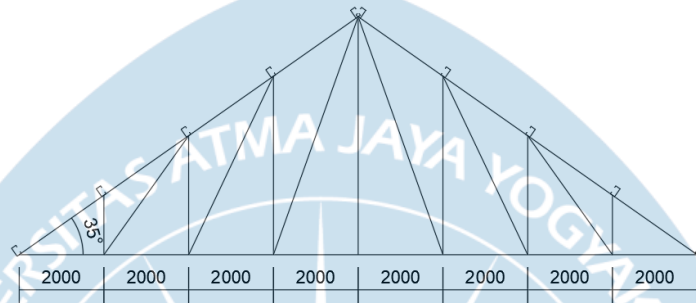


## BAB II

### Perancangan Bangunan Gedung

#### 2. 1. Perencanaan Atap



Gambar 2. 1. Rencana Kuda-Kuda

Perencanaan atap dibagi menjadi perencanaan gording, perencanaan kuda-kuda, perencanaan sambungan kuda-kuda.

##### 2. 1. 1. Perencanaan Gording

Melakukan perhitungan momen dan pembebanan pada rencana gording untuk merencanakan penggunaan profil C. Perhitungan momen ditinjau dari 2 arah sumbu yaitu sumbu 2 dan sumbu 3 untuk menemukan nilai momen ultimate tersebar. Untuk beban terdapat 2 jenis beban gording, yaitu beban mati (P) yang terdiri dari berat sendiri, berat atap, dan berat plafon dan beban hidup (q) dianggap 1kN sebagai beban pekerja.

- Momen gording sumbu 2

$$M_{2,D} = \frac{1}{8} q \sin \alpha \left(\frac{L_1}{3}\right)^2$$

$$M_{2,L} = \frac{1}{4} P \sin \alpha \left(\frac{L_1}{3}\right)$$

$$M^*_{2,U} = 1,4 M_{2,D} \text{ atau } 1,2 M_{2,D} + 1,6 M_{2,L}$$

....(diambil terbesar)

- Momen gording sumbu 3

$$M_{3,D} = \frac{1}{8} q \cos \alpha (L_1)^2$$

$$M_{3,L} = \frac{1}{4} P \cos \alpha (L_1)$$

$$M^*_{3,U} = 1,4 M_{3,D} \text{ atau } 1,2 M_{3,D} + 1,6 M_{3,L}$$

....(diambil terbesar)

Melakukan pengecekan tegangan pada profil C berdasarkan momen yang memenuhi syarat  $f_b \leq f_y$  dan syarat defleksi  $\delta \leq \frac{1}{240} L_1$

$$\begin{aligned} \circ f_b &= \frac{M^*_{3,U}}{\phi W_3} + \frac{M^*_{2,U}}{\phi W_2} \\ \circ \delta_2 &= \frac{5}{384} \frac{q \cos \alpha (L_1)^4}{EI_3} + \frac{1}{48} \frac{P \cos \alpha (L_1)^3}{EI_3} \\ \circ \delta_3 &= \frac{5}{384} \frac{q \cos \alpha \left(\frac{L_1}{4}\right)^4}{EI_2} + \frac{1}{48} \frac{P \cos \alpha \left(\frac{L_1}{4}\right)^3}{EI_2} \\ \circ \delta &= \sqrt{\delta_3^2 + \delta_2^2} \end{aligned}$$

Digunakan kanal C 150x50x20 tebal 2,3mm untuk Gording

Melakukan perhitungan untuk menentukan diameter sag rod berdasarkan beban mati dan beban hidup yang mempengaruhi besar gaya sag rod.

$$\begin{aligned} F_{t,D} &= n \left( \frac{L_1}{3} q \sin \alpha \right) \\ F_{t,L} &= \frac{5}{2} P \sin \alpha \\ F_{t,*} &= 1,4 F_{t,D} \text{ atau } 1,2 F_{t,D} + 1,6 F_{t,L} \text{ ....(diambil terbesar)} \end{aligned}$$

Luas batang sag rod

$$\begin{aligned} A_{sr} &= \frac{F_{t,*} \cdot 10^3}{\phi F_y} \\ \text{Dia sag rod} &= \sqrt{\frac{4 \times A_{sr}}{\pi}} \end{aligned}$$

Untuk kasus ini menggunakan sag rod besi polos dengan diameter 6 mm.

### 2. 1. 2. Perencanaan Kuda-kuda

Perencanaan kuda-kuda mempertimbangkan 3 beban yaitu beban mati, beban hidup, dan beban angin. Untuk beban mati terdiri dari berat sendiri, berat gording, berat atap, dan berat plafond. Sedangkan untuk beban angin terbagi menjadi beban tiup dan beban hisap dari arah kiri dan kanan.

- Profil

Profil siku yang digunakan dalam perhitungan ini adalah 2L

$$I_x = 2(I_{ox} + dx^2 \cdot A)$$

$$I_y = 2(I_{oy} + dy^2 \cdot A)$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

r yang terpakai adalah yang terkecil

- Cek Kelangsingan dan Keamanan

Kelangsingan

$$\lambda = \frac{L_k}{r} \leq 240$$

Keamanan

$$f_t = \frac{N_u}{\phi \cdot A_g} \leq f_y, \text{ dengan nilai } \phi = 0,9$$

digunakan profil double siku dengan ukuran 2L30x30x3; 2L60x60x6; 2L70x70x6; 2L80x80x6; 2L90x90x6 untuk untuk-kuda.

### 2. 1. 3. Perencanaan Sambungan Kuda-Kuda

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan sambungan kuda-kuda adalah kuat geser baut, tahanan tumpu, dan gaya batang. Untuk menghitung kuat geser baut diperlukan data faktor keamanan kondisi geser baut ( $\phi$ ), tegangan tarik putus baut ( $F_u$ ), tegangan geser nominal baut ( $F_{nv}$ ), diameter baut ( $d_b$ ), luas permukaan baut ( $A_b$ ), dan tebal plat buhul yang digunakan ( $t_p$ ) berlaku juga untuk tahanan tumpu. Lalu untuk perhitungan gaya batang, untuk mempermudah diperlukan rencana sambungan terlebih dahulu.

Melalui perhitungan yang telah dilakukan ditemukan pada Titik Buhul A diperlukan 2 baut, Titik Buhul B diperlukan 8 baut, Titik Buhul C diperlukan 8 baut, Titik Buhul D diperlukan 4 baut, Titik Buhul E diperlukan 6 baut, Titik Buhul F diperlukan 6 baut, Titik Buhul G diperlukan 8 baut, Titik Buhul H diperlukan 8 baut, dan Titik Buhul I diperlukan 10 baut

- Kuat Geser Baut

$$V_d = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b$$

- Tahanan Tumpu

$$R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u$$

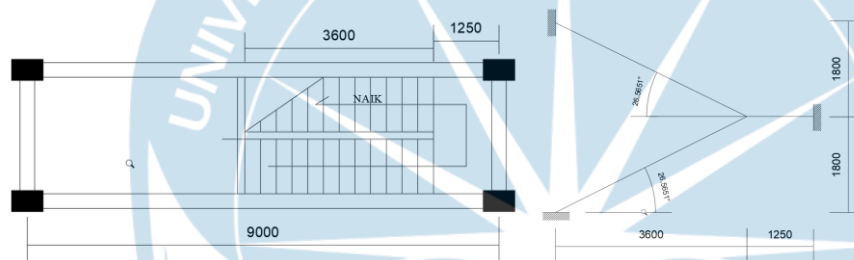
### Kuat Geser Baut < Tahanan Tumpu

$2V_d < R_n$ ,  $V_d$  berpengaruh terhadap pemilihan banyaknya jumlah baut.

- Tata Letak Baut

Jarak minimum dari pusat lubang baut tepi ke ujung pelat harus memenuhi  $1,5d_b$ ; Jarak dari pusat tiap lubang baut ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh lebih dari  $12t_p$  atau 150 mm; Jarak Pusat Lubang Baut Tepi ke Ujung diambil 20 mm; Batas Minimum < Jarak Pusat Lubang Baut Tepi ke Ujung < Batas Maximum

## 2. 2. Perencanaan Tangga dan Pelat



Gambar 2. 2. Detail Tangga

Pada perencanaan tangga dan pelat diperlukan besaran momen ultimate dan gaya geser ultimate dengan bantuan software ETABS menggunakan angka seperti permodelan rangka bangunan, nilai respons spectrum, berat jenis beton, berat jenis tulangan, beban hidup, dan beban mati untuk mendapatkan momen dan gaya geser.

### 2. 2. 1. Perencanaan Tangga dan Bordes

Syarat untuk oprtrade 150-200 mm sedangkan untuk antrade 280-300 mm, dilanjutkan dengan mencari jumlah anak tangga menggunakan elevasi antar lantai dibanding tinggi oprtrade lalu mencari lebar tangga, sudut kemiringan dan lebar bordes.

- Penulangan Tangga

- Tulangan Utama

Mencari diameter tulangan dengan memperhatikan penampang yang ditinjau menggunakan syarat  $\rho \leq \rho_{max}$ .

- Menentukan  $\rho$

$$\rho = \frac{0,85f'c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85f'c}} \right)$$

$$\text{Dengan Rasio Penulangan } (k) = \frac{M_{ur}}{\phi b d^2}$$

- Menentukan  $\rho_{max}$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

Setelah memenuhi syarat daktail, maka mencari As perlu dan As minimum

- Menentukan As perlu

As perlu =  $\rho \times b \times d$ , dengan d adalah lebar penampang efektif

- Menentukan As min

As min =  $\rho_{min} \times b \times d$ , dengan d adalah lebar penampang

- Menentukan Spasi pada Tulangan Utama

$$s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

Keamanan spasi tulangan =  $s \leq 2h$

Digunakan tulangan D13 dengan spasi 240

- Tulangan Susut

$$s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}, \text{ dengan } d \text{ adalah lebar penampang efektif}$$

Dan As menggunakan As susut =  $\rho \times b \times d$  dengan d lebar penampang dan  $\rho = 0,002$

Digunakan Tulangan P8 dengan spasi 150

### Cek terhadap geser

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

Jika  $\phi V_c \geq V_u$ ; Aman terhadap Geser dengan  $\phi = 0,75$

Digunakan Tulangan P8 dengan spasi 150 mm

- Tulangan Tangga Lapangan

Mencari  $\rho$  Perlu dan  $\rho_{max}$  kemudian digunakan yang **terkecil**

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

$$\rho \text{ max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

dengan  $R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d^2}$  dan  $d$  = lebar penampang efektif

Selanjutnya, menentukan spasi tulangan

$$s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}, \text{ menggunakan } A_s \text{ terbesar antara } A_s \text{ perlu dan } A_s \text{ min.}$$

Digunakan Tulangan diameter 13 dengan spasi 250 mm

- Penulangan Bordes

Setelah mendapat reaksi tumpuan dari pembebanan ETABS, kita memerlukan pembebanan yang mempengaruhi balok bordes dengan dimensi 200 x 400 mm yang terdiri dari beban mati yaitu reaksi tumpuan terhadap beban mati, beban sendiri, dan beban dinding dan beban hidup yaitu reaksi tumpuan terhadap beban mati.

### Menentukan Beban Ultimate

$$Q = 1,4QDL \text{ atau } 1,2QDL + 1,6QLL \dots (\text{diambil terbesar})$$

### Menentukan Momen dan Gaya Geser

- Tumpuan

$$M_u = \frac{1}{12} \times Q \times L^2$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times Q \times L$$

- Lapangan

$$M_u = \frac{1}{24} \times Q \times L^2$$

$$V_u = \frac{1}{4} \times Q \times L$$

- Tulangan Utama

$$\rho \text{ Perlu} = \frac{0,85 f'c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 f'c}} \right)$$

$$\rho \text{ Min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\text{dengan } k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$A_s$  perlu =  $\rho \times b \times d$ , dengan  $d$  adalah lebar penampang efektif

$A_s$  tulangan =  $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$ , dengan  $D$  merupakan diameter tulangan

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As Tulangan}}$$

Menggunakan Tulangan 2D13 untuk Tulangan Utama

o Tulangan Sengkang

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c$$

$$V_s = \frac{V_u}{0,75} - V_c$$

Nilai  $V_s$  negatif sehingga spasi sengkang dapat digunakan nilai maksimum. jika positif maka dihitung  $V_s$  max untuk menentukan spasi tulangan

$$V_s \text{ max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times b \times d^2, \text{ dengan } d \text{ adalah lebar Panjang efektif}$$

$$S \text{ maks} = \frac{d}{2}$$

Menggunakan profil P10 spasi 150 untuk Tulangan Sengkang

• Pondasi Tangga

Dalam perancangan pondasi tangga, dibutuhkan data beban tangga (beban mati, beban hidup, dan berat sendiri tangga), lebar pondasi, daya dukung tanah, beban maksimum, dan beban minimum untuk tegangan biasa dan berfaktor.

**Lebar Pondasi**

$$e = \frac{0,5 \times M_u}{Q_{tg}}$$

**Tegangan**

$$\sigma_{netto} = \sigma_{tanah} - (d - h_{pondasi})(\gamma_{tanah}) - (h_{pondasi})(\gamma_{beton})$$

$$\sigma_{max} = \frac{Q_{tg}}{B} + 6 \times \frac{Q_{tg}}{B^2}$$

$$\sigma_{umax} = \frac{Q_{utg}}{B} + 6 \times \frac{Q_{utg}}{B^2}$$

$$\sigma_{min} = \frac{Q_{tg}}{B} - 6 \times \frac{Q_{tg}}{B^2}$$

$$\sigma_{umin} = \frac{Q_{utg}}{B} - 6 \times \frac{Q_{utg}}{B^2}$$

### Momen Ultimate & Geser Ultimate

$$M_u = \frac{1}{2} \times \frac{(\sigma_{umax} + \sigma_{umin})}{2} \times \left( \frac{B}{2} + e - \frac{1}{2} b_{tg} \right)^2$$

$$V_u = \frac{(\sigma_{umax} + \sigma_{umin})}{2} \times \left( \frac{B}{2} + e - \frac{1}{2} b_{tg} \right)^2$$

Kemudian melakukan hal yang sama pada perencanaan tulangan utama & cek geser serta tulangan susut

Setelah melakukan perhitungan yang sama didapatkan profil diameter 13 dengan spasi 250 mm untuk Tulangan Utama dan Tulangan P8 dengan spasi 150 mm.

#### 2. 2. 2. Perencanaan Pelat Lantai

Mencari beban ultimate ( $W_u$ ) menggunakan 1,2D + 1,6L dengan beban mati yang terdiri dari berat sendiri plat, berat pasir, 14 berat ubin + spesi, dan berat plafon serta beban hidup menggunakan 2,5 kN/m<sup>2</sup> untuk plat lantai dan 1 kN/m<sup>2</sup> untuk plat atap.

- Arah X

$$k = \frac{Mlx}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

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

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

$\rho_{perlu}$  dan  $\rho_{min}$  diambil nilai terkecil lalu mencari spasi tulangan

$$s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

- Arah Y

Prinsipnya sama seperti penulangan arah X namun momen yang mempengaruhinya berbeda, pada penulangan arah Y menggunakan momen arah Y

- Tulangan Bagi

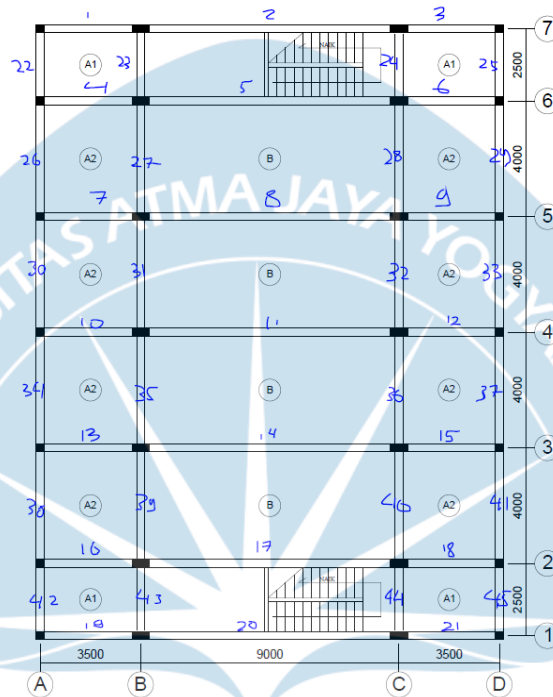
$$s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_{s \min}}$$

Setelah melakukan perhitungan Plat Lantai didapatkan detail untuk Plat Lantai A1 dengan tebal 150 mm menggunakan Tulangan Pokok dan Bagi P8-100, Plat Lantai A2 dengan tebal 150 mm



menggunakan Tulangan Pokok dan Bagi P8-100 dan Plat Lantai B dengan tebal 125 mm menggunakan Tulangan Pokok dan Bagi P8-100.

### 2. 3. Permodelan Struktur



Gambar 2. 3. Penomoran Balok dan Kolom

#### 2. 3. 1. Perencanaan Balok

Menentukan Ukuran Balok

$$H = \frac{\text{Panjang Balok}}{16}$$

$$B = \frac{2.H}{3}$$

- Penulangan Tumpuan

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

$$\rho_{\max} = 0,429 \times \frac{0,85 \times f'_{rc} \times 0,85}{f_y}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times f'_{rc}}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0,85 \times f'_{rc}}} \right)$$

$$\text{dengan } k = \frac{M_u}{0,8.b.d^2}$$

$$\text{As perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$$

- Penulangan Lapangan

Menggunakan perhitungan sama seperti penulangan tumpuan, namun momen yang digunakan adalah momen ultimate pada lapangan

- Penulangan Sengkang

Menggunakan perhitungan yang sama dengan Sengkang pada balok bordes menggunakan spasi minimal untuk spasi tulangan tumpuan dan spasi maksimal untuk spasi tulangan lapangan. Setelah dilakukan perhitungan perencanaan balok didapatkan spesifikasi Balok tertera pada tabel 2.1

Tabel 2. 1. Detail Perencanaan Balok

	Balok B1	Balok B2	Balok B3
Dimensi	300 x 400 mm	400 x 600 mm	300 x 400 mm
Tulangan Tumpuan	3D22	3D22	3D22
Tulangan Lapangan	3D22	3D22	3D22
Sengkang Tumpuan	P10-50	P10-50	P10-50
Sengkang Lapangan	P10-100	P10-100	P10-100

### 2. 3. 2. Perencanaan Kolom

Menentukan dimensi kolom menggunakan,

$$P_u = 1,2 N_D + 1,6 N_L$$

$$\phi P_n = P_u, \phi = 0,65$$

$$P_n = 25,06 A_g$$

$$\sqrt{A_g} = \text{Sisi kolom minimal}$$

Setelah mendapatkan momen dan geser ultimate dari ETABS, kemudian menggunakan IKOLAT 2000 untuk mencari penulangan pada kolom dengan menggunakan data beton, modulus elastisitas baja, lebar dan tinggi penampang kolom, diameter tulangan, selimut beton, serta beban dan momen ultimate.

Hasil momen ultimate pada software menjadi jumlah baris tulangan.

Setelah dilakukan perhitungan perencanaan Kolom didapatkan spesifikasi Kolom tertera pada tabel 2.2

Tabel 2. 2. Detail Perencanaan Kolom

	Kolom K1	Kolom K2
Dimensi	400 x 400 mm	500 x 500 mm
Tulangan Utama	8D16	8D22
Senggang Tumpuan	P10-70	P10-100
Senggang Lapangan	P10-100	P10-200

## 2. 4. Perencanaan Struktur Bawah

### 2. 4. 1. Perencanaan Pondasi Telapak

Perencanaan pondasi telapak memerlukan beban yang dipikul pondasi, daya dukung tanah efektif, dan pengecekan kuat geser satu arah dan dua arah.

$$\text{Dimensi telapak} = \sqrt{\text{luas pondasi telapak}}$$

$$\text{Luas Pondasi telapak} = \frac{\text{penjumlahan beban mati dan hidup rencana}}{\text{daya dukung tanah efektif}}$$

$$\text{Dukungan oleh pondasi (qu)} = \frac{P_u}{A}, \text{ A = luas penampang pondasi telapak}$$

- Cek Kuat Geser 1 Arah

Melakukan pengecekan dengan arah x dan arah y

Syarat :

$$\phi V_c \geq V_u$$

dengan,

$$\phi = 0,75$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_u = P_u \times (h \times (x \text{ atau } y))$$

$$x = \frac{b - b_{kolom}}{2} - h$$

$$y = \frac{h_{pondasi} - h_{kolom}}{2} - h$$

- Cek Kuat Geser 2 Arah

Syarat :

$$\phi V_c \geq V_u$$

dengan,

memilih  $V_c$  terkecil dari  $V_{c1}$ ,  $V_{c2}$ , dan  $V_{c3}$

$$Vc 1 = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \sqrt{f'c} \times bo \times d$$

$$Vc 2 = 0,33 \times \sqrt{f'c} \times bo \times d$$

$$Vc 3 = 0,083 \times \left(\frac{as \times d}{bo} + 2\right) \times \sqrt{f'c} \times bo \times d$$

- Perhitungan Tulangan

$$\rho \text{ perlu} = \frac{0,85 \times f'c}{fy} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0,85 \times f'c}}\right)$$

$$\text{dengan } k = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$

$$As \text{ Perlu} = \rho \text{ Perlu} \times b \times d$$

$$As \text{ min} = \rho \text{ min} \times b \times h_{pondasi}$$

Dari  $As$  perlu dan  $As$  min diambil **terkecil** untuk menentukan tulangan longitudinal dan tulangan bagi

- Tulangan longitudinal

$$\text{Spasi} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times b_{pondasi}}{As}$$

- Tulangan Bagi

$$\text{Spasi} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times h_{pondasi}}{As}$$

Setelah dilakukan perhitungan perencanaan Pondasi didapatkan spesifikasi Pondasi tertera pada tabel 2.3

Tabel 2. 3. Detail Perencanaan Pondasi

	Pondasi P1	Pondasi P2
Dimensi	1500 x 1500 mm	2000 x 2000 mm
Tulangan Longitudinal	D16-200	D16-200
Tulangan Bagi	D16-200	D16-200

#### 2. 4. 2. Perencanaan Sloof

Untuk perhitungan sloof, menggunakan Teknik yang sama dengan perhitungan balok Dan didapatkan sloof berdimensi 300 x 400 mm, menggunakan Tulangan Tumpuan dan Lapangan 3D16, serta Sengkang Tumpuan dan Lapangan P10-200.