

## **BAB II**

### **Perancangan Bangunan Gedung**

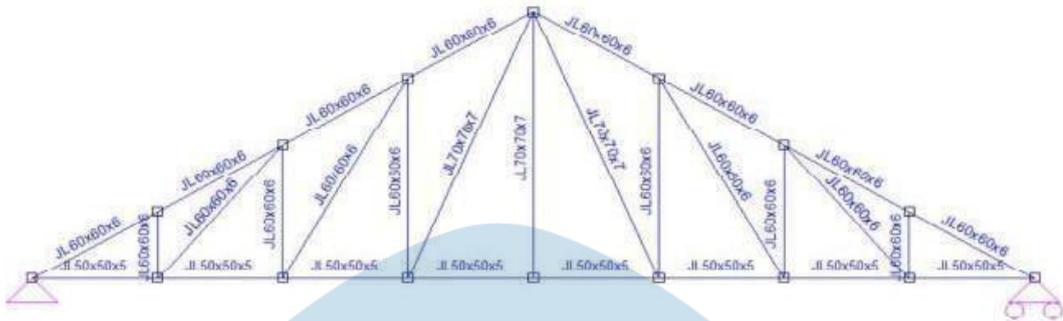
#### **2.1 Tinjauan Umum**

Tugas praktik perancangan bangunan gedung ini adalah merancang sebuah gedung sekolah 3 lantai. Perancangan gedung sekolah ini dimulai dengan melakukan perencanaan atap, perencanaan tangga dan pelat, pemodelan 3D (3 dimensi), perancangan balok dan kolom, serta perancangan pondasi dan sloof. Perancangan ini dilakukan untuk menghitung kekuatan struktur gedung ini dalam menahan beban hidup, beban mati, beban angin, dan beban gempa. Dalam perancangan ini, *software* digunakan sebagai alat bantu dalam merancang. Beberapa *software* yang digunakan adalah SANSIRO, ETABS, SAP2000, AutoCAD, Microsoft Excel. Perhitungan dalam perancangan ini juga harus didasari dengan SNI yang berlaku seperti :

1. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
2. SNI 2847:2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
3. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
4. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

#### **2.2 Perencanaan Atap**

Perencanaan atap menggunakan baja siku dengan sudut kemiringan atap  $30^\circ$  dengan menggunakan genteng beton dan mutu baja profil  $f_u = 290$  MPa. Sambungan atap menggunakan jenis las dengan  $f_{uw} = 351$  MPa. Dengan tiupan angin  $0,25$  kN/m<sup>2</sup>. Perencanaan atap dilakukan mulai dari perencanaan gording, perencanaan elemen kuda kuda, dan perencanaan sambungan elemen kuda kuda. Hasil perancangan struktur atap dapat dilihat di Lampiran 1 Gambar 1.



Gambar 2.1 Detail Kuda - Kuda

### 2.2.1 Perencanaan Gording

Perencanaan gording dilakukan mulai dengan menghitung beban gording yang terdiri dari berat sendiri yang diperkirakan sebesar 0,1 kN/m, berat atap dengan rumus  $\frac{a}{\cos \alpha} \times \text{berat atap}$ , dan berat plafon dengan rumus  $a \times \text{berat plafon}$ . Ketiga berat tersebut dijumlahkan menjadi *Dead Load* (DL). Beban pekerja (P) diambil sebesar 1 kN sebagai beban hidup (LL). Perhitungan momen gording ditinjau dari 2 arah yaitu arah sumbu 2 dan arah sumbu 3.

1. Beban gording arah sumbu 2

$$M_{3,D} = \frac{1}{8} q \cos \alpha (L1)^2$$

$$M_{3,L} = \frac{1}{8} P \cos \alpha (L1)^2$$

$$M_{3,U} = 1,4 M_{3,D} \text{ atau } M_{3,U} = 1,2 M_{3,D} + 1,6 M_{3,L} \text{ (dipilih yang terbesar)}$$

2. Beban gording arah sumbu 3

$$M_{2,D} = \frac{1}{8} q \sin \alpha (L1)^2$$

$$M_{2,L} = \frac{1}{8} P \sin \alpha (L1)^2$$

$$M_{2,U} = 1,4 M_{2,D} \text{ atau } M_{2,U} = 1,2 M_{2,D} + 1,6 M_{2,L} \text{ (dipilih yang terbesar)}$$

Gording menggunakan profil C 150x50x20 (t= 2,8mm). Cek tegangan pada profil C menggunakan rumus :

$$f_b = \frac{M_{3,U}^*}{\phi W_3} + \frac{M_{2,U}^*}{\phi W_2} \leq F_y$$

Cek defleksi goring :

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \frac{q \cos \alpha (L_1)^4}{El_3} + \frac{1}{48} \frac{P \cos \alpha (L_1)^3}{El_3}$$

$$\delta_3 = \frac{5}{384} \frac{q \cos \alpha \left(\frac{L_1}{2}\right)^4}{El_2} + \frac{1}{48} \frac{P \cos \alpha \left(\frac{L_1}{2}\right)^3}{El_2}$$

$$\delta = \sqrt{\delta_3^2 + \delta_2^2}$$

Perencanaan sag-rod dilakukan dengan rumus berikut :

$$F_{t,D} = n \left( \frac{L_1}{3} q \sin \alpha \right)$$

$$F_{t,L} = \frac{P}{2} \sin \alpha$$

$F_{t,U} = 1,4 F_{t,D}$  atau  $F_{t,U} = 1,2 F_{t,D} + 1,6 F_{t,L}$  (dipilih yang terbesar)

Luas batang sag-rod yang diperlukan dihitung menggunakan rumus:

$$A_{SR} = \frac{F \cdot 10^3}{\phi F_y}$$

$$\text{Diameter sag-rod} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{SR}}{\pi}} \text{ (diameter dag-rod didapatkan 10 mm)}$$

Diameter ikatan angin dipilih 16 mm

### 2.2.2 Perencanaan Elemen Kuda-Kuda

Perencanaan elemen kuda-kuda dilakukan setelah menghitung beban mati, beban hidup dan beban angin. Beban mati (DL) merupakan gabungan dari berat sendiri kuda-kuda, berat gording, berat atap, dan berat plafon. Beban hidup (LL) diambil sebesar 1kN pada setiap *joint*. Beban angin dibagi menjadi dua angin tiup dan angin hisap.

Profil siku yang digunakan adalah 2L (*double angle*)

$$A_g = 2A$$

$$I_{xg} = 2 I_x + A \left( C_y + \frac{1}{2} \cdot 1 \right)^2$$

$$r_{xg} : i_{xg} = \sqrt{\frac{I_{xg}}{A_g}} \text{ atau } r_{yg} : i_{yg} = \sqrt{\frac{I_{yg}}{A_g}} \text{ (dipilih yang terkecil)}$$

Cek tegangan dan kelangsingan

$$ft = \frac{Nu}{\phi Ag} \geq fy$$

$$\lambda = \frac{Lk}{r} \geq 240$$

### 2.2.3 Rencana Sambungan Elemen Kuda-Kuda

Sambungan kuda-kuda menggunakan las dengan klasifikasi E420-20. Gaya rencana sambungan las dihitung dengan rumus:

$$Nu,1 = \frac{Nu (h-Ce)}{h}, Nu,2 = \frac{Nu (Ce)}{h} \text{ (dipilih yang terbesar)}$$

Kuat rencana las sudut :

$$Ru,1 = \phi F 0,75 t l(0,6. fuw), Ru,2 = \phi F 0,75 t l(0,6. fu) \text{ (dipilih yang terkecil)}$$

Panjang efektif las :

$$Le = \frac{Nu maks2}{Ru}$$

## 2.3 Perencanaan Tangga dan Pelat Lantai

Perencanaan tangga dan pelat lantai dilakukan setelah melakukan perencanaan atap. Berikut merupakan perencanaan tangga dan pelat lantai :

### 2.3.1 Perencanaan Tangga

Tangga memiliki syarat oprtrade 150-200mm dan antrade 280-300mm. Didalam kasus ini tinggi oprtrade yang digunakan adalah 150mm dan lebar antrade yang digunakan adalah 300mm. Tangga memiliki jumlah anak tangga 24 buah, dengan sudut kemiringan  $26,565^\circ$ , dan memiliki lebar tangga 3300mm. Perhitungan pembebanan dihitung menggunakan *software* SAP2000. Pembebanan yang diterima struktur tangga terdiri dari beban mati tangga, beban mati bordes, dan beban hidup sebesar  $4,79 \text{ kN/m}^2$ . Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan BMD, SFD, dan reaksi tumpuan akibat dari beban – beban tersebut yang nantinya digunakan untuk merencanakan penulangan tangga dan bordes. Perencanaan penulangan dilakukan dengan mencari  $\rho_{perlu}$ . Nilai  $\rho_{perlu}$  harus lebih kecil dari  $\rho_{max}$  dan lebih kecil dari  $\rho_{min}$ . Berikut adalah langkah – langkah dalam mencari  $\rho_{perlu}$  :

$$Rn \text{ perlu} = \frac{MU}{\phi b \cdot ds^2}$$

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

$$\rho_{max} = \frac{0,429 \cdot 0,85 \cdot \beta \cdot f'c}{f_y}$$

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

Dengan syarat =  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$

Luas tulangan lentur dihitung dengan rumus :

$$A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

Jarak antar tulangan lentur dihitung dengan rumus :

$$s = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 \cdot b}{A_s}$$

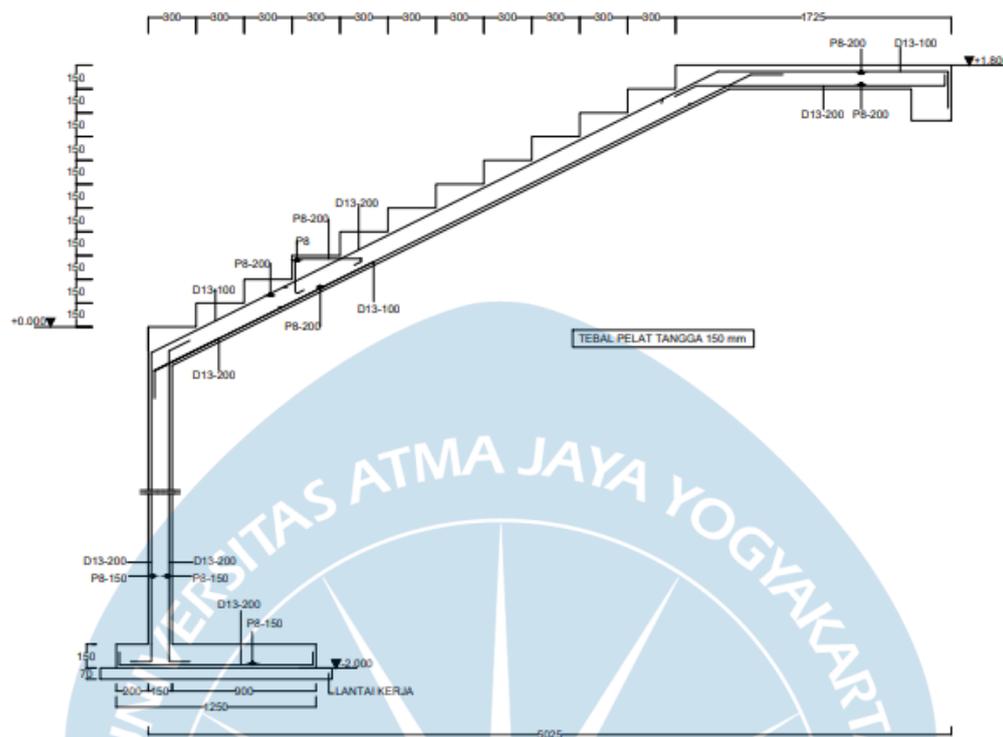
Melalui perhitungan diatas didapatkan kebutuhan tulangan tangga tumpuan D13-200 dan P8-200 untuk tulangan susut. Untuk tulangan tangga lapangan didapatkan D13-100 dan P8-200 untuk tulangan susut.

Mu tumpuan dan lapangan ditinjau untuk menghitung kebutuhan tulangan bordes tangga, selanjutnya dilakukan perhitungan  $\rho_{perlu}$  dengan syarat seperti perhitungan sebelumnya. Kemudian digunakan rumus  $A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$  untuk mencari luas tulangan lentur yang dibutuhkan. Untuk perhitungan jumlah tulangan

menggunakan rumus  $n = \frac{A_{s\ perlu}}{A_{s\ tulangan}}$ . Dari perhitungan tersebut didapatkan

5D13 dan 2P8-150 untuk penulangan balok borses tumpuan serta 3D13 dan P8-150 untuk penulangan balok bordes lapangan.

Pondasi tangga memiliki dimensi pelat 1250x1250x150mm dan berada dikedalaman 2000mm dibawah permukaan tanah. Perhitungan perencanaan pondasi tangga berdasarkan dari tegangan tanah netto ( $\sigma_{netto}$ ) >  $\sigma_{max}$ . Perhitungan tulangan lentur dan geser untuk pondasi tangga menggunakan perhitungan yang sama dengan perhitungan kebutuhan tulangan pada pelat tangga. Dari perhitungan didapatkan D13-200 untuk tulangan lentur dan P8-150 untuk tulangan susut.



Gambar 2.2 Detail Tangga

### 2.3.2 Perencanaan Pelat Lantai dan Atap

Dalam merancang pelat lantai, yang pertama dilakukan adalah menentukan tipe pelat lantai 1 arah atau 2 arah. Tipe pelat 1 arah adalah apabila perbandingan  $L_y$  dengan  $L_x$  memiliki nilai lebih dari 2 dan tipe pelat 2 arah jika nilai kurang dari 2. Didalam kasus ini pelat lantai memiliki tipe 1 arah. Setelah itu dilakukan perhitungan tebal pelat lantai dengan rumus:

1. Untuk pelat 1 arah :

$$h_{min} = \frac{Lx}{28}$$

2. Untuk pelat 2 arah :

$$h_{min} = \frac{Lx}{36}$$

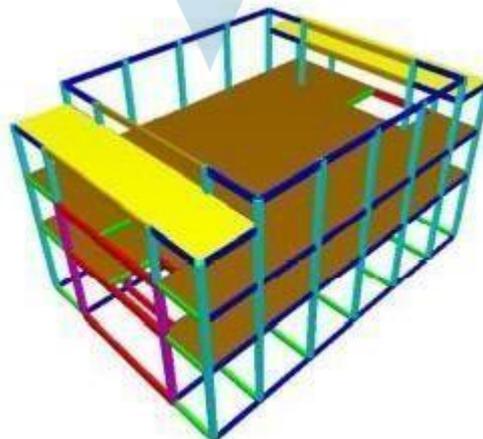
Didalam kasus ini pelat lantai menggunakan tebal 155cm dan pelat atap menggunakan tebal 130mm. Selanjutnya pembebanan pelat lantai dihitung dari beban mati yang terdiri dari beban sendiri pelat, beban pasir, beban ubin, beban spesi, dan beban plafon. Sementara pembebanan pelat atap dihitung dari beban sendiri pelat, beban plafon, dan beban finishing. Untuk beban hidup pelat lantai

digunakan  $2,5 \text{ kN/m}^2$  dan beban hidup pelat atap digunakan  $1 \text{ kN/m}^2$ . Perencanaan penulangan lantai arah x dan y dihitung dengan meninjau nilai  $\rho_{perlu}$  terhadap nilai  $\rho_{max}$  dan  $\rho_{min}$ . Setelah nilai  $\rho_{perlu}$  didapatkan, kebutuhan luas tulangan lentur yang diperlukan dihitung menggunakan rumus  $A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$ . Jarak antar tulangan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus  $S = \frac{\pi \cdot d_b^2 \cdot b}{A_s}$ .

Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil pelat lantai C menggunakan P10-300 untuk arah x, P10-300 untuk arah y, serta P8-150 untuk tulangan bagi. Untuk pelat lantai D digunakan P10-250 untuk arah x, P10-300 untuk arah y, serta P8-150 untuk tulangan bagi. Untuk pelat lantai E digunakan P10-300 untuk arah x, P10-300 untuk arah y, serta P8-150 untuk tulangan bagi. Untuk pelat lantai F digunakan P10-150 untuk arah x, P10-250 untuk arah y, serta P8-150 untuk tulangan bagi. Untuk pelat atap A digunakan P10-300 untuk arah x, P10-300 untuk arah y, serta P8-150 untuk tulangan bagi. Untuk pelat atap B digunakan P10-300 untuk arah x, P10-300 untuk arah y, serta P8-150 untuk tulangan bagi (Dapat dilihat pada Lampiran 1 Gambar 16 dan Gambar 17).

### 2.3 Pemodelan 3D

Pemodelan 3D dilakukan menggunakan bantuan *software* SANSPRO. Pada pemodelan 3D ini seluruh pembebanan seperti beban pelat, atap, gempa, tangga, dinding, dan lainnya *diinput* agar didapatkan hasil reaksi gaya, momen pada balok, kolom, dan pondasi yang akan digunakan untuk perhitungan perancangan selanjutnya.



Gambar 2.3 Pemodelan 3D

## 2.4 Perancangan Balok dan Kolom

Perencanaan balok dan kolom dilakukan untuk menopang beban beban struktur yang ada di atasnya. Berikut adalah perhitungan dalam perencanaan balok dan kolom :

### 2.4.1 Perancangan Balok

Dalam merencanakan ukuran balok induk dan balok anak digunakan rumus  $h = 1/12 L$  dan  $b = 2/3 h$ . Selanjutnya dilakukan perhitungan  $\rho_{perlu}$  dengan syarat seperti perhitungan sebelumnya. Dari nilai  $\rho_{perlu}$  yang sudah ditentukan akan digunakan sebagai perhitungan untuk kebutuhan luas tulangan lentur dengan menggunakan rumus  $A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$ . Jumlah tulangan balok tumpuan dan lapangan dihitung dengan menggunakan rumus  $n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}}$ . Balok diperiksa dengan menghitung nilai momen lentur ( $M_u$ ) lalu dibandingkan dengan nilai momen nominal ( $M_n$ ) dimana nilai  $M_u$  harus lebih kecil dari nilai  $M_n$ . Tulangan geser dihitung dengan mencari nilai  $V_s$  dengan memenuhi syarat  $V_s > V_s \text{ max}$  dan jarak antar sengkang didapatkan dari nilai  $s$ . Setelah didapatkan nilai  $s$  dapat dilakukan pengecekan luas penampang sengkang. Hasil perancangan dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2.1 Detail Perencanaan Balok

	Balok B1 (Lt 2 & 3)		Balok B2 (Lt 2 & 3)	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	250 x 350 mm		250 x 600 mm	
Tulangan Atas	5D22	2D22	7D22	2D22
Tulangan Bawah	3D22	3D22	4D22	3D22
Tulangan Sengkang	2P10-100	2P10-100	2P10-150	2P10-150
Tulangan Samping	2D10	2D10	4D10	4D10
	Balok B3 (Dag)		Balok B4 (Dag)	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	200 x 350 mm		200 x 450 mm	
Tulangan Atas	2D16	2D16	4D16	2D16
Tulangan Bawah	2D16	2D16	2D16	2D16
Tulangan Sengkang	2P10-100	2P10-100	2P10-150	2P10-150
Tulangan Samping	2D10	2D10	2D10	2D10

Tabel 2.1 Lanjutan

	Balok B5 (Ring)		Balok B6 (Ring)	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	200 x 350 mm		200 x 450 mm	
Tulangan Atas	3D16	2D16	5D16	2D16
Tulangan Bawah	2D16	2D16	3D16	3D16
Tulangan Sengkang	2P10-100	2P10-100	2P10-150	2P10-150
Tulangan Samping	2D10	2D10	2D10	2D10

#### 2.4.2 Perancangan Kolom

Hasil pembebanan yang didapatkan dari *software* SANSPRO untuk perencanaan kolom dihitung dengan menggunakan 10 kombinasi pembebanan dan hasilnya dipilih yang paling besar. Hasil kombinasi pembebanan dimasukan kedalam *software* IKOLAT2000 untuk diplot ke diagram interaksi kolom agar dapat diketahui kolom aman digunakan atau tidak. Rasio luas tulangan ( $\rho_{tulangan}$ ) harus sama dengan 1%. Selanjutnya jumlah tulangan kolom yang dibutuhkan dihitung dengan rumus :  $n = \frac{A_{total}}{A_{tulangan}}$ . Gaya geser dihitung harus memenuhi syarat  $\phi V_c > V_u$  dan jarak antar tulangan geser dihitung dengan menggunakan rumus  $s = \frac{d}{2}$ . Hasil perancangan dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2.2 Detail Perencanaan Kolom

	Kolom K1 (Lt 1)	Kolom K2 (Lt 1)	Kolom K3 (Lt 2)
Dimensi	350 x 350 mm	350 x 500 mm	350 x 350 mm
Tulangan Pokok	8D19	12D22	8D19
Tulangan Sengkang	2P10-100	2P10-200	2P10-100
	Kolom K4 (Lt 2)	Kolom K5 (Lt 3)	Kolom K3 (Lt 2)
Dimensi	350 x 500 mm	350 x 350 mm	350 x 350 mm
Tulangan Pokok	12D22	8D19	8D19
Tulangan Sengkang	2P10-200	2P10-100	2P10-100

#### 2.5 Perancangan Pondasi dan Sloof

Pondasi yang digunakan dalam perancangan ini adalah pondasi telapak. Pondasi diletakkan di kedalaman 2m dengan berat volume tanah  $18 \text{ kN/m}^3$  dan

daya dukung tanah sebesar 225 kN/m<sup>2</sup>. Dalam merencanakan pondasi ini dibutuhkan bantuan *software* SANSPRO2000 untuk mendapatkan nilai kombinasi beban (Pu). Dalam merencanakan pondasi harus menghitung kekuatan terhadap gaya geser 1 arah dan 2 arah dan harus memenuhi syarat  $\phi V_c > V_u$ . Rencana penulangan pondasi dilakukan dengan cara mencari nilai dari  $\rho_{perlu}$ . Kemudian dimasukkan ke dalam rumus  $A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$  untuk mencari kebutuhan luas

tulangan. Untuk perhitungan jarak antar tulangan lentur dan bagi digunakan rumus

$$S = \frac{4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 \cdot b}{A_s}$$

Untuk perhitungan sloof digunakan rumus dan cara yang sama dengan perhitungan balok. Hasil perancangan pondasi dan sloof dapat dilihat pada Lampiran 1 Gambar 11 dan Tabel 3.

Tabel 2.3 Detail Perancangan Pondasi

	Pondasi P1	Pondasi P2
Dimensi	2000 x 2000 mm	3000 x 2000 mm
Tulangan Longitudinal	D19-250	D19-200
Tulangan Bagi	2P100-200	2P10-150

Tabel 2.4 Detail Perancangan Sloof

	Sloof A -B / C - D		Sloof B - C	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	250 x 600 mm		250 x 600 mm	
Tulangan Atas	4D19	2D19	3D19	2D19
Tulangan Bawah	4D19	2D19	3D19	2D19
Tulangan Sengkang	2P10-250	2P10-250	2P10-250	2P10-250
Tulangan Samping	4D10	4D10	4D10	4D10