

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN DAN ANALISIS**

Pada Bab IV ini berisi tentang Struktur Sekunder (4.1), Struktur Sekunder itu sendiri berisi tentang perhitungan perencanaan yang bertujuan untuk menghitung dimensi plat, balok anak, dan tangga agar di peroleh suatu nilai yang optimal.

Kemudian di (4.2) yaitu struktur utama, di sini saya akan menghitung balok induk, kolom, dan beban gempa, serta menghitung pembesiannya dari balok dan kolom dengan di bantu menggunakan SAP 2000, dan terakhir (4.3) yaitu perhitungan pondasi.

#### **4.1 Perencanaan Struktur Sekunder**

##### **4.1.1. Perencanaan Struktur Atap**

Struktur atap yang digunakan adalah atap dari pelat beton bertulang, pelat atap diasumsikan sebagai beban pada struktur bukan sebagai pengekang struktur. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Beton yang digunakan mutu ( $f_c'$ ) = 25 Mpa
- b. Tulangan menggunakan baja mutu ( $f_y$ ) = 300 Mpa

Perencanaan tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan

pada semua sisinya  $\frac{Ly}{Lx} < 2$  maka harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- 1) Untuk  $m < 0,2$

harus memenuhi ketentuan SNI 03-2847-2013 tabel 10 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- a. Pelat tanpa penebalan  $> 120$  mm
- b. Pelat dengan penebalan  $> 100$  mm

- 2) Untuk  $0,2 < m < 2,0$

ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{l_n^{0,8+\frac{f_y}{1}}}{3 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} < 120 \text{ m} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (4.1)$$



Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 2,169 \frac{25 \times 65^3}{12} = 1240961,7 \text{ cm}^4$$

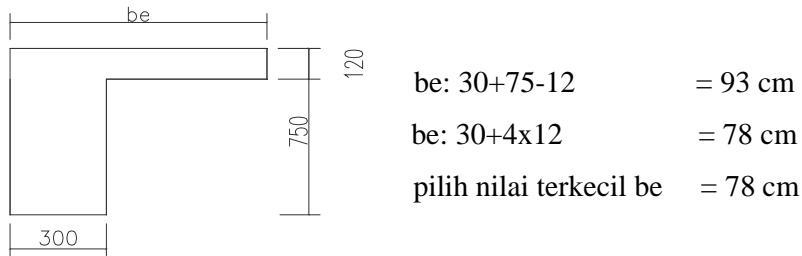
Inersia lajur pelat :

$$I_P = \frac{b_P \times t^3}{12} = \frac{6050 \times 12^3}{12} = 871200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_P} = \frac{1240961,7}{871200} = 1,424$$

### Tinjau Pelat A

#### Balok as A joint 2'-3' (Elv. +28.800)



Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} = 1,58$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,58 \frac{30 \times 75^3}{12} = 1666406,25 \text{ cm}^4$$

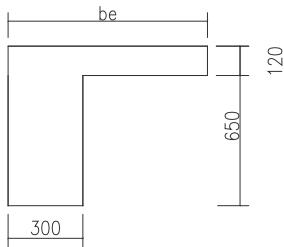
Inersia lajur pelat :

$$I_P = \frac{b_P \times t^3}{12} = \frac{3600 \times 12^3}{12} = 518400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_P} = \frac{1666406,25}{518400} = 3,214$$

### Tinjau Pelat A

#### Balok as B joint 2'-3' (Elv. + 28.800)



$$be: 30+65-12 = 83 \text{ cm}$$

$$be: 30+4 \times 12 = 78 \text{ cm}$$

pilih nilai terkecil be = 78 cm

Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} = 1,63$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,63 \frac{30 \times 65^3}{12} = 1119096,875 \text{ cm}^4$$

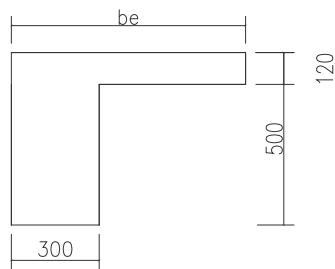
Inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{3600 \times 12^3}{12} = 518400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1119096,875}{518400} = 2,158$$

### Tinjau Pelat A

#### Balok 3' joint A-B (Elv. +28.800)



$$be: 30+50-12 = 68 \text{ cm}$$

$$be: 30+4 \times 12 = 78 \text{ cm}$$

pilih nilai terkecil be = 68 cm

Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} = 1,62$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,62 \frac{30 \times 50^3}{12} = 506250 \text{ cm}^4$$

Inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{6000 \times 12^3}{12} = 864000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{506250}{864000} = 0,586$$

Setelah di dapat nilai kekakuan ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ) pada keempat balok yang membatasi pelat, maka dicari nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok ( $\alpha_m$ )

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{1,424 + 3,124 + 2,158 + 0,586}{4} = 1,823$$

Dari Tipe pelat diatas, diambil rata-rata  $m$  (Pelat A,  $m = 1,823$ ) :

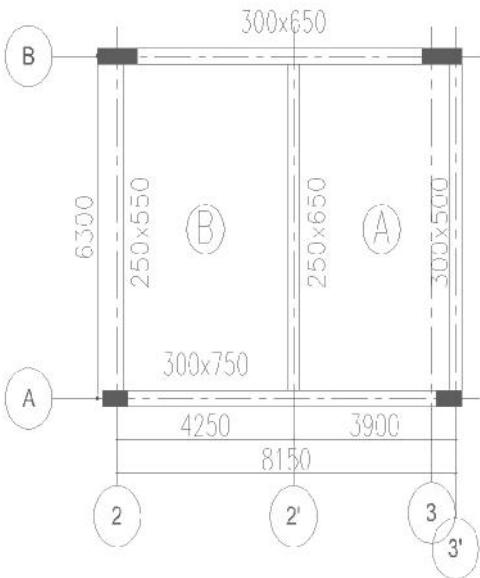
Karena  $0,2 < m < 2,0$  dipakai persamaan (16), tetapi tidak boleh kurang dari 120mm,

$$h = \frac{l_n 0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} < 120 \text{ mm}$$

$$= \frac{6000 \cdot 0,8 + \frac{240}{1500}}{36 + 5 \cdot 1,65(1,823 - 0,2)} = 97,189 \text{ mm}$$

❖ Jadi dipakai tebal pelat :  $h = 120 \text{ mm}$

## Perencanaan dimensi pelat atap



### Tinjau Plat B (Elv. +28.800)

Bentang Bersih Sumbu Panjang

$$ln = 630 - (30/2) - (30/2) = 600 \text{ cm}$$

Bentang Bersih Sumbu Pendek

$$sn = 425 - (25/2) - (25/2) = 400 \text{ cm}$$

$$= ln/sn$$

$$= 600/400 = 1,5$$

Direncanakan pelat tebal 12 cm,  $f'_c = 25 \text{ Mpa}$

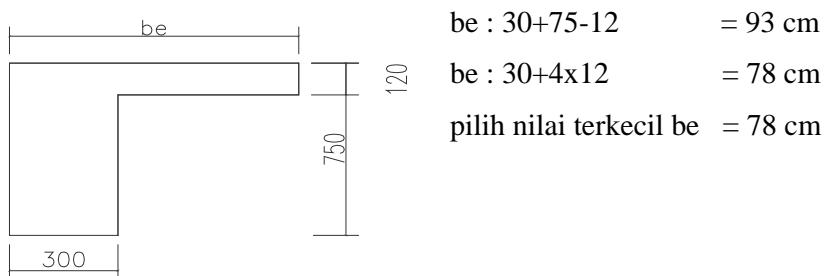
### Tinjau Pelat B

#### Balok as 2' joint A-B (Elv. +28.800)

$$\alpha_s = 1,424$$

### Tinjau Pelat B

#### Balok as A joint 2-2' (Elv. +28.800)



Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)} = 1,58$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,58 \frac{30 \times 75^3}{12} = 1666406,25 \text{ cm}^4$$

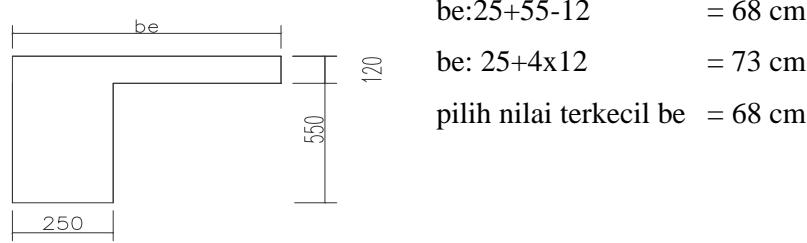
Inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{3950 \times 12^3}{12} = 568800 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_6 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1666406,25}{568800} = 2,929$$

### Tinjau Pelat B

#### Balok as 2 joint A-B (Elv. +28.800)



Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} = 1,745$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,745 \frac{25 \times 55^3}{12} = 604842,447 \text{ cm}^4$$

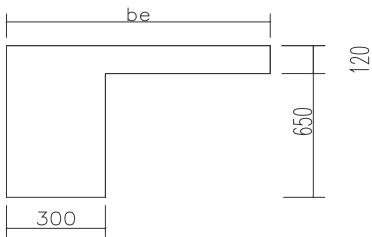
Inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{6050 \times 12^3}{12} = 871200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_7 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{6}{8} = 0,694$$

## Tinjau Pelat B

Balok as B joint 2'-3' (Elv. + 28.800)



$$be : 30+65-12 = 83 \text{ cm}$$

$$be : 30+4 \times 12 = 78 \text{ cm}$$

pilih nilai terkecil be = 78 cm

Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} = 1,63$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,63 \frac{30 \times 65^3}{12} = 1119096,875 \text{ cm}^4$$

Inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{3950 \times 12^3}{12} = 568800 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_8 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1119096,875}{568800} = 1,967$$

Setelah didapat nilai kekakuan ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ) pada keempat balok yang membatasi pelat, maka dicari nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok ( $\alpha_m$ )

$$\alpha_m \text{ Plat B} = \frac{\alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{1,424 + 2,929 + 0,694 + 1,967}{4} = 1,753$$

Dari Tipe pelat diatas, diambil rata-rata  $m$  (Pelat B,  $m = 1,753$ ) :

Karena  $0,2 < m < 2,0$  dipakai persamaan (16), tetapi tidak boleh kurang dari 120mm,

$$h = \frac{l_n 0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} < 120 \text{ m}$$

$$= \frac{6000 \cdot 0,8 + \frac{240}{1500}}{36 + 5 \cdot 1,65(1,753 - 0,2)} = 98,339 \text{ mm}$$

❖ Jadi dipakai tebal pelat :  $h = 120 \text{ mm}$

#### 4.1.1.2. Perencanaan Penulangan Pelat Lantai Atap

Untuk pembebanan direncanakan pelat menerima beban-beban sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung 1983.

Pembebanan untuk pelat tipe A :

##### Beban mati (qd)

Berat sendiri	$= 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 288 \text{ kg/m}^2$
ME		$= 18 \text{ kg/m}^2$
<u>Plafond+penggantung</u>	<u><math>= 11 \text{ kg/m}^2 + 7 \text{ kg/m}^2</math></u>	<u><math>= 18 \text{ kg/m}^2 +</math></u>
Beban total		$= 324 \text{ kg/m}^2$

##### Beban hidup (ql)

Beban hidup untuk fungsi bangunan gedung adalah  $100 \text{ kg/m}^2$

##### Kombinasi pembebanan (qu)

Kombinasi pembebanan yang digunakan perhitungan penulangan pelat sesuai dengan SNI 2847-2013.

$$\begin{aligned} qu &= 1,2 qd + 1,6 ql \\ &= 1,2 \times 324 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \times 100 \text{ kg/m}^2 \\ &= 548,8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.1.1.3. Analisa Gaya Dalam

Dalam menganalisa gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan pasal 13.3 Tabel 13.3.1 PBI 1971 sebagai acuan. Chu kia wang dalam bukunya yang berjudul Desain Beton Bertulang menunjukkan perletakan yang digunakan pada pelat terhadap balok tepi dapat diasumsikan sebagai berikut :

$\alpha_m \leq 0,375$	sebagai pelat tanpa balok tepi
$0,375 \leq \alpha_m \leq 1,875$	sebagai balok tepi yang fleksibel
$\alpha_m \geq 2,0$	sebagai balok tepi kaku

Penentuan syarat batas :

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{6300}{3900} = 1,615 \text{ (pelat dua arah)}$$

Perencanaan tebal pelat :

Tebal pelat minimum yang telah memenuhi syarat adalah sebesar 120 mm.

Karena pada perhitungan kekakuan rata-rata balok terhadap pelat pada tipe pelat A diperoleh 1,615 maka untuk perletakan tipe pelat A dapat diasumsikan sebagai pelat dengan balok tepi yang fleksibel atau terjepit penuh pada keempat sisinya.

Untuk pelat terjepit penuh keempat sisinya :

1.  $Ml_x = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$
2.  $Ml_y = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$
3.  $Mt_x = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$
4.  $Mt_y = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$

Dimana :

$Ml_x$  = momen lapangan arah x

$Ml_y$  = momen lapangan arah y

$Mt_x$  = momen tumpuan arah x

$Mt_y$  = momen tumpuan arah y

$L_x$  = bentang terpendek dari pelat

X = koefisien (tabel 13.3.1 PBI)

Perhitungan penulangan pelat menggunakan diameter tulangan polos 12 mm untuk tulangan utama dan 10 mm untuk tulangan susut dengan mutu baja 300 MPa dan mutu beton 25 MPa. Direncanakan tebal selimut pelat 20 mm sesuai dengan PBI 1971 tabel 13.3.2 dan dihitung berdasarkan lebar permeter lari.

$$1. \quad Ml_x = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$Ml_x = 0,001 \times 548,8 \times (6,3 \text{ m})^2 \times 51$$

$$Ml_x = 1110,87 \text{ Kg.m}$$

$$2. \quad Ml_y = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$Ml_y = 0,001 \times 548,8 \times (6,3 \text{ m})^2 \times 23$$

$$Ml_y = 500,98 \text{ Kg.m}$$

$$3. \quad Mt_x = (0,001)qu \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$Mt_x = (0,001) \times 548,8 \times (3,9 \text{ m})^2 \times 107$$

$$Mt_x = 893,15 \text{ Kg.m}$$

$$4. \quad Mt_y = (0,001)qu \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$Mt_y = (0,001) \times 548,8 \times (3,9 \text{ m})^2 \times 78$$

$$Mt_y = 651,08 \text{ Nm}$$

#### 4.1.1.4. Perhitungan Tulangan pelat

Data-data Perencanaan :

- a. Tebal pelat lantai (t) = 120 mm
- b. Penutup beton (p) = 20 mm
- c. Mutu beton ( $f_c'$ ) = 25 MPa
- d. Mutu baja ( $f_y$ ) = 300 MPa
- e. Lebar pelat yang ditinjau = 1000 mm
- f. Diameter tulangan utama = 12 mm

Tinggi efektif untuk arah X

$$d_x = h - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan}$$

$$d_x = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 12 \text{ mm} = 94 \text{ mm}$$

Tinggi efektif untuk arah Y

$$d_y = h - \text{tebal selimut} - \varnothing \text{ tulangan} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan}$$

$$d_y = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm} = 82 \text{ mm}$$

Tulangan minimum dan maksimum

SNI 2847 2013 pasal 10.2.7.3

$$S_1 = 0,85 - 0,05 = 0,85 \Rightarrow \text{untuk beton } f_c' < 25 \text{ MPa}$$

SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1

$$\dots_{\min} = 0,002 \Rightarrow \text{untuk } f_y = 300$$

SNI Beton 2847-2013, sebagai alternatif, untuk komponen struktur yang besar dan massif, luas tulangan yang diperlukan pada setiap penampang, positif atau negatif, paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan berdasarkan analisis.

[SNI 2847 2013 pasal B.8.4.2]

$$\begin{aligned} b &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{300} \left( \frac{600}{600+300} \right) \\ &= 0,0401 \end{aligned}$$

tulangan maksimum untuk struktur lentur adalah sebagai berikut :

[SNI 2847 2013 pasal B.10.3.3]

$$\begin{aligned} \text{maks} &= 0,75 \times b \\ &= 0,75 \times 0,0401 \\ &= 0,0301 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{300}{0,85 \times 25} = 14,12$$

#### 4.1.1.5. Penulangan Tumpuan dan Lapangan Arah X

$$M_{lx} = 1110,87 \text{ Kg.m} = 11108700 \text{ Nmm}$$

$$M_{nlx} = \frac{M_{lx}}{\emptyset} = \frac{11108700 \text{ Nmm}}{0,9} = 12343000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_{nlx}}{b d x^2} = \frac{12343000 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} (94 \text{ mm})^2} = 1,397 \text{ Nmm}$$

Prosentase tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 \text{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 1,397}{300}} \right) \\
 &= 0,0048
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{ccc}
 \text{min} & \text{perlu} & \text{max} \\
 0,002 & \leq 0,0048 & \leq 0,0301 \\
 \text{min} < \text{perlu} & \text{jadi dipakai} & = 0,002
 \end{array}$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= \text{perlu} \times b \times d_x \\
 &= 0,002 \times 1000 \times 94 \\
 &= 188 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai Tulangan lapangan arah X dengan Ø10-200

Luas tulangan pakai :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \frac{0,25 \cdot d^2 \cdot b}{S} = \frac{0,25 \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 392,86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

#### 4.1.1.6. Kontrol Perlu Tulangan Susut + Suhu

Dipakai = 0,002

$A_s$  susut perlu =  $0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$

Dipakai Tulangan lapangan arah X Ø10-200

Luas tulangan pakai :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \frac{0,25 \cdot d^2 \cdot b}{S} = \frac{0,25 \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 392,86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Nilai Ø

$$a = \frac{As.fy}{0,85 \cdot f \cdot b} = \frac{392,86 \cdot 300}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 5,546$$

$$1 = 0,85 - (0,05x(f_c' - 28)/7) = 0,85 - (0,05x(25-28)/7) = 0,87$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,546}{0,8} = 6,374 \text{ mm}$$

$$s = c \frac{d - c}{c} = 0,003 \frac{94 - 6,37}{6,3} = 0,041 > 0,005$$

#### 4.1.1.7. Penulangan Tumpuan dan Lapangan Arah Y

$$Mt_x = 500,98 \text{ Kg.m} = 5009800 \text{ Nmm}$$

$$M_{nt_x} = \frac{Mt_x}{\emptyset} = \frac{5009800 \text{ Nmm}}{0,9} = 5566444,44 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_{nt_x}}{b \cdot d_y^2} = \frac{5566444,44 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} (82 \text{ mm})^2} = 0,827 \text{ N/mm}^2$$

Prosentase tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 0,827}{300}} \right) \\ &= 0,00281 \end{aligned}$$

Syarat :

min      perlu      max

$$0,002 \leq 0,002 \leq 0,039$$

$$\text{perlu} < \text{min} \quad \text{jadi dipakai } \text{min} = 0,002$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \text{perlu} \times b \times d_y \\ &= 0,002 \times 1000 \times 82 \\ &= 164 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai Tulangan tumpuan arah Y dengan Ø10-200

Luas tulangan pakai :

$$A_{spakai} = \frac{0,25 \cdot d^2 \cdot b}{S} = \frac{0,25 \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ = 392,86 \text{ mm}^2$$

#### 4.1.1.8. Kontrol Perlu Tulangan Susut + Suhu

Dipakai = 0,002

$$A_s \text{ susut perlu} = 0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan tumpuan arah Y Ø10-200

Luas tulangan pakai :

$$A_{spakai} = \frac{0,25 \cdot d^2 \cdot b}{S} = \frac{0,25 \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ = 392,86 \text{ mm}^2$$

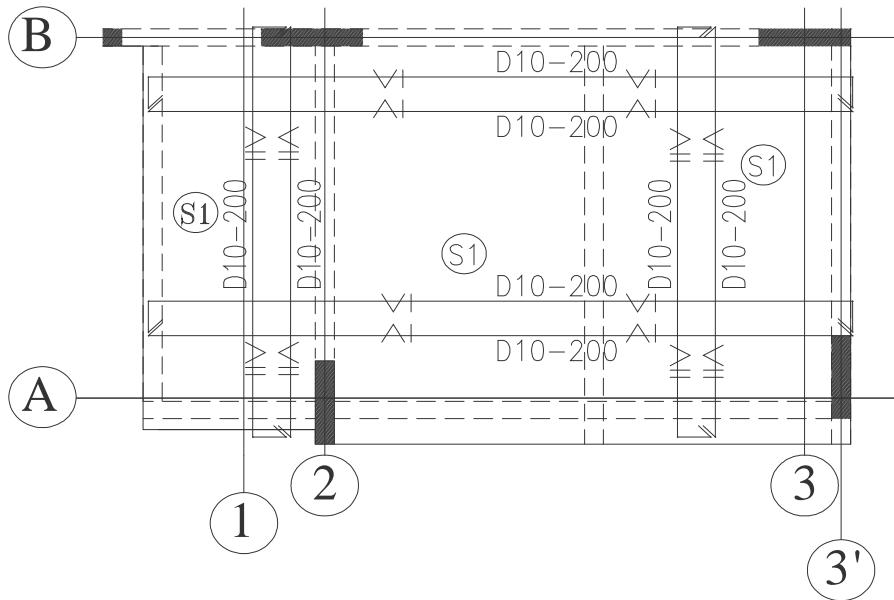
Kontrol Nilai Ø

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f \cdot b} = \frac{392,86 \cdot 300}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 5,546$$

$$1 = 0,85 - (0,05x(f_c' - 28)/7) = 0,85 - (0,05x(25-28)/7) = 0,87$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{5,546}{0,87} = 6,37 \text{ mm}$$

$$s = c \frac{d - c}{c} = 0,003 \frac{82 - 6,37}{6,3} = 0,035 > 0,005$$



**Gambar 4.1.** Penulangan Pelat Lantai Atap

#### 4.1.2 Perencanaan Struktur Pelat Lantai

Struktur pelat lantai yang digunakan adalah pelat lantai beton bertulang, pelat lantai diasumsikan sebagai beban pada struktur bukan sebagai pengekang struktur. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Beton yang digunakan mutu  $(f_c') = 25 \text{ Mpa}$
- b. Tulangan menggunakan baja mutu  $(f_y) = 300 \text{ Mpa}$

Perencanaan tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada

semua sisinya  $\frac{L_y}{L_x} < 2$  maka harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1) Untuk  $m < 0,2$

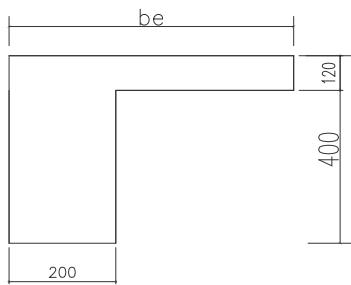
harus memenuhi ketentuan SNI 03-2847-2013 tabel 10 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- a. Pelat tanpa penebalan  $> 120 \text{ mm}$
- b. Pelat dengan penebalan  $> 100 \text{ mm}$



### Tinjau Pelat A

#### Balok as 1' joint D-E (Elv. +14.550)



$$be : 20+40-12 = 48 \text{ cm}$$

$$be : 20+4 \times 12 = 68 \text{ cm}$$

$$\text{pilih nilai terkecil } be = 48 \text{ cm}$$

Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} = 1,738$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,738 \frac{20 \times 40^3}{12} = 185386,666 \text{ cm}^4$$

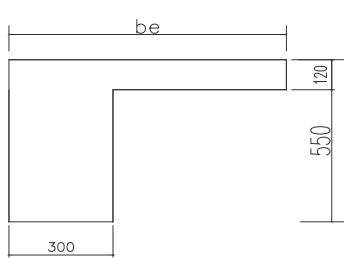
Inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{5800 \times 12^3}{12} = 835200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_9 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{185386,666}{835200} = 0,22$$

### Tinjau Pelat A

#### Balok as D joint 1'-1'' (Elv. +14.550)



$$be : 30+55-12 = 73 \text{ cm}$$

$$be : 30+4 \times 12 = 78 \text{ cm}$$

$$\text{pilih nilai terkecil } be = 73 \text{ cm}$$

Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)} = 1,65$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,65 \frac{30 \times 55^3}{12} = 686296,875 \text{ cm}^4$$

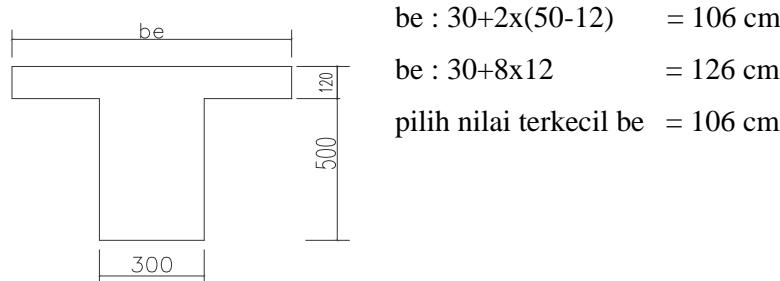
Inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{5800 \times 12^3}{12} = 835200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{686296,875}{835200} = 0,82$$

### Tinjau Pelat A

**Balok as 1" joint D-E (Elv. +14.550)**



Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)} = 2,016$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 2,016 \frac{30 \times 50^3}{12} = 630000 \text{ cm}^4$$

Inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{5700 \times 12^3}{12} = 820800 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{630000}{820800} = 0,767$$

### Tinjau Pelat A

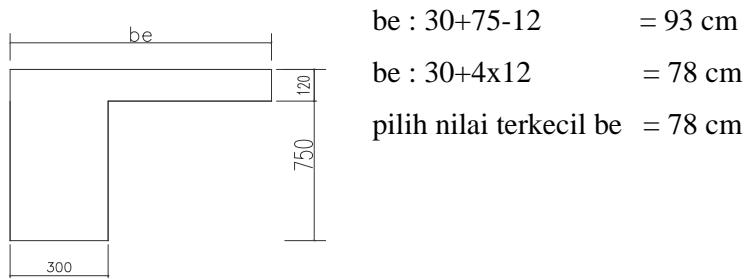
Balok as E joint 1'-1'' (Elv. +14.550)

$$\alpha_1 = 0,82$$

$$\alpha_m \text{ Plat A} = \frac{\alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_1 + \alpha_1}{4} = \alpha_m = \frac{0,22 + 0,82 + 0,767 + 0,82}{4} = 0,656$$

### Tinjau Pelat B

Balok as D joint 1''-2' (Elv. +14.550)



Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} = 1,58$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,58 \frac{30 \times 75^3}{12} = 1666406,25 \text{ cm}^4$$

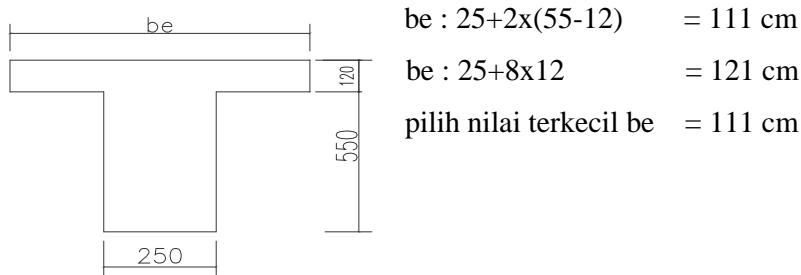
Inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{2175 \times 12^3}{12} = 313200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1666406,25}{313200} = 5,32$$

### Tinjau Pelat B

#### Balok as 2' joint D-E (Elv. +14.550)



Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)} = 2,179$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 2,179 \frac{25 \times 55^3}{12} = 755273,177 \text{ cm}^4$$

Inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{5750 \times 12^3}{12} = 828000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{755273,177}{828000} = 0,912$$

### Tinjau Pelat B

#### Balok as E joint 1"-2' (Elv. +14.550)

$$\alpha_1 = 5,32$$

### Tinjau Pelat B

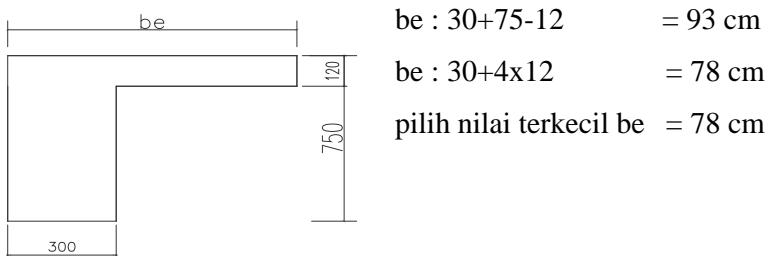
Balok as 1'' joint D-E (Elv. +14.550)

$$\alpha_1 = 0,754$$

$$\alpha_m \text{ Plat B} = \frac{\alpha_1 + \alpha_1 + \alpha_1 + \alpha_1}{4} = \alpha_m = \frac{5,32 + 0,912 + 5,32 + 0,754}{4} = 3,076$$

### Tinjau Pelat C

Balok as D joint 2'-2'' (Elv. +14.550)



Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} = 1,58$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,58 \frac{30 \times 75^3}{12} = 1666406,25 \text{ cm}^4$$

Inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{2300 \times 12^3}{12} = 331200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1666406,25}{331200} = 5,031$$

### Tinjau Pelat C

Balok as 2'' joint D-E = Balok as 2' joint D-E (Elv. +14.550)

$$\alpha_1 = 0,912$$

### Tinjau Pelat C

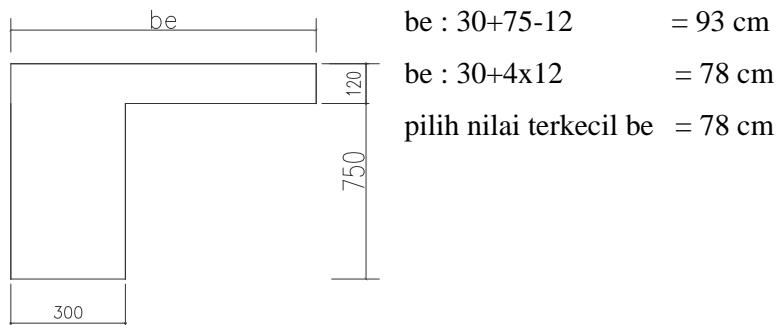
Balok as E joint 2'-2" (Elv. +14.550)

$$\alpha_1 = 5,031$$

$$\alpha_m \text{ Plat C} = \frac{\alpha_1 + \alpha_1 + \alpha_1 + \alpha_2}{4} = \alpha_m = \frac{5,031 + 0,912 + 5,32 + 0,912}{4} = 3,043$$

### Tinjau Pelat D

Balok as D joint 2"-3' (Elv. +14.550)



Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)} = 1,58$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,58 \frac{30 \times 75^3}{12} = 1666406,25 \text{ cm}^4$$

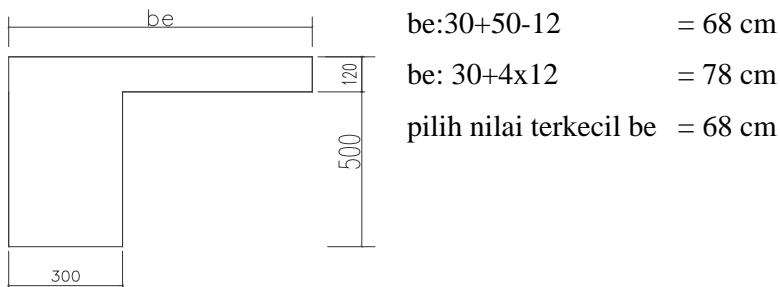
Inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{3600 \times 12^3}{12} = 518400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1666406,25}{518400} = 3,214$$

### Tinjau Pelat D

#### Balok as 3' joint D-E (Elv. +14.550)



Penampang di ekivalenkan menjadi penampang homogen, dengan angka ekivalensi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} = 1,62$$

Inersia penampang balok T :

$$I = k \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,62 \frac{30 \times 50^3}{12} = 506250 \text{ cm}^4$$

Inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{b_p \times t^3}{12} = \frac{5700 \times 12^3}{12} = 820800 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{506250}{820800} = 0,616$$

### Tinjau Pelat D

#### Balok as E joint 2''-3' = Balok as D joint 2''-3' (Elv. +14.550)

$$\alpha_2 = 3,214$$

### Tinjau Pelat D

#### Balok as 2'' joint D-E (Elv. +14.550)

$$\alpha_2 = 0,912$$

$$\alpha_m \text{ Plat C} = \frac{\alpha_2 + \alpha_2 + \alpha_2 + \alpha_2}{4} = \alpha_m = \frac{3,214 + 0,616 + 3,214 + 0,912}{4} = 1,966$$

Dari ke 4 Tipe pelat diatas, diambil rata-rata terbesar  $m$  (Pelat B,  $m = 3,076$ ) :  
 Karena  $m > 2.0$  dipakai persamaan (17), tetapi tidak boleh kurang dari 120mm,

$$h = \frac{l_n 0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 9\beta} > 90 \text{ m}$$

$$h = \frac{6000 \cdot 0,8 + \frac{300}{1500}}{36 + 9 \cdot 1,65} = 94,39 \text{ m}$$

❖ **Jadi dipakai tebal pelat :  $h = 120 \text{ mm}$**

#### **4.1.2.2 Perencanaan Penulangan Pelat Lantai**

Untuk pembebanan direncanakan pelat menerima beban-beban sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung 1983.

Pembebanan untuk pelat lantai :

##### **Beban mati (qd)**

Berat sendiri	= $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= $288 \text{ kg/m}^2$
Plester	= $3 \text{ kg/m}^2$	= $3 \text{ kg/m}^2$
ME	= $18 \text{ kg/m}^2$	= $18 \text{ kg/m}^2$
<u>Plafond+penggantung</u>	<u>= <math>11 \text{ kg/m}^2 + 7 \text{ kg/m}^2</math></u>	<u>= <math>18 \text{ kg/m}^2 +</math></u>
Beban total		= $327 \text{ kg/m}^2$

##### **Beban hidup (ql)**

Beban hidup untuk fungsi bangunan gedung adalah  $250 \text{ kg/m}^2$

##### **Kombinasi pembebanan (qu)**

Kombinasi pembebanan yang digunakan perhitungan penulangan pelat sesuai dengan SNI 2847-2013.

$$\begin{aligned} qu &= 1,2 qd + 1,6 ql \\ &= 1,2 \times 327 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \times 250 \text{ kg/m}^2 \\ &= 684,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.1.2.3 Analisa Gaya Dalam

Dalam menganalisa gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan pasal 13.3 Tabel 13.3.1 PBI 1971 sebagai acuan. Chu kia wang dalam bukunya yang berjudul Desain Beton Bertulang menunjukkan perlakuan yang digunakan pada pelat terhadap balok tepi dapat diasumsikan sebagai berikut :

- |                                  |                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| $\alpha_m \leq 0,375$            | sebagai pelat tanpa balok tepi    |
| $0,375 \leq \alpha_m \leq 1,875$ | sebagai balok tepi yang fleksibel |
| $\alpha_m \geq 2,0$              | sebagai balok tepi kaku           |

Penentuan syarat batas :

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{6000}{2475} = 2,42 \text{ (pelat dua arah)}$$

Perencanaan tebal pelat :

Tebal pelat minimum yang telah memenuhi syarat adalah sebesar 120 mm.

Karena pada perhitungan kekakuan rata-rata balok terhadap pelat pada tipe pelat B diperoleh 2,42 maka untuk perlakuan tipe pelat B dapat diasumsikan sebagai pelat dengan balok terjepit penuh pada keempat sisinya.

Untuk pelat terjepit penuh keempat sisinya :

1.  $Ml_x = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$
2.  $Ml_y = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$
3.  $Mt_x = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$
4.  $Mt_y = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$

Dimana :

$Ml_x$  = momen lapangan arah x

$Ml_y$  = momen lapangan arah y

$Mt_x$  = momen tumpuan arah x

$Mt_y$  = momen tumpuan arah y

$L_x$  = bentang terpendek dari pelat

X = koefisien (tabel 13.3.1 PBI)

Perhitungan penulangan pelat menggunakan diameter tulangan polos 12 mm untuk tulangan utama dan 10 mm untuk tulangan susut dengan mutu baja 300 MPa dan mutu beton 25 MPa. Direncanakan tebal selimut pelat 20 mm sesuai dengan PBI 1971 tabel 13.3.2 dan dihitung berdasarkan lebar permeter lari.

$$1. \quad Ml_x = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$Ml_x = 0,001 \times 684,4 \times (6 \text{ m})^2 \times 42$$

$$Ml_x = 1034,81 \text{ Kg.m}$$

$$2. \quad Ml_y = 0,001qu \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$Ml_y = 0,001 \times 684,4 \times (6 \text{ m})^2 \times 10$$

$$Ml_x = 246,38 \text{ Kg.m}$$

$$3. \quad Mt_x = (0,001)qu \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$Mt_x = (0,001) \times 684,4 \times (2,475 \text{ m})^2 \times 83$$

$$Mt_x = 347,96 \text{ Kg.m}$$

$$4. \quad Mt_y = (0,001)qu \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$Mt_y = (0,001) \times 6844 \times (2,475 \text{ m})^2 \times 57$$

$$Mt_x = 238,965 \text{ Kg.m}$$

#### **4.1.2.4 Perhitungan Tulangan pelat**

Data-data Perencanaan :

- a. Tebal pelat lantai (t) = 120 mm
- b. Penutup beton (p) = 20 mm
- c. Mutu beton ( $f_c'$ ) = 25 MPa
- d. Mutu baja ( $f_y$ ) = 300 MPa
- e. Lebar pelat yang ditinjau = 1000 mm
- f. Diameter tulangan utama = 12 mm

Tinggi efektif untuk arah X

$$d_x = h - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan}$$

$$d_x = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 12 \text{ mm} = 94 \text{ mm}$$

Tinggi efektif untuk arah Y

$$d_y = h - \text{tebal selimut} - \varnothing \text{ tulangan} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan}$$

$$d_y = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm} = 82 \text{ mm}$$

Tulangan minimum dan maksimum

SNI 2847 2013 pasal 10.2.7.3

$$S_1 = 0,85 - 0,05 = 0,85 \Rightarrow \text{untuk beton } f'_c < 25 \text{ MPa}$$

SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1

$$\gamma_{\min} = 0,002 \Rightarrow \text{untuk } f_y = 300$$

SNI Beton 2847-2013, sebagai alternatif, untuk komponen struktur yang besar dan massif, luas tulangan yang diperlukan pada setiap penampang, positif atau negatif, paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan berdasarkan analisis.

[SNI 2847 2013 pasal B.8.4.2]

$$\begin{aligned} b &= \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{300} \left( \frac{600}{600+300} \right) \\ &= 0,0401 \end{aligned}$$

[SNI 2847 2013 pasal B.10.3.3]

tulangan maksimum untuk struktur lentur adalah sebagai berikut :

$$maks = 0,75 \times b$$

$$= 0,75 \times 0,0401$$

$$= 0,0301$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{300}{0,85 \times 25} = 14,12$$

#### 4.1.2.5 Penulangan Tumpuan dan Lapangan Arah X

$$M_{lx} = 1034,81 \text{ Kg.m} = 10348100 \text{ Nmm}$$

$$M_{nlx} = \frac{M_{lx}}{\emptyset} = \frac{10348100 \text{ Nmm}}{0,9} = 11497922,22 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_{nlx}}{bdx^2} = \frac{11497922,22 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} (94 \text{ mm})^2} = 1,301 \text{ Nmm}$$

Prosentase tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 1,301}{300}} \right) \\ &= 0,0044 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\min \quad \text{perlu} \quad \max$$

$$0,002 \leq 0,0044 \leq 0,0301$$

$$\min < \text{perlu} \quad \text{jadi dipakai} = 0,002$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_{sp} &= \text{perlu} \times b \times d_x \\ &= 0,002 \times 1000 \times 94 \\ &= 188 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai Tulangan lapangan arah X dengan Ø10-200

Luas tulangan pakai :

$$\begin{aligned} A_{sp} &= \frac{0,25 \cdot d^2 \cdot b}{S} = \frac{0,25 \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 392,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### 4.1.2.6 Kontrol Perlu Tulangan Susut + Suhu

Dipakai = 0.002

$$As \text{ susut perlu} = 0.002 \times b \times h = 0.002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan lapangan arah X Ø10-200

Luas tulangan pakai :

$$As_{\text{pakai}} = \frac{0,25 \cdot d^2 \cdot b}{S} = \frac{0,25 \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ = 392,86 \text{ mm}^2$$

Kontrol Nilai Ø

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f \cdot b} = \frac{392,86 \cdot 300}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 5,546$$

$$1 = 0,85 - (0,05x(f_c' - 28)/7) = 0,85 - (0,05x(25-28)/7) = 0,87$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,546}{0,8} = 6,374 \text{ mm}$$

$$s = c \frac{d - c}{c} = 0,003 \frac{94 - 6,37}{6,3} = 0,041 > 0,005$$

#### 4.1.2.7 Penulangan Tumpuan dan Lapangan Arah Y

$$Mt_x = 246,38 \text{ Kg.m} = 2463800 \text{ Nmm}$$

$$Mnt_x = \frac{Mt_x}{\emptyset} = \frac{2463800 \text{ Nmm}}{0,9} = 2737600 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mnt_x}{b \cdot d_y^2} = \frac{2737600 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (82 \text{ mm})^2} = 0,407 \text{ N/mm}^2$$

Prosentase tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 0,407}{300}} \right) \\ &= 0,0013 \end{aligned}$$

Syarat :

min      perlu      max

$$0,002 \leq 0,002 \leq 0,039$$

$$\text{perlu} < \text{min} \quad \text{jadi dipakai } \text{min} = 0,002$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$A_{\text{Sperlu}} = \text{perlu} \times b \times d_y$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 82$$

$$= 164 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan tumpuan arah Y dengan Ø10-200

Luas tulangan pakai :

$$A_{\text{Spakai}} = \frac{0,25 \cdot d^2 \cdot b}{S} = \frac{0,25 \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 392,86 \text{ mm}^2$$

#### 4.1.2.8 Kontrol Perlu Tulangan Susut + Suhu

Dipakai = 0,002

$$A_s \text{ susut perlu} = 0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan tumpuan arah Y Ø10-200

Luas tulangan pakai :

$$A_{\text{Spakai}} = \frac{0,25 \cdot d^2 \cdot b}{S} = \frac{0,25 \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 392,86 \text{ mm}^2$$

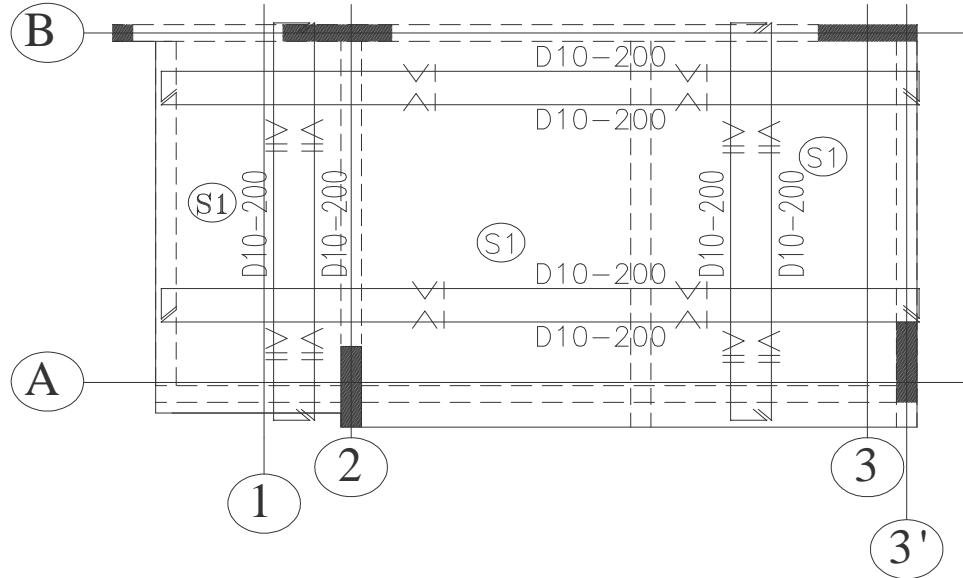
Kontrol Nilai Ø

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f \cdot b} = \frac{392,86 \cdot 300}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 5,546$$

$$1 = 0,85 - (0,05x(f_c' - 28)/7) = 0,85 - (0,05x(25-28)/7) = 0,87$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,546}{0,87} = 6,37 \text{ mm}$$

$$s = c \frac{d - c}{c} = 0,003 \frac{82 - 6,37}{6,3} = 0,035 > 0,005$$

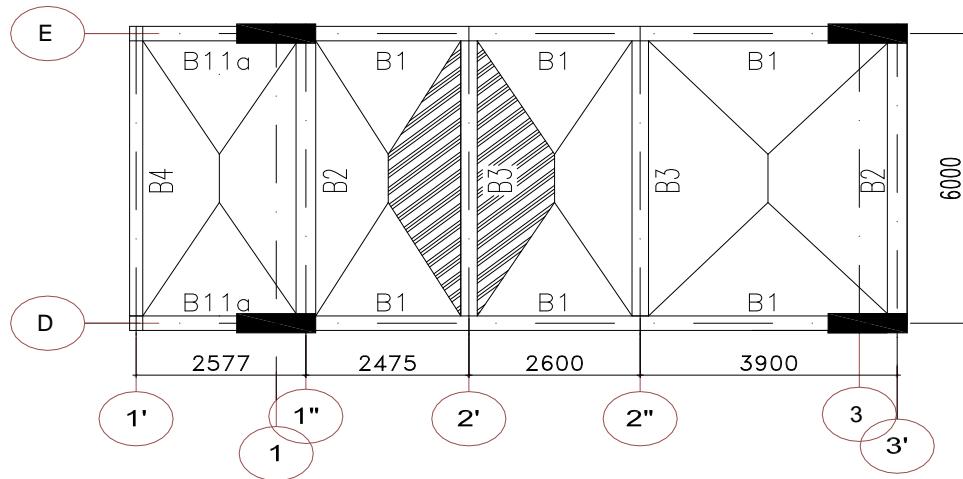


**Gambar 4.2.** Penulangan Pelat Lantai

#### 4.1.3 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan balok anak disesuaikan dengan beban-beban yang bekerja menurut PPIUG 1983. Balok anak merupakan sistem struktur sekunder yang direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebatan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 yaitu :  $1.2D + 1.6L$

##### 4.1.3.1 Pembebatan



**Gambar 4.3.** Tributary area balok anak

Untuk pembebanan direncanakan pelat menerima beban-beban sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung 1983.

Pembebanan untuk pelat tipe B :

**Beban mati (qd)**

Berat sendiri	= 0,12 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 288 kg/m <sup>2</sup>
Keramik tebal 1 cm	= 1 x 24 kg/m <sup>2</sup>	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi tebal 2 cm	= 2 x 21 kg/m <sup>2</sup>	= 42 kg/m <sup>2</sup>
Instalasi ME 50kg/m <sup>2</sup>	= 1 x 25 kg/m <sup>2</sup>	= 25 kg/m <sup>2</sup>
Plafond + penggantung	= 11 kg/m <sup>2</sup> + 7 kg/m <sup>2</sup>	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Beban total		= 397 kg/m <sup>2</sup>

Pembebanan Pelat sesuai perhitungan pembebanan pada pelat lantai 4.1.3.1. sebesar 358 kg/m<sup>2</sup> diubah menjadi beban merata sepanjang balok.

$$\begin{aligned} \text{Beban Pelat} \times \text{luas tributary} &= 397 \text{ kg/m}^2 \times 2/3 \cdot 8,950\text{m} \\ &= 2368,76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri Balok} &= \text{Berat jenis} \times \text{luas Penampang} \\ &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times (0.25 \text{ m} \times 0.55 \text{ m}) \\ &= 330 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Untuk beban ultimate karena beban pelat sudah beban ultimate jadi faktor hanya dikali berat sendiri balok  $1.2 \times 4240 \text{ kg/m} = 288 \text{ kg/m}$

Jadi beban ultimate keseluruhan adalah

$$\begin{aligned} \text{Beban pelat} + \text{berat sendiri balok} &= 2368,76 \text{ kg/m} + 288 \text{ kg/m} \\ &= 2656,76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

**Perhitungan Momen**

Gaya yang terjadi pada balok merupakan gaya momen lentur akibat beban yang terjadi.

[*Analisis Struktur Konstruksi Beton Bertulang hal 97*]

$$\begin{aligned} \text{Momen Tumpuan} &= 1/12 \cdot q \cdot l^2 \\ &= -1/12 \cdot 2656,76 \text{ kg/m} \cdot (6\text{m})^2 \\ &= 7970,28 \text{ kgm} \end{aligned}$$

[*Analisis Struktur Konstruksi Beton Bertulang hal 97*]

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Lapangan} &= 1/14.q.l^2 \\
 &= 1/14 \cdot 2656,76 \text{ kg/m} \cdot (6\text{m})^2 \\
 &= 6831,66 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.3.2 Perhitungan Tulangan

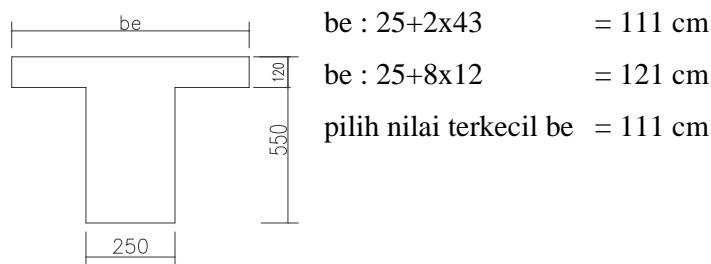
##### 4.1.3.2.1 Tulangan Lentur Tumpuan

Tinggi efektif

$$d = h - (\text{tebal selimut} + \text{tul. Sengkang} + 1/2 \varnothing \text{ tulangan})$$

$$\begin{aligned}
 d &= 550 \text{ mm} - (50 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 1/2 \cdot 16 \text{ mm}) \\
 &= 482 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan lebar efektif be



$$R_n = \frac{M_n}{\varnothing b \times d^2} = \frac{7970280 \text{ Nmm}}{0,8 \times 1110 \text{ mm} \cdot (482 \text{ mm})^2} = 0,038 \text{ Nmm}$$

Prosentase tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 \text{perlu} &= \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 25}{300} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,038}{300}} \right) \\
 &= 0,000897
 \end{aligned}$$

Pembatasan nilai

$$\text{min} = \frac{0,25 f'_c}{f_y} = \frac{0,25 \cdot 25}{300} = 0,0041$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \text{perlu } x b \times d \\ &= 0,0008 \times 1110 \times 482 \\ &= 428 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{min}} &= \text{min } x b \times d \\ &= 0,0041 \times 250 \times 482 \\ &= 494,05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai Tulangan dengan 3D16

$$\begin{aligned} \text{Jadi } A_s &= 494,05 \text{ mm}^2 \\ (\text{As} &= 603 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$

Kontrol Nilai  $\emptyset$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b_e} = \frac{603 \times 300}{0,85 \times 25 \times 1110} = 7,66 \text{ m} \\ 1 &= 0,85 - (0,05 \times (f_c' - 28) / 7) = 0,85 - (0,05 \times 25 - 28) / 7 = 0,87 \\ c &= \frac{a}{1} = \frac{7,66}{0,87} = 8,8 \text{ m} \\ s &= c \frac{d - c}{c} = 0,003 \frac{482 - 8,8}{8,8} = 55,67 > 0,005 \end{aligned}$$

#### 4.1.3.2.2 Tulangan Lentur Lapangan

Tinggi efektif

$$\begin{aligned} d &= h - (\text{tebal selimut} + \text{tul. Sengkang} + 1/2 \emptyset \text{ tulangan}) \\ d &= 550 \text{ mm} - (50 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 1/2 \times 16 \text{ mm}) \\ &= 482 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\emptyset b \times d^2} = \frac{4194460 \text{ Nmm}}{0,8 \times 250 \text{ mm} \times (482 \text{ mm})^2} = 0,090 \text{ Nmm}$$

Prosentase tulangan yang diperlukan :

$$A_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{300} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,090}{300}} \right)$$

$$= 0,00021$$

Pembatasan nilai

$$A_s = \frac{0,25 \cdot f_{c'}}{f_y} = \frac{0,25 \cdot 25}{300} = 0,0041$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$A_{s\text{perlu}} = \text{perlu } x b \times d$$

$$= 0,00021 \times 1110 \times 482$$

$$= 112,35 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{min}} = \text{min } x b \times d$$

$$= 0,0052 \times 250 \times 482$$

$$= 626,6 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan dengan 4D16

$$\text{Jadi } A_s = 626,6 \text{ mm}^2$$

$$(A_s = 804 \text{ mm}^2)$$

Kontrol Nilai  $\emptyset$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c'} \cdot b_e} = \frac{804 \times 300}{0,85 \times 25 \times 1110} = 10,22 \text{ m}$$

$$1 = 0,85 - (0,05 \times (f_{c'} - 28) / 7) = 0,85 - (0,05 \times 25 - 28) / 7 = 0,87$$

$$c = \frac{a}{1} = \frac{10,22}{0,87} = 11,74 \text{ m}$$

$$s = c \frac{d - c}{c} = 0,003 \frac{482 - 11,74}{11,74} = 40,05 > 0,005$$

#### 4.1.3.2.3 Penulangan Geser

Gaya yang terjadi

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 1631,18 \text{ kg/m} \times 6 \text{ m} \\ &= 4893,54 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u'} &= \text{gaya geser pada jarak } 1d \text{ dari tepi balok induk} \\ &= \frac{V_u}{1/2L} \times \frac{1}{2} \times L - d \\ &= \frac{4893,54}{1/2 \times 6} \times \left( \frac{1}{2} \times 6 - 25 \right) - 482 \\ &= 4370,76 \text{ N} \end{aligned}$$

[SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1]

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot f_c' \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,17 \times 1 \times 25 \times 250 \times 482 \\ &= 102425 \text{ N} \\ 0,5 \cdot V_c &= 0,5 \times 102425 \text{ N} \\ &= 51212,5 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan geser Ø10

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \\ &= 78,5 \text{ mm}^2 \\ &= 78,5 \times 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pakai Tulangan geser min :

$$\begin{aligned} A_v \text{ min} &= \frac{b_w \times s}{3f} \\ \text{Jadi } S_{\max} &= \frac{3f \times A}{b} \\ &= \frac{3 \times 3 \times 1}{2} \\ &= 565,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pakai Ø10 – 250

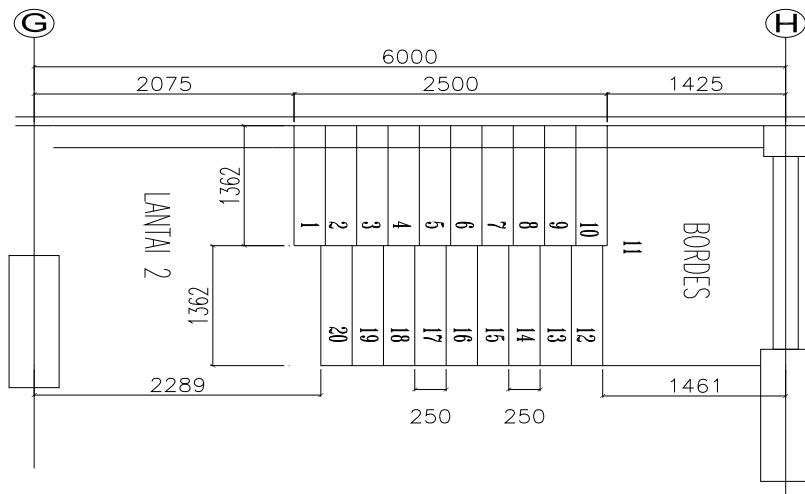
#### 4.1.3.3 Penulangan Balok Anak yang Terpasang

Penulangan balok anak yang terpakai atau yang akan dipasang yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.1.** Tulangan Terpasang Pada Balok Anak

Kode Balok	L	B	h	Tulangan Lapangan		Tulangan Tumpuan		Sengkang		Tulangan Samping
				Atas	Bawah	Atas	Bawah	Tumpuan	Lapangan	
Anak	mm	mm	mm							
B3	6000	250	550	3D16	5D16	5D16	3D16	4D10-150	4D10-200	2D10
B3a	3000	250	450	3D16	3D16	3D16	3D16	D10-150	D10-200	-
B4	6000	200	400	2D16	3D16	3D16	2D16	3D10-150	3D10-200	2D10
B4a	6000	250	500	2D16	3D16	3D16	2D16	3D10-150	3D10-200	2D10
B4b	6000	200	400	2D16	3D16	3D16	2D16	3D10-150	3D10-200	2D10
B5	2500	250	400	2D16	3D16	3D16	2D16	D10-150	D10-200	-
B6	3250	250	400	2D22	2D22	2D22	2D22	D10-150	D10-200	-
B7	3750	150	400	2D13	2D13	2D13	2D13	D8-150	D8-200	-
B8	2400	200	400	2D16	2D16	2D16	2D16	D10-150	D10-200	-
B10	6000	250	500	5D16	3D16	5D16	3D16	4D10-100	4D10-100	2D10
B11	2520	300	500~750	7D22	3D22	7D22	3D22	4D10-150	4D10-150	2D10
B11a	2520	300	500~600	6D22	3D22	6D22	3D22	4D10-150	4D10-150	2D10
B12	3000	250	500~600	6D16	3D16	6D16	3D16	4D10-150	4D10-150	2D10
B13	2700	150	350	2D13	2D13	2D13	2D13	D8-150	D8-150	2D13
B15	250	300	400	3D22	3D22	3D22	3D22	D10-150	D10-150	-
B17	2600	250	400~550	5D16	3D16	5D16	3D16	D10-150	D10-150	2D10
B18	6000	250	650	3D16	6D16	6D16	3D16	D10-150	D10-200	2D10

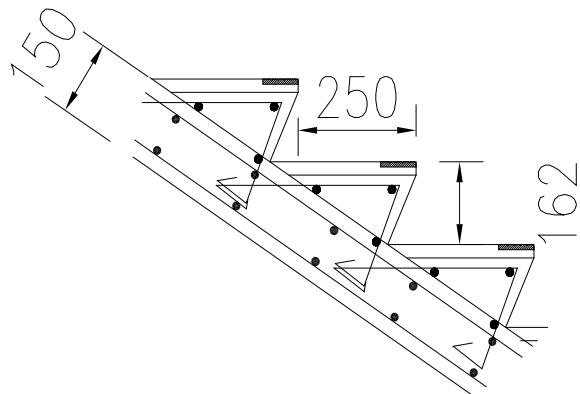
#### 4.1.4 Perencanaan Tangga



**Gambar 4.4.** perencanaan Tangga

#### 4.1.4.1 Perencanaan Tangga

Direncanakan Antrade	=	16.2 cm
Direncanakan Uptrade	=	25 cm
Beda tinggi lantai	=	340 cm
Tinggi Bordes	=	178 cm
Banyak anak tangga	=	20 unit



**Gambar 4.5.** Penampang Tangga

#### 4.1.4.2. Pembebanan tangga

- Beban hidup (LL) = 300 kg/m <sup>2</sup>		
- Beban mati (DL)		
* Berat sendiri plat tangga	= 0,272 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 761,6 kg/m <sup>2</sup>
* Berat keramik	= 24 kg/m <sup>2</sup>	= 24 kg/m <sup>2</sup>
* <u>Berat Spesi</u>	<u>= 21 kg/m<sup>2</sup></u>	<u>= 21 kg/m<sup>2</sup></u>
	DL	= 806,6 kg/m <sup>2</sup>

#### 4.1.4.3. Pembebanan bordes

- Beban mati (DL)		
* Beban sendiri bordes	= 0,15 x 2400 kg/m <sup>2</sup>	= 360 kg/m <sup>2</sup>
* Berat penutup lantai 2 cm	= 0,02 x 2400 kg/m <sup>2</sup>	= 48 kg/m <sup>2</sup>
* <u>Berat spesi 2 cm</u>	<u>= 0,02 x 2100 kg/m<sup>2</sup></u>	<u>= 42 kg/m<sup>2</sup></u>
	DL	= 450 kg/m <sup>2</sup>
- Beban hidup (LL) = 300 kg/m <sup>2</sup>		

#### 4.1.4.4. Pembebanan Bordes

- Beban mati (DL)

$$* \text{ Beban sendiri balok bordes} = 0,2 \times 0,3 \times 2400 \text{ kg/m}^2 = 144 \text{ kg/m}^2$$

$$* \text{ Berat dinding } \frac{1}{2} \text{ Bt} = 250 \text{ kg/m}^2 \times 1,78 \text{ kg/m}^2 = 445 \text{ kg/m}^2$$

$$* \underline{\text{Berat spesi 2 cm}} = 0,02 \times 2100 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

DL = 631 kg/m<sup>2</sup>

$$- \text{ Beban Hidup (LL)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{ Beban Ultimate (qult)} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \cdot 631 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \cdot 300 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1237,2 \text{ kg/m}^2$$

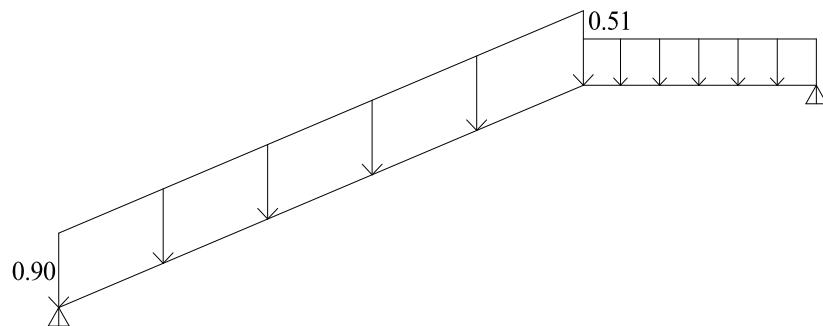
#### 4.2.4.5 Beban Merata

$$- \text{ Pembebanan tangga} = \text{DL} \times 1,625 \text{ m}$$

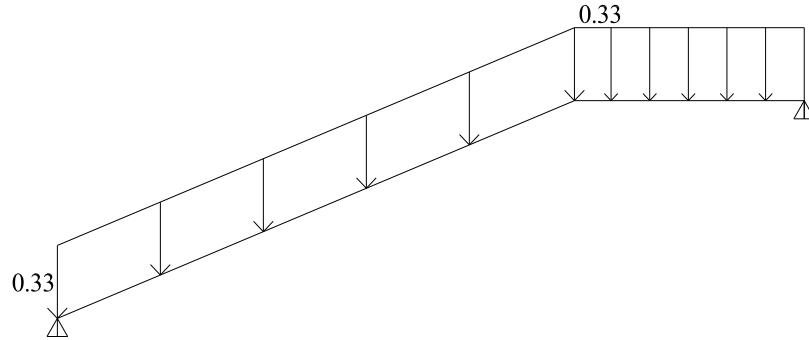
$$= 806,6 \text{ kg/m}^2 \times 1,625 \text{ m} = 1310,73 \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{ Pembenanan Bordes} = \text{DL} \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 450 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 = 675 \text{ kg/m}^2$$



**Gambar 4.6** Pembebanan Tangga Untuk Beban Mati (DL)



**Gambar 4.7.** Pembebatan Tangga Untuk Beban Hidup (LL)

- Menghitung tulangan arah x

$$MU = \frac{M_{max}}{0,8} = 5012,89 \text{ kg/m}$$

Jadi direncanakan di pakai tulangan  $\emptyset 10 \text{ mm}$

- Menghitung d Efektif

$$\begin{aligned} Dx &= h - \text{Selimut} - 1/0 \times \emptyset \\ &= 150 - 20 - 1/0 \times 10 = 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Dy &= h - \text{Selimut} - \emptyset - 1/0 \times \emptyset \\ &= 150 - 20 - 10 - 1/0 \times 10 = 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$P_{min} = 0,00583$  ( Di dapat dari perhitungan pelat )

$P_{max} = 0,0645$  ( Di dapat dari perhitungan pelat )

$$Mn = \frac{mu}{\emptyset} = \frac{50128900}{0,8} = 62661125$$

$$Rn = \frac{mm}{b \cdot d^2} = \frac{62661125}{0,85 \times 22} = 16,42$$

$$P = \frac{1}{m} \cdot 1 - \left[ \sqrt{1 - \frac{2R \cdot m}{f}} \right] = \frac{1}{1,4} \cdot 1 - \left[ \sqrt{1 - \frac{2(6,9) \times (1,4)}{2}} \right] = 0,0347$$

- Kontrol Kebutuhan Tulangan

$P_{min} = 0,00583 \quad P = 0,0347 \quad P_{max} 0,0645 \text{ Maka } P = 0,00583$

$$As = P \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0347 \cdot 1000 \cdot 95 = 415,15 \text{ mm}^2$$

Di gunakan Tulangan  $\emptyset$  10 – 150 mm

As terpasang = 523,6 mm<sup>2</sup> As perlu = 415,15 mm

- Menghitung tulangan arah Y

$$Mn = \frac{mu}{\emptyset} = \frac{50128900}{0,8} = 62661125$$

$$Rn = \frac{mm}{b \cdot d^2} = \frac{62661125}{0,85 \times (85)^2} = 8,67$$

$$P = \frac{1}{m} 1 - \left[ \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R \cdot m}{f}} \right] = \frac{1}{1,4} 1 - \left[ \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (8,6) \times (1,4)}{2}} \right] = 0,0418$$

Di pasang tulangan  $\emptyset$  15 – 150

- Kontrol Kebutuhan Tulangan

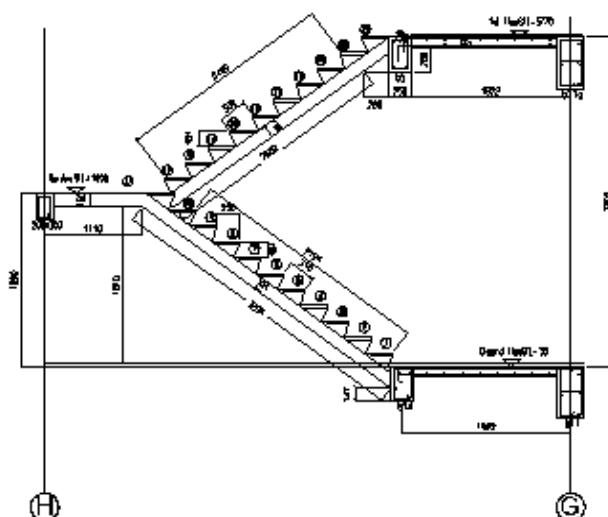
P min = 0,00583 P max 0,0645 P = 0,0418 Maka P = 0,00432

As = P . b . d

$$= 0,0418 \cdot 1000 \cdot 85 = 371,45 \text{ mm}^2$$

Di gunakan Tulangan  $\emptyset$  10 – 200 mm

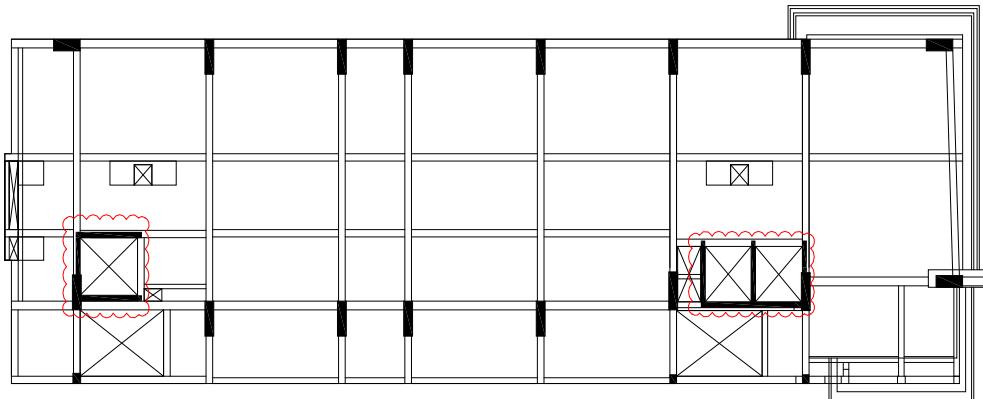
As terpasang = 392,7 mm<sup>2</sup> As perlu = 371,45 mm<sup>2</sup>



Gambar 4.8. Penulangan Tangga

#### 4.1.5 Perencanaan Dinding geser

Dinding geser (*Shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekuk maupun geser. Untuk dinding seperti itu, geser maksimum  $V_u$  dan momen maksimum  $M_u$  terjadi pada dasar dinding. Jika tegangan lentur diperhitungkan, besar tegangan lentur tersebut akan dipengaruhi oleh beban kasial  $N_u$  (kombinasi aksial lentur). Dalam struktur bangunan ini dipakai model section dinding geser dengan tebal 20 cm. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser berdasarkan hasil analisa SAP2000 yang mempunyai gaya paling maksimum.



**Gambar 4.9.** Denah penempatan shearwall

Data perencanaan adalah sebagai berikut:

Mutu beton ( $f_{c'}$ )	= 25 MPa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 300 Mpa
Tebal dinding geser	= 20 cm
Bentang shearwall	= 2,50 m
	= 2,50 m
Tinggi shearwall	= 28,80 m
Tebal selimut beton	= 40 mm

#### 4.1.4.1 Gaya Geser Rencana Dinding Geser

Dinding geser harus mempunyai tulangan geser horisontal dan vertikal. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser pada lantai dasar. Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program SAP2000 didapat kombinasi envelope beban maksimum sebagai berikut:

**Tabel 4.2.** Output gaya dalam dinding geser (SAP2000)

Kombinasi	Arah X		Arah Y			
	Aksial	Geser	Momen	Aksial	Geser	Momen
	(kN)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kNm)
Envelope	11460	2223	316	12950	2240	357

#### 4.1.5.2 Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 14.5.2)

$$\varnothing P_{nw} = 0,55 \varnothing f_c' \cdot A_g \left[ 1 - \left( \frac{k}{3} \right)^2 \right]$$

Dimana:

lc = panjang kolom

h = tebal dinding geser

k = faktor panjang efektif, dimana k =0,8

- Untuk arah X

$$P_u = 11460 \text{ kN}$$

$$A_g = 2500 \times 200 = 5 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\varnothing P_{nw} = 0,55 \times 0,75 \times 25 \times 5 \times 10^5 \left[ 1 - \left( \frac{0,8 \times 3}{3 \times 2} \right)^2 \right]$$

$$= 4431152 \text{ N}$$

$$= 4431,152 \text{ kN} > P_u = 11460 \text{ kN} \dots (\text{Ok})$$

- Untuk arah Y

$$P_u = 12950 \text{ kN}$$

$$A_g = 2500 \times 200 = 5 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\varnothing P_{nw} = 0,55 \times 0,75 \times 25 \times 5 \times 10^5 \left[ 1 - \left( \frac{0,8 \times 3}{3 \times 2} \right)^2 \right]$$

$$= 4431152 \text{ N}$$

$$= 4431,152 \text{ kN} > P_u = 12950 \text{ kN} \dots (\text{Ok})$$

#### 4.1.5.3 Pemeriksaan Tebal Dinding Geser

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 2847:2013, pasal 11.9.3)

$$\varnothing V_n = \varnothing 0,83 \sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d \quad V_u$$

Dimana:

$h$  = tebal dinding geser

$d = 0,8 l_w$

- Untuk arah X

$$V_u = 2223 \text{ kN}$$

$$d = 0,8 \times 2500$$

$$= 2000 \text{ mm}$$

$$\varnothing V_n = 0,75 \times 0,83 \sqrt{25} \times 400 \times 2000$$

$$= 2490000 \text{ N}$$

$$= 2490,000 \text{ kN} > V_u = 2223 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

- Untuk arah Y

$$V_u = 2240 \text{ kN}$$

$$d = 0,8 \times 2500$$

$$= 2000 \text{ mm}$$

$$\varnothing V_n = 0,75 \times 0,83 \sqrt{25} \times 400 \times 2000$$

$$= 2490000 \text{ N}$$

$$= 2490,000 \text{ kN} > V_u = 2240 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

#### 4.1.5.4 Penulangan Geser Dinding Geser

Sedikitnya harus dipakai dua lapis tulangan bila gaya geser di dalam bidang dinding antara 2 komponen batas melebihi  $0,17 \times A_{ac} \times \sqrt{f'} \times \lambda$ , dimana  $A_{cv}$  adalah luas netto yang dibatasi oleh tebal dan panjang penampang dinding (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2)

$$\begin{aligned}- V_u &= 2223 > 0,17 \times (2500 \times 300) \times \sqrt{25} \\&= 2223 \text{ kN} < 6375000 \text{ N} \\&= 2223 \text{ kN} < 6375,000 \text{ kN}\end{aligned}$$

Maka tidak diperlukan dua lapis tulangan

$$\begin{aligned}- V_u &= 2223 > 0,17 \times (2500 \times 300) \times \sqrt{25} \\&= 2223 \text{ kN} < 6375000 \text{ N} \\&= 2223 \text{ kN} < 6375,000 \text{ kN}\end{aligned}$$

Maka tidak diperlukan dua lapis tulangan

#### 4.1.5.5 Penulangan Geser Horisontal

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9 rasio tulangan geser horisontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari 0,0025

- Untuk arah X

Spasi tulangan geser horisontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a)  $l_w / 5 = 2500 / 5 = 500 \text{ mm}$
- b)  $3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- c) 450 mm

Dipakai tulangan horisontal dua lapis D13 ( $A_v = 509,143 \text{ mm}^2$ )

$$s < \frac{A}{h \times \rho} = \frac{509,143}{2 \times 0,0} = 509,143 \text{ mm}$$

Pakai  $s = 450 \text{ mm}$

Maka, digunakan tulangan horisontal 2D13-200 mm

#### 4.1.5.6 Batas Kuat Geser Tiap Dinding Struktural

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.4 rasio luas tulangan geser vertikal terhadap luas beton bruto penampang horisontal tidak kurang dari yang lebih besar dari:

$$t_1 = 0,0025 + 0,5 \left[ 2,5 - \frac{hw}{l_1} \right] (t_t - 0,0025) < t_t$$

dan  $t_1 = 0,0025$

- Untuk arah X

$$t_t = \frac{A}{h \times s} = \frac{5,1}{2 \times 4} = 0,00377$$

$$t_t = 0,0025 + 0,5 \left[ 2,5 - \frac{3}{2} \right] (0,0028 - 0,0025) < t_t$$

$$t_t = 0,00282 < t_t = 0,00283$$

Maka,  $t_{1\min} = 0,00283$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a)  $l_w / 3 = 2500 / 3 = 833,33 \text{ mm}$
- b)  $3h = 3 \times 200 = 600 \text{ mm}$
- c) 450 mm

Dipakai tulangan vertikal dua lapis 2D13 – 200 ( $A_v = 509,143 \text{ mm}^2$ )

$$s < \frac{A}{h \times \rho} = \frac{5,1}{2 \times 0,0} = 449 \text{ mm}$$

Pakai  $s = 400 \text{ mm}$

Maka, digunakan tulangan vertikal 2D13 – 200 mm

- Untuk arah Y

$$t_t = \frac{A}{h \times s} = \frac{5,1}{2 \times 4} = 0,00377$$

$$t_t = 0,0025 + 0,5 \left[ 2,5 - \frac{3}{2} \right] (0,0028 - 0,0025) < t_t$$

$$t_t = 0,00282 < t_t = 0,00283$$

Maka,  $t_{1\min} = 0,00283$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a)  $l_w / 3 = 2500 / 3 = 833,33 \text{ mm}$
- b)  $3h = 3 \times 200 = 600 \text{ mm}$
- c) 450 mm

Dipakai tulangan vertikal dua lapis 2D13 – 200 ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$s < \frac{A}{h \times \rho} = \frac{5,1}{2 \times 0,0} = 449 \text{ mm}$$

Pakai  $s = 400 \text{ mm}$

Maka, digunakan tulangan vertikal 2D13 – 200 mm

## 4.2 Perencanaan Struktur Utama

### 4.2.1 Analisa Pembebanan

Dengan data perencanaan sebagai berikut :

Mutu beton ( $f_c'$ ) = 25 Mpa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 300 Mpa

Selimut beton = 20 mm

Pelat direncanakan menerima beban berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG '83) berdasarkan fungsi tiap lantai, Kombinasi yang digunakan adalah :

$$(U = 1,2 DL + 1,6 LL)$$

Dimana :

U = Beban ultimate pelat

DL = Beban mati pelat

LL = Beban hidup pelat

#### - Pembebanan Pelat Lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

##### BebanMati (DL)

Berat Pelat =  $0,12 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2$

Keramik =  $1 \times 24 = 24 \text{ Kg/m}^2$

Spesi =  $2 \times 21 = 42 \text{ Kg/m}^2$

Rangka Plafond =  $7 \times 1 = 7 \text{ Kg/m}^2$

Eternit =  $11 \times = 11 \text{ Kg/m}^2$

---

$$\text{DL} = 372 \text{ Kg/m}^2$$

### **Beban Hidup**

Beban hidup untuk Gedung Hotel

$$LL = 300 \text{ Kg/m}^2$$

#### - **Pembebatan Pelat Atap**

##### **Beban Mati (DL)**

$$\text{Berat Pelat} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Rangka Plafond} = 7 \times 1 = 7 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Eternit} = 11 \times 1 = 11 \text{ Kg/m}^2$$

$$\underline{\underline{\text{DL}}} = 306 \text{ Kg/m}^2$$

### **Beban Hidup**

Beban hidup untuk atap

$$LL = 150 \text{ Kg/m}^2$$

#### - **Pembebatan Balok**

##### a. Pembebatan Balok Lantai 1

###### **Beban Mati (DL)**

$$\text{Berat dinding} = 4 \times 250 = 1000 \text{ Kg/m}^2$$

##### b. Pembebatan Balok lantai 2, 3, 4, 5, 6 dan 7

###### **Beban Mati (DL)**

$$\text{Berat dinding} = 3,5 \times 250 = 875 \text{ Kg/m}^2$$

#### **4.2.2 Perhitungan Gempa**

##### • Data Bangunan

Type Bangunan : Bangunan Gedung Perhotelan 7 Lantai

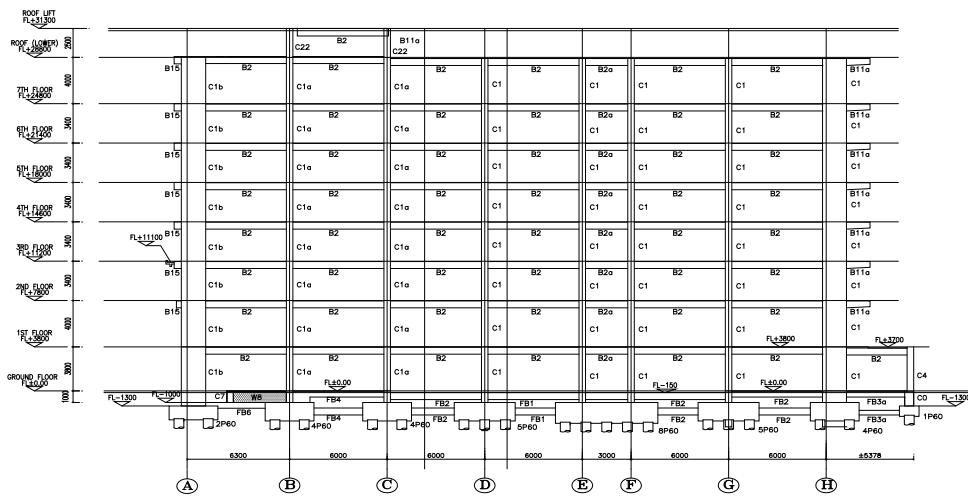
Lebar Bangunan : 9,42 m

Panjang Bangunan : 43,5 m

Tinggi Bangunan : 31,3 m

Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 25 MPa

Mutu Baja Ulir ( $f_y$ ) : 300 MPa



**Gambar 4.10.** Portal Bangunan

- Data Perencanaan

Kolom : 120/40

Balok : B1 30/75

BA 25/55

Tebal Pelat : Pelat Lantai : 12 cm

Pelat Atap : 12 cm

- Perhitungan Berat Bangunan Total W

➤ Berat Lantai 1

$$\text{Berat Pelat} = 9,42 \times 48 \times 372 + 1,75 \times 87 \times 372 = 224.840 \text{ kg}$$

Balok Melintang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,75 \times ((5,5 \times 27) + (2,3 \times 9)) \times 2400 = 49.713 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 2.6 \times 2400 = 5.148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((33,75) + (1,5 \times 17)) \times 2400 = 17.775 \text{ kg}$$

Balok Memanjang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,5 \times 5,6 \times 40 \times 2400 = 80.640 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 22 \times 2400 = 43.560 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((60) + (1,5 \times 14)) \times 2400 = 24.300 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom} = 0,4 \times 1.5 \times 4 \times 45 \times 2400 = 259200 \text{ kg}$$

Dinding	= 185 x 2 x 250	= 94.500 kg
	= 216 x 1,75 x 250	= 92.500 kg
Beban hidup	= 9,42 x 48 x 300 + 1,75 x 87 x 300 x 0,3	= 149.350 kg

---

$$W_{\text{Lantai } 1} = 1.041.526 \text{ kg}$$

➤ Berat Lantai 2

$$\text{Berat Pelat} = 9,42 x 48 x 372 + 1,75 x 87 x 372 = 224.840 \text{ kg}$$

Balok Melintang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 x 0,75 x ((5,5 x 27) + (2,3 x 9)) x 2400 = 49.713 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 x 0,55 x 6 x 2,6 x 2400 = 5.148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 x 0,5 x ((33,75) + (1,5x17)) x 2400 = 17.775 \text{ kg}$$

Balok Memanjang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 x 0,5 x 5,6 x 40 x 2400 = 80.640 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 x 0,55 x 6 x 22 x 2400 = 43.560 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 x 0,5 x ((60) + (1,5 x 14)) x 2400 = 24.300 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom} = 0,4 x 1,2 x 3,4 x 45 x 2400 = 176.256 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} = 185 x 2 x 250 = 94.500 \text{ kg}$$

$$= 216 x 1,75 x 250 = 92.500 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 9,42 x 48 x 300 + 1,75 x 87 x 300 x 0,3 = 149.350 \text{ kg}$$

$$W_{\text{Lantai } 2} = 958.582 \text{ kg}$$

➤ Berat Lantai 3

$$\text{Berat Pelat} = 9,42 x 48 x 372 + 1,75 x 81 x 372 = 220.934 \text{ kg}$$

Balok Melintang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 x 0,75 x ((5,5 x 27) + (2,3 x 9)) x 2400 = 49.713 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 x 0,55 x 6 x 2,6 x 2400 = 5.148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 x 0,5 x ((33,75) + (1,5x17)) x 2400 = 17.775 \text{ kg}$$

Balok Memanjang :

Balok Induk	= 0,3 x 0,5 x 5,6 x 40 x 2400	= 80.640 kg
Balok Anak	= 0,25 x 0,55 x 6 x 22 x 2400	= 43.560 kg
Balok Kantilever	= 0,25 x 0,5 x ((60) + (1,5 x 14)) x 2400	= 24.300 kg
Kolom	= 0,4 x 1.2 x 3.4 x 45 x 2400	= 176.256 kg
Dinding	= 185 x 2 x 250	= 94.500 kg
	= 216 x 1,75 x 250	= 92.500 kg
Beban hidup	= 9,42 x 48 x 300 + 1,75 x 81 x 372	= 188.379 kg
<hr/>		
	W Lantai 3	= 993.705 kg

Berat Lantai 4

$$\text{Berat Pelat} = 9,42 \times 48 \times 372 + 1,75 \times 81 \times 372 = 220.934 \text{ kg}$$

Balok Melintang :

Balok Induk	= 0,3 x 0,75 x ((5,5 x 27) + (2,3 x 9)) x 2400	= 49.713 kg
Balok Anak	= 0,25 x 0,55 x 6 x 2.6 x 2400	= 5.148 kg
Balok Kantilever	= 0,25 x 0,5 x ((33,75) + (1,5x17)) x 2400	= 17.775 kg

Balok Memanjang :

Balok Induk	= 0,3 x 0,5 x 5,6 x 40 x 2400	= 80.640 kg
Balok Anak	= 0,25 x 0,55 x 6 x 22 x 2400	= 43.560 kg
Balok Kantilever	= 0,25 x 0,5 x ((60) + (1,5 x 14)) x 2400	= 24.300 kg
Kolom	= 0,4 x 1.2 x 3.4 x 45 x 2400	= 176.256 kg
Dinding	= 185 x 2 x 250	= 94.500 kg
	= 216 x 1,75 x 250	= 92.500 kg

$$\text{Beban hidup} = 9,42 \times 48 \times 300 + 1,75 \times 81 \times 372 = 188.379 \text{ kg}$$

---

$$\text{W Lantai 4} = 993.705 \text{ kg}$$

➤ Berat Lantai 5

$$\text{Berat Pelat} = 9,42 \times 48 \times 372 + 1,75 \times 81 \times 372 = 220.934 \text{ kg}$$

Balok Melintang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,75 \times ((5,5 \times 27) + (2,3 \times 9)) \times 2400 = 49.713 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 2,6 \times 2400 = 5.148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((33,75) + (1,5 \times 17)) \times 2400 = 17.775 \text{ kg}$$

Balok Memanjang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,5 \times 5,6 \times 40 \times 2400 = 80.640 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 22 \times 2400 = 43.560 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((60) + (1,5 \times 14)) \times 2400 = 24.300 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom} = 0,4 \times 1,2 \times 3,4 \times 45 \times 2400 = 176.256 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} = 185 \times 2 \times 250 = 94.500 \text{ kg}$$

$$= 216 \times 1,75 \times 250 = 92.500 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 9,42 \times 48 \times 300 + 1,75 \times 81 \times 372 = 188.379 \text{ kg}$$


---

$$\text{W Lantai 5} = 993.705 \text{ kg}$$

➤ Berat Lantai 6

$$\text{Berat Pelat} = 9,42 \times 48 \times 372 + 1,75 \times 81 \times 372 = 220.934 \text{ kg}$$

Balok Melintang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,75 \times ((5,5 \times 27) + (2,3 \times 9)) \times 2400 = 49.713 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 2,6 \times 2400 = 5.148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((33,75) + (1,5 \times 17)) \times 2400 = 17.775 \text{ kg}$$

Balok Memanjang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,5 \times 5,6 \times 40 \times 2400 = 80.640 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 22 \times 2400 = 43.560 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((60) + (1,5 \times 14)) \times 2400 = 24.300 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom} = 0,4 \times 1,2 \times 3,4 \times 45 \times 2400 = 176.256 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} = 185 \times 2 \times 250 = 94.500 \text{ kg}$$

$$= 216 \times 1,75 \times 250 = 92.500 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 9,42 \times 48 \times 300 + 1,75 \times 81 \times 372 = 188.379 \text{ kg}$$


---

$$\text{W Lantai 6} = 993.705 \text{ kg}$$

➤ Berat Lantai 7

$$\text{Berat Pelat} = 9,42 \times 48 \times 372 + 1,75 \times 81 \times 372 = 220.934 \text{ kg}$$

Balok Melintang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,75 \times ((5,5 \times 27) + (2,3 \times 9)) \times 2400 = 49.713 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 2.6 \times 2400 = 5.148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((33,75) + (1,5 \times 17)) \times 2400 = 17.775 \text{ kg}$$

Balok Memanjang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,5 \times 5,6 \times 40 \times 2400 = 80.640 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 22 \times 2400 = 43.560 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((60) + (1,5 \times 14)) \times 2400 = 24.300 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom} = 0,4 \times 1.2 \times 3.4 \times 45 \times 2400 = 176.256 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} = 185 \times 2 \times 250 = 94.500 \text{ kg}$$

$$= 216 \times 1,75 \times 250 = 92.500 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 9,42 \times 48 \times 300 + 1,75 \times 81 \times 372 = 188.379 \text{ kg}$$


---

$$W \text{ Lantai 7} = 993.705 \text{ kg}$$

➤ Berat Lantai Atap

$$\text{Berat Pelat} = 28,8 \times 33,75 \times 306 = 297.432 \text{ kg}$$

Balok Melintang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,75 \times ((5,5 \times 27) + (2,3 \times 9)) \times 2400 = 49.713 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 2.6 \times 2400 = 5.148 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((33,75) + (1,5 \times 17)) \times 2400 = 17.775 \text{ kg}$$

Balok Memanjang :

$$\text{Balok Induk} = 0,3 \times 0,5 \times 5,6 \times 40 \times 2400 = 80.640 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak} = 0,25 \times 0,55 \times 6 \times 22 \times 2400 = 43.560 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Kantilever} = 0,25 \times 0,5 \times ((60) + (1,5 \times 14)) \times 2400 = 24.300 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom} = 0,4 \times 1.15 \times 4 \times 45 \times 2400 = 198.720 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} = 185 \times 2 \times 250 = 94.500 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 28,8 \times 33,75 \times 150 \times 0,3 = 43.740 \text{ kg}$$


---

$$W \text{ Lantai Atap} = 855.528 \text{ kg}$$

Total Berat Bangunan (Wt) :

$$(1.041.526 \text{ kg}) + (958.582 \text{ kg}) + (993.705 \text{ kg}) + (855.528 \text{ kg}) = 7.824.161 \text{ kg}$$

- Perhitungan Periode Alami Struktur (T)

Tinggi Gedung : 28,80 m

C<sub>t</sub> : 0,0731

Sehingga periode alami struktur

$$T = C_t (h_n)^{3/4} = 0,0731 \times 20,50^{3/4} = 0,704 \text{ detik}$$

Kontrol pembatasan T sesuai SNI 03-1726-2012

n = 7 Lantai

$$= 0,16 \text{ maka } n = 0,16 \times 7 = 1,12 \text{ detik } 0,704 \text{ detik.... Ok}$$

- Penentuan Faktor Respons Gempa (C<sub>I</sub>)

Penentuan nilai C<sub>I</sub> berdasarkan :

Periode alami struktur = 0,704 detik

$$\text{Faktor respons gem (C)} = 0,35/T = 0,35/0,704 = 0,497$$

**Tabel 4.3.** Kategori Resiko Bangunan Gedung (SNI 1726:2012 Tabel 1)

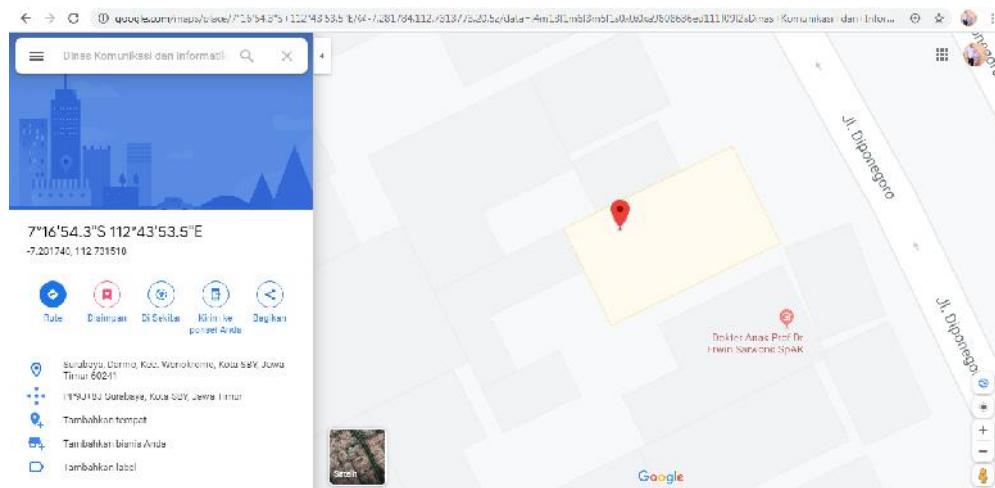
Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

Kategori Resiko = II

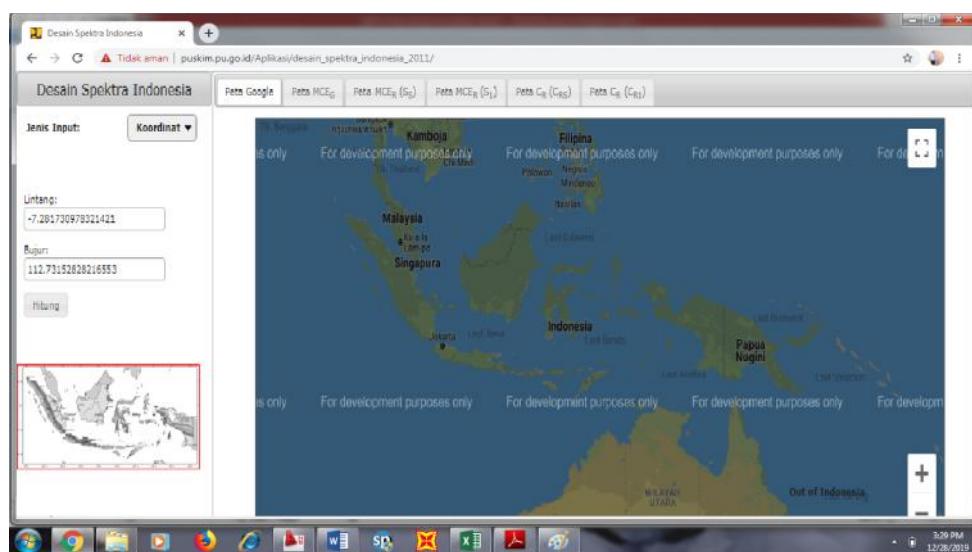
Faktor Keutamaan Gempa = 1,00

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

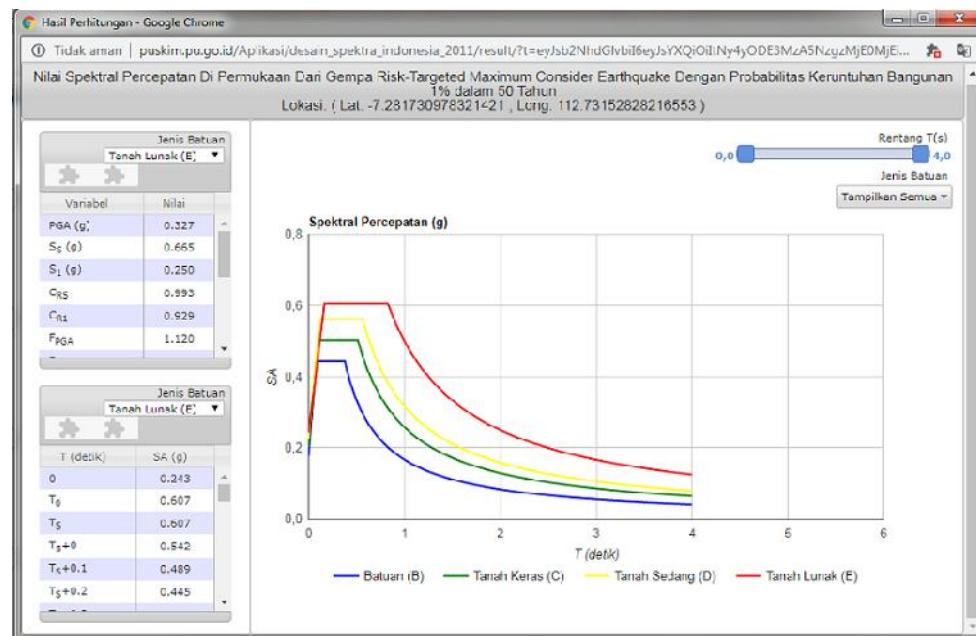
**Tabel 4.4.** Faktor Keutamaan Gempa ( SNI 1726:2012 Tabel 2)



**Gambar 4.11.** Kordinat Gedung Ibis Diponegoro Surabaya



**Gambar 4.12.** Desain Spektra Indonesia ([www.puskim.co.id](http://www.puskim.co.id))



Gambar 4.13. Tabel dan grafik ([www.puskim.co.id](http://www.puskim.co.id))

PGA (g)	0.327
S <sub>s</sub> (g)	0.665
S <sub>1</sub> (g)	0.25
C <sub>RS</sub>	0.993
C <sub>R1</sub>	0.929
F <sub>PGA</sub>	1.12
F <sub>a</sub>	1.37
F <sub>v</sub>	3
Psa (g)	0.366
Sms (g)	0.911
S <sub>m1</sub> (g)	0.75
S <sub>d1</sub> (g)	0.5
T <sub>0</sub> (detik)	0.165
T <sub>s</sub> (detik)	0.823

Tabel 4.5. Output Nilai Respon Spektrum

**Tabel 4.6.** Kategori Desain Seismik pggeriode pendek ( SNI 1726:2012 Tabel 6)

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

**Tabel 4.7.** Kategori Desain Seismik periode 1 pendek ( SNI 1726:2012 Tabel 7)

**Tabel 4.8.** Pemilihan Respon Struktur dan Parameter Sistem (SNI1726:2012 Tabel 7)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
<b>C.Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>h,I</sup>	TI <sup>n</sup>	TI <sup>I</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>n</sup>	TI <sup>n</sup>	TI <sup>I</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

*Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus* adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung, di mana strukturnya mampu mengalami simpangan pasca-elastik pada saat mencapai kondisi diambah keruntuhan yang paling besar, yaitu dengan mencapai nilai faktor daktilitas sebesar 5,3. Selanjutnya *Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah* adalah seluruh tingkat daktilitas struktur gedung dengan nilai faktor daktilitas di antara untuk struktur yang elastic penuh sebesar 1,0 dan untuk struktur gedung yang daktail penuh sebesar 5,3, sedangkan untuk *Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa* adalah nilai faktor daktilitasnya sebesar 1,0.

Tipe struktur	$C_t$	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

**Tabel 4.9.** Nilai Parameter pedekatan  $C_t$  dan x (SNI1726:2012 Tabel 15)

- Faktor Response Spectrum gempa ( $C$ ) =  $0,35/T = 0,35/0,704 = 0,497$

a. Penentuan Faktor Keutamaan (I)

Katagori gedung : Gedung untuk Perhotelan

Faktor keutamaan (I) : 1,0

b. Penentuan Parameter Daktilitas Struktur (R)

$$R = 8,5$$

c. Perhitungan Gaya Geser Gempa (V)

Perhitungan gaya geser gempa untuk portal struktur utama adalah :

$$V = \frac{C_I I}{R} \cdot W_t$$

SNI 03-1726-2012

$$V = \frac{0,947 \cdot 1}{8,5} \cdot 7.824.161 \text{ kg} = 398.302,29 \text{ kg}$$

Distribusi gaya gesernya menggunakan rumus :

$$F = \frac{W_t \cdot Z_i}{\sum_{t=1}^n} \cdot V \quad \text{SNI 03-1726-2012}$$

Tabel distribusi beban gempa pada struktur

$$V = 398.302,29 \text{ kg}$$

**Tabel 4.10.** Tabel distribusi beban gempa

Lantai	Tinggi m (h)	Berat kg (w)	W x h	F	30% . F
Atap	28,80	855,528	24.639.206,40	78.193,41	23.458,02
7	24,80	993.705	24.643.884	78.208,26	23.462,48
6	21,40	993.705	21.265.287	67.486,16	20.245,85
5	18,00	993.705	17.886.690	56.764,06	17.029,22
4	14,60	993.705	14.508.093	46.041,96	13.812,59
3	11,20	993.705	11.129.496	35.319,86	10.595,96
2	7,80	958.582	7.476.939,60	23.728,34	7.118,50
1	3,80	1.041.526	3.957.798,80	12.560,22	3.768,07
$\Sigma$		7.824.161	125.507.394,80	398.302,27	119.490,69

- **Perhitungan eksentrisitas pusat massa terhadap pusat rotasi lantai**

Bentuk bangunan simetris ukuran persegi panjang dengan ukuran 9,42 x 43,5 m, sehingga koordinat pusat massa :

a) Koordinat pusat massa :

$$\text{Koordinat Y} = 21/2 = 10,5$$

$$\text{Koordinat X} = 48/2 = 24$$

Atap

$$\text{Koordinat Y} = 21/2 = 10,5$$

$$\text{Koordinat X} = 35/2 = 12,5$$

b) Koordinat pusat rotasi :

$$\text{Koordinat Y} = 21/ = 10,5$$

$$\text{Koordinat X} = 48/2 = 24$$

Atap

$$\text{Koordinat Y} = 21/2 = 10,5$$

$$\text{Koordinat X} = 35/2 = 12,5$$

Karena selisih antara koordinat pusat massa dan pusat rotasi ( $e$ ) untuk koordinat X dan Y = 0, maka nilai  $ed$  (eksentrisitas rencana) Sesuai dengan SNI 03-1726-2012 adalah :

### *Eksentrisitas rencana (ed)*

Untuk  $0 \leq e \leq 0,05 b$  baik arah x maupun arah y      $ed = 1,5e + 0,05b$  atau      $ed = e - 0,05b$ .

Arah Y      $ed = 1,5 \times 0 + (0,05 \times 21) = 1,05 \text{ m}$

Arah X      $ed = 1,5 \times 0 + (0,05 \times 48) = 2,40 \text{ m}$

### *Koordinat eksentrisitas rencana (ed)*

Arah Y      $ed = 0 + 1,05 = 1,05 \text{ m}$

Arah X      $ed = 0 + 2,40 = 2,40 \text{ m}$

- **Perhitungan massa bangunan dan momen inersia per lantai bangunan**

- a) Massa bangunan

  - Massa bangunan lantai 1

$$\frac{W_{lt}}{g} = \frac{1.041.526 \text{ Kg}}{9,81 \text{ m/dt}^2} = 106.169,82 \frac{K - d^2}{m}$$

  - Massa bangunan lantai 2

$$\frac{W_{lt}}{g} = \frac{958.582 \text{ Kg}}{9,81 \text{ m/dt}^2} = 97.714,78 \frac{K - d^2}{m}$$

  - Massa bangunan lantai 3

$$\frac{W_{lt}}{g} = \frac{993.705K}{9,81 m/d^2} = 101.295,11 \frac{K - d^2}{m}$$

  - Massa bangunan lantai 4

$$\frac{W_{lt}}{g} = \frac{993.705K}{9,81 m/d^2} = 101.295,11 \frac{K - d^2}{m}$$

  - Massa bangunan lantai 5

$$\frac{W_{lt}}{g} = \frac{993.705K}{9,81 m/d^2} = 101.295,11 \frac{K - d^2}{m}$$

  - Massa bangunan lantai 6

$$\frac{W_{lt}}{g} = \frac{993.705K}{9,81 m/d^2} = 101.295,11 \frac{K - d^2}{m}$$

  - Massa bangunan lantai 7

$$\frac{W_{lt}}{g} = \frac{993.705K}{9,81 m/d^2} = 101.295,11 \frac{K - d^2}{m}$$

- Massa bangunan lantai atap

$$\frac{W_{lu}}{g} = \frac{855.528 K}{9,81 m/d^2} = 108.836,29 \frac{K - d^2}{m}$$

Rekapitulasi massa bangunan :

Massa lantai 1	= 106.169,82 Kg
Massa lantai 2	= 97.714,78 Kg
Massa lantai 3	= 101.295,11 Kg
Massa lantai 4	= 101.295,11 Kg
Massa lantai 5	= 101.295,11 Kg
Massa lantai 6	= 101.295,11 Kg
Massa lantai 7	= 101.295,11 Kg
Massa lantai atap	= 108.836,29 Kg

## b) Momen inersia

- Momen inersia lantai 1

$$\frac{m}{12} \frac{(b^2 + d^2)}{12} = \frac{106.169,82 \times (21^2 + 48^2)}{12} = 24.286.346,32 \text{ Kg} - \text{m}^4$$

- Momen inersia lantai 2

$$\frac{m}{12} \frac{(b^2 + d^2)}{12} = \frac{97.714,78 \times (21^2 + 48^2)}{12} = 22.352.255,92 \text{ Kg} - \text{m}^4$$

- Momen inersia lantai 3

$$\frac{m}{12} \frac{(b^2 + d^2)}{12} = \frac{101.295,11 \times (21^2 + 48^2)}{12} = 23.171.256,41 \text{ Kg} - \text{m}^4$$

- Momen inersia lantai 4

$$\frac{m}{12} \frac{(b^2 + d^2)}{12} = \frac{101.295,11 \times (21^2 + 48^2)}{12} = 23.171.256,41 \text{ Kg} - \text{m}^4$$

- Momen inersia lantai 5

$$\frac{m}{12} \frac{(b^2 + d^2)}{12} = \frac{101.295,11 \times (21^2 + 48^2)}{12} = 23.171.256,41 \text{ Kg} - \text{m}^4$$

- Momen inersia lantai 6

$$\frac{m}{12} \frac{(b^2 + d^2)}{12} = \frac{101.295,11 \times (21^2 + 48^2)}{12} = 23.171.256,41 \text{ Kg} - \text{m}^4$$

➤ Momen inersia lantai 7

$$\frac{m}{12} \frac{(b^2 + d^2)}{12} = \frac{101.295,11 \times (21^2 + 48^2)}{12} = 23.171.256,41 \text{ Kg} - \text{m}^4$$

➤ Momen inersia lantai atap

$$\frac{m}{12} \frac{(b^2 + d^2)}{12} = \frac{108.836,29 \times (21^2 + 48^2)}{12} = 24.896.301,34 \text{ Kg} - \text{m}^4$$

Rekapitulasi momen inersia :

Momen inersia lantai 1	= 24.286.346,32 Kg-m <sup>4</sup>
Momen inersia lantai 2	= 22.352.255,92 Kg-m <sup>4</sup>
Momen inersia lantai 3	= 23.171.256,41 Kg-m <sup>4</sup>
Momen inersia lantai 4	= 23.171.256,41 Kg-m <sup>4</sup>
Momen inersia lantai 5	= 23.171.256,41 Kg-m <sup>4</sup>
Momen inersia lantai 6	= 23.171.256,41 Kg-m <sup>4</sup>
Momen inersia lantai 7	= 23.171.256,41 Kg-m <sup>4</sup>
Momen inersia lantai atap	= 24.896.301,34 Kg-m <sup>4</sup>

#### • Kontrol Kinerja Layan ( s ) dan Kinerja Batas Ultimit ( m )

Untuk memenuhi syarat kinerja batas layan jika drift s antar tingkat tidak boleh lebih besar dari :

$$\frac{0,03}{R} \times h_i = \frac{0,03}{8,5} \times 3,4 \text{ m} = 0,012 \text{ m}$$

Selanjutnya membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur yang akan membawa korban jiwa manusia dengan membatasi nilai drift m antar tingkat tidak boleh melebihi  $0,02 \times \text{tinggi tiap tingkat} = 0,02 \times 3,4 \text{ m} = 0,068 \text{ m}$

Sedangkan untuk m aktual truktur didapatkan dari rumusan  $0,7 \times R \times s$  pada SNI 03-1726-2012.

**Tabel 4.11.** Kontrol Kinerja Batas Layan Portal 8 lantai

Tingkat	Hi	$\Delta s$	Drift $\Delta s$	Syarat Drift $\Delta s$	Status
	(m)	(m)	(m)	(m)	
Atap	28,80	0,024	0,005	0,014	OK
7	24,80	0,019	0,001	0,014	OK
6	21,40	0,019	0,001	0,014	OK
5	18,00	0,019	0,001	0,014	OK
4	14,60	0,019	0,001	0,014	OK
3	11,20	0,019	0,008	0,014	OK
2	7,8	0,011	0,004	0,014	OK
1	3,8	0,007	0,007	0,014	OK

$$\text{Drift } s \text{ antar tingkat 1: } 1-0 : 0,007 - 0,000 = 0,007$$

$$\text{Drift } s \text{ antar tingkat 2: } 2-1 : 0,011 - 0,007 = 0,004$$

$$\text{Drift } s \text{ antar tingkat 3: } 3-2 : 0,019 - 0,011 = 0,008$$

$$\text{Drift } s \text{ antar tingkat 4: } 4-3 : 0,019 - 0,011 = 0,008$$

$$\text{Drift } s \text{ antar tingkat 5: } 5-4 : 0,019 - 0,011 = 0,008$$

$$\text{Drift } s \text{ antar tingkat 6: } 6-5 : 0,019 - 0,011 = 0,008$$

$$\text{Drift } s \text{ antar tingkat 7: } 7-6 : 0,019 - 0,011 = 0,008$$

$$\text{Drift } s \text{ antar tingkat atap: } 8-7 : 0,024 - 0,019 = 0,005$$

Syarat drift  $s$  seluruh bangunan (1-atap)

$$\frac{0.03}{R} \times h = \frac{0.03}{8,5} \times 28,80 \text{ m}$$

**Tabel 4.12.** Kontrol Kinerja Batas Ultima portal 8 lantai

Tingkat	Hi	Drift $\Delta m$	Syarat Drift $\Delta m$	Status
	(m)	(m)	(m)	
Atap	28,80	0,034	0,08	OK
7	24,80	0,043	0,08	OK
6	21,40	0,043	0,08	OK
5	18,00	0,043	0,08	OK
4	14,60	0,043	0,08	OK
3	11,20	0,043	0,09	OK
2	7,8	0,056	0,09	OK
1	3,8	0,068	0,10	OK

Sedangkan untuk perhitungan kinerja batas ultimit adalah sebagai berikut:

$$\text{Drift } m \text{ antar tingkat 1: } 0,7 \times 8,5 \times 0,007 = 0,042$$

$$\text{Drift } m \text{ antar tingkat 2: } 0,7 \times 8,5 \times 0,004 = 0,024$$

$$\text{Drift } m \text{ antar tingkat 3: } 0,7 \times 8,5 \times 0,008 = 0,047$$

$$\text{Drift } m \text{ antar tingkat 4: } 0,7 \times 8,5 \times 0,008 = 0,047$$

$$\text{Drift } m \text{ antar tingkat 5: } 0,7 \times 8,5 \times 0,008 = 0,047$$

$$\text{Drift } m \text{ antar tingkat 6: } 0,7 \times 8,5 \times 0,008 = 0,047$$

$$\text{Drift } m \text{ antar tingkat 7: } 0,7 \times 8,5 \times 0,008 = 0,047$$

$$\text{Drift } m \text{ antar tingkat atap: } 0,7 \times 8,5 \times 0,005 = 0,029$$

$$\text{Drift } m \text{ keseluruhan} = \text{jumlah Drift } m (1-\text{atap})$$

$$= 0,042 + 0,024 + 0,047 + 0,047 + 0,047 + 0,047 + 0,047 + 0,029$$

$$= 0,33$$

$$\text{Syarat drift } m \text{ keseluruhan} = 0,02 \times h = 0,02 \times 28,80$$

$$= 0,57 \rightarrow \text{Ok..!}$$

Perhitungan control kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit diatas menunjukan bahwa model portal 8 lantai dengan menggunakan dimensi kolom 120 cm x 40 cm dan dimensi balok 30 cm x 75 cm dan 25 cm x 55 cm yang dihitung dari acuan SNI 03-2847-2013 mampu untuk menahan beban gempa yang sesuai dengan perencanaan dari SNI 03-1726-2012 OK.

#### 4.2.3 Perhitungan Balok Induk

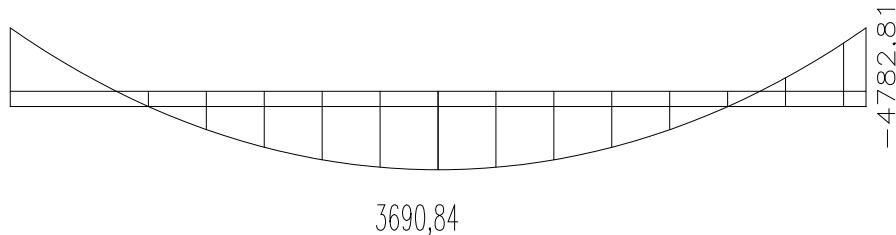
##### 4.2.3.1 Perhitungan Balok Induk Memanjang

###### - Data-data penulangan balok induk memanjang

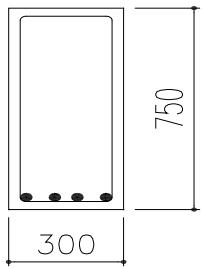
- Tipe balok : B1
- Dimensi balok  $b_b$  : 300 mm
- Dimensi balok  $h_b$  : 750 mm
- Kuat tekan beton  $f_c'$  : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur  $f_y$  : 300 Mpa
- Diameter tulangan lentur  $D_{le}$  : 22 mm
- Diameter tulangan geser  $\phi_g$  : 10 mm
- Tebal selimut beton  $t_d$  : 40 mm

###### - Perhitungan Penulangan Lentur Balok Induk Memanjang

Untuk perhitungan tulangan balok, maka diambil momen dari hasil kombinasi pembebanan analisa struktur dengan SAP 2000 didapat :



**Gambar 4.14.** Bidang M akibat beban Kombinasi Portal



**Gambar 4.15.** Balok Lapangan Memanjang

Mu lapangan maximum = 3690,84 kgm

#### 4.1.3.1.1 Tulangan Lapangan

Direncanakan :

Tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \emptyset_{s_i} - 0,5 \cdot \emptyset_{t_i} - l_e \\ = 750 - 40 - 10 - 0,5 \cdot 22 = 689 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M}{b \cdot d^2} = \frac{3,8 \times 1^4}{1 \times 6^2} = 0,061$$

$$\min = 1,4 / f_y \\ = 1,4 / 300 = 0,0046$$

$$b = \frac{0,8 \times f c' \times \beta_1}{f} \times \frac{6}{6 + 3} \\ = \frac{0,8 \times 2 \times 0,8}{3} \times \frac{6}{6 + 3} = 0,040$$

$$\max = 0,75 \times b \\ = 0,75 \times 0,040 = 0,03$$

$$m = \frac{f}{0,8 \cdot f} = \frac{3}{0,8 \cdot 2} = 14,11$$

$$\rho_p = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot R}{f} \right)} \right) \\ = \frac{1}{14,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot 14,11 \cdot 0,03}{3} \right)} \right) = 0,0053$$

$$As = be \cdot d = 0,0053 \cdot 1260 \cdot 689 = 4601,14 \text{ mm}^2$$

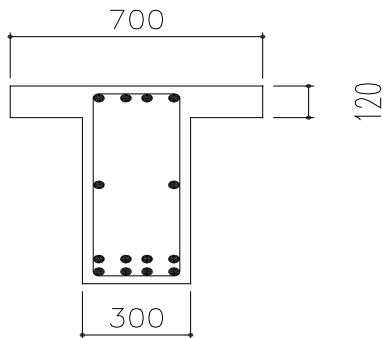
$$As_{\min} = \min \cdot bw \cdot d = 0,0046 \cdot 300 \cdot 689 = 950,82 \text{ mm}^2$$

Dari kedua rumus As pilih yang paling besar

Tulangan utama = D22 (As 201,0)

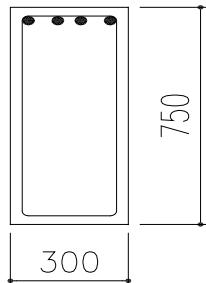
$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan tulangan As} &= \text{As pilih / As} \\
 &= 4601,14 / 950,82 = 4,83 \sim 4 \\
 \text{Kebutuhan tulangan As'} &= 0,5 \cdot 4601,14 = 2300,57 \\
 &= 2300,57 = 8
 \end{aligned}$$

Maka untuk kebutuhan tulangan lapangan : Tulangan Tarik = 4 D22  
Tulangan tekan = 8 D22



**Gambar 4.16.** Tulangan Lapangan Memanjang

#### 4.1.3.1.2 Tulangan Tumpuan



**Gambar 4.17.** Balok Tumpuan Memanjang

$$\text{Mu Tumpuan} = 4782,81 \text{ kgm}$$

Direncanakan :

Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \varnothing_{s_i} - 0,5 \cdot \varnothing_{t_i} - t_e \\
 &= 750 - 40 - 10 - 0,5 \cdot 22 = 689 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M}{b \cdot d^2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{,8 \cdot 1^4}{x 6^2} = 0,335$$

min = 1,4 / fy  
 = 1,4 / 300 = 0,0046

$$b = \frac{0,8 \cdot f c' x \beta_1}{f} \times \frac{6}{6 + 3}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 2 \cdot 0,8}{3} \times \frac{6}{6 + 3} = 0,040$$

max = 0,75 x b  
 = 0,75 x 0,040 = 0,03

$$m = \frac{f}{0,8 \cdot f} = \frac{3}{0,8 \cdot 2} = 14,11$$

$$\rho_p = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot R}{f} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{14,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,3}{3} \right)} \right) = 0,012$$

$$As \text{ perlu} = . \cdot b \cdot d = 0,012 \cdot 300 \cdot 689 = 2480,4 \text{ mm}^2$$

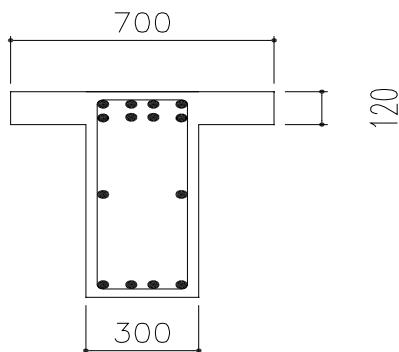
$$\text{Tulangan utama} = D22 (\text{As } 201,0)$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tulangan As} &= \text{As pilih / As} \\ &= 2480,4 / 201,0 = 12,34 \sim 8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tulangan As'} &= 0,5 \cdot 2480,4 = 1240,2 \\ &= 1240,2 = 4 \end{aligned}$$

Maka untuk kebutuhan tulangan lapangan : Tulangan Tarik = 8 D22

Tulangan tekan = 4 D22



**Gambar 4.18.** Tulangan Tumpuan Memanjang

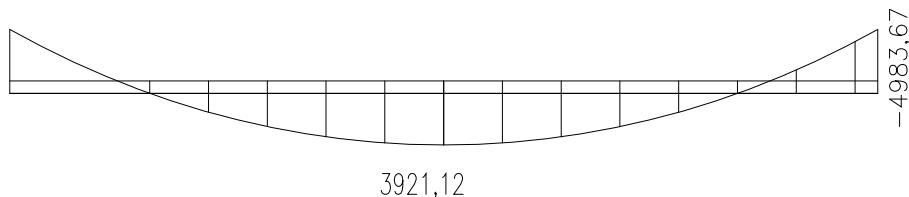
#### 4.1.3.2. Perhitungan Balok Induk Melintang

##### - Data-data penulangan balok induk melintang

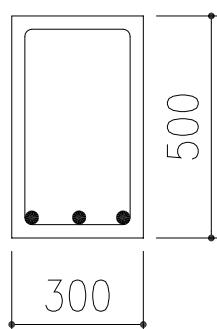
- Tipe balok : B2
- Dimensi balok  $b_b$  : 300
- Dimensi balok  $h_b$  : 500
- Kuat tekan beton  $f_c'$  : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur  $f_y$  : 300 Mpa
- Diameter tulangan lentur  $D_{le}$  : 22 mm
- Diameter tulangan geser  $\phi_g$  : 10 mm
- Tebal selimut beton  $t_d$  : 40 mm

##### - Perhitungan Penulangan Lentur Balok Induk Melintang

Untuk perhitungan tulangan balok, maka diambil momen dari hasil kombinasi pembebanan analisa struktur dengan SAP 2000 didapat :



**Gambar 4.19.** Bidang M akibat beban Kombinasi Portal



**Gambar 4.20.** Balok Lapangan Melintang

$M_u$  lapangan maximum = 3921,12 kgm

#### 4.1.3.2.1 Tulangan Lapangan

Direncanakan :

Tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \emptyset_{s1} - 0,5 \cdot \emptyset_t - l_e$$

$$= 500 - 40 - 10 - 0,5 \cdot 22 = 439 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M}{b \cdot d^2} = \frac{\frac{3}{1} \cdot 1 \cdot 1^4}{\frac{1}{4} \cdot 4^2} = 0,201$$

$$\min = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 300 = 0,0046$$

$$b = \frac{0,8 \cdot f c' x \beta_1}{f} \times \frac{6}{6 + 3}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 2 \cdot 0,8}{3} \times \frac{6}{6 + 3} = 0,040$$

$$\max = 0,75 \times b$$

$$= 0,75 \times 0,040 = 0,03$$

$$m = \frac{f}{0,8 \cdot f} = \frac{3}{0,8 \cdot 2} = 14,11$$

$$\rho_p = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot R}{f} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{14,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot 14,11 \cdot 0,2}{3} \right)} \right) = 0,0097$$

$$\text{As perlu} = \text{be} \cdot d = 0,0097 \cdot 1010 \cdot 439 = 4300,88 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \min \cdot bw \cdot d = 0,0046 \cdot 300 \cdot 439 = 605,82 \text{ mm}^2$$

Dari kedua rumus As pilih yang paling besar

$$\text{Tulangan utama} = D22 (\text{As 2010})$$

$$\text{Kebutuhan tulangan As} = \text{As pilih} / \text{As}$$

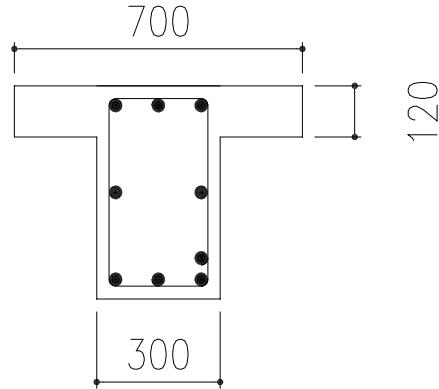
$$= 4300,88 / 2010 = 2,14 \sim 3$$

$$\text{Kebutuhan tulangan As'} = 0,5 \cdot 4300,88 = 2150,44$$

$$= 2150,44 = 4$$

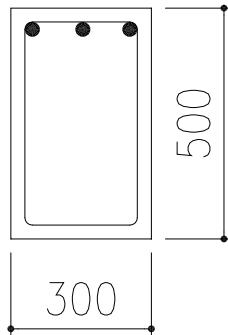
Maka untuk kebutuhan tulangan lapangan : Tulangan Tarik = 4 D22

Tulangan tekan = 3 D22



**Gambar 4.21.** Tulangan Lapangan Melintang

#### 4.1.3.1.2 Tulangan Tumpuan



**Gambar 4.22.** Balok Tumpuan Melintang

$$\text{Mu tumpuan} = 4983,67 \text{ kgm}$$

Tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \emptyset_{s_l} - 0,5 \cdot \emptyset_{t_l} - l_e$$

$$= 500 - 40 - 10 - 0,5 \cdot 22 = 439 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M}{b \cdot d^2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{,6 \cdot 1^4}{\pi \cdot 4^2} = 0,861$$

$$\min = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 300 = 0,0046$$

$$b = \frac{0,8 \cdot f c' x \beta_1}{f} \times \frac{6}{6 + 3}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 2 \cdot 0,8}{3} \times \frac{6}{6 + 3} = 0,040$$

$$\max = 0,75 \times b$$

$$= 0,75 \times 0,040 = 0,03$$

$$m = \frac{f}{0,8 \cdot f} = \frac{3}{0,8 \cdot 2} = 14,11$$

$$\rho_p = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot R}{f} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{1,1} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2,1 \cdot 1 \cdot 0,8}{3} \right)} \right) = 0,029$$

As perlu = . b . d = 0,0029 . 300 . 439 = 3819,3 mm<sup>2</sup>

Tulangan utama = D22 (As 854,3)

Kebutuhan tulangan As = As pilih / As

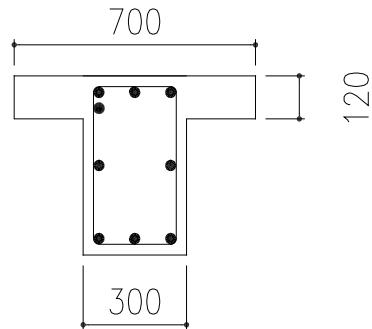
$$= 3819,3 / 854,3 = 4,47 \sim 4$$

$$\text{Kebutuhan tulangan As'} = 0,5 \cdot 3819,3 = 1909,65$$

$$= 1909,65 = 3$$

Maka untuk kebutuhan tulangan lapangan : Tulangan Tarik = 3 D22

Tulangan tekan = 4 D22



**Gambar 4.23.** Tulangan Tumpuan Melintang

#### 4.1.3.3. Penulangan Balok Induk yang Terpasang

Penulangan balok anak yang terpakai atau yang akan dipasang yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.13.** Penulangan Balok Induk

Kode Balok	L	B	h	Tulangan Lapangan		Tulangan Tumpuan		Sengkang		Tulangan Samping
				Atas	Bawah	Atas	Bawah	Tumpuan	Lapangan	
Induk	mm	mm	mm	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Tumpuan	Lapangan	
B1	8975	300	750	4D22	8D22	8D22	4D22	4D10-75	4D10-150	2D10
B1a	8000	300	650	3D22	6D22	6D22	3D22	4D10-75	4D10-150	2D10
B1f	7750	400	1000	4D22	8D22	8D22	4D22	4D10-100	4D10-150	4D10
B1g	7750	400	1000	8D22	4D22	8D22	4D22	4D10-100	4D10-150	4D10
B2	6000	300	500	3D22	4D22	4D22	3D22	4D10-100	4D10-200	2D10
B2a	3000	300	500	3D22	3D22	3D22	3D22	4D10-100	4D10-200	2D10

#### Perhitungan Kolom

##### - Data perencanaan

- Tipe kolom : C1
- Dimensi kolom  $b_{kt}$  : 400 mm
- Dimensi kolom  $h_{kt}$  : 1200 mm
- Kuat tekan beton  $f_c'$  : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur  $f_y$  : 300 Mpa
- Diameter tulangan lentur  $D_{lt}$  : 22 mm
- Diameter tulangan geser  $\phi_g$  : 10 mm
- Tebal selimut beton  $t_d$  : 40 mm

#### 4.2.4.1 Pembesaran Momen Pada Portal bergoyang

##### Modulus Elastisitas Bahan

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'} \\ &= 4700\sqrt{25} = 23500 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

##### Beban Berfaktor :

$$\begin{aligned} \text{Pul} &= 370914 \text{ kg} \\ \text{Mul} &= 8521,21 \text{ kg m} \\ \text{Mn}_2 &= 7898,11 \text{ kg m} \end{aligned}$$

**Dimensi balok 30/75 cm**

$$I_b = \frac{1}{1} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{1} \times 30 \times 75^3 = 1.054.687,50 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} E_{ib} &= 23500 \times 1.054.687,50 \\ &= 24785156250 \text{ Kg cm} \end{aligned}$$

**Dimensi balok 30/50 cm**

$$I_b = \frac{1}{1} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{1} \times 30 \times 50^3 = 312500 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} E_{ib} &= 23500 \times 312500 \\ &= 7343750000 \text{ Kg cm} \end{aligned}$$

**Dimensi kolom 40/1200 cm**

$$I_g = \frac{1}{1} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{1} \times 40 \times 1200^3 = 5760000000 \text{ cm}^4$$

$$B_d = \frac{M_1}{M_2} = \frac{8}{7},2,1 = 1,07$$

$$EIk = \frac{0,4x}{1+\beta}$$

$$EIk = \left( \frac{0,4x2}{1+1,0} \times 5 \right)$$

$$= 2615652173,91 \text{ kg cm}^2$$

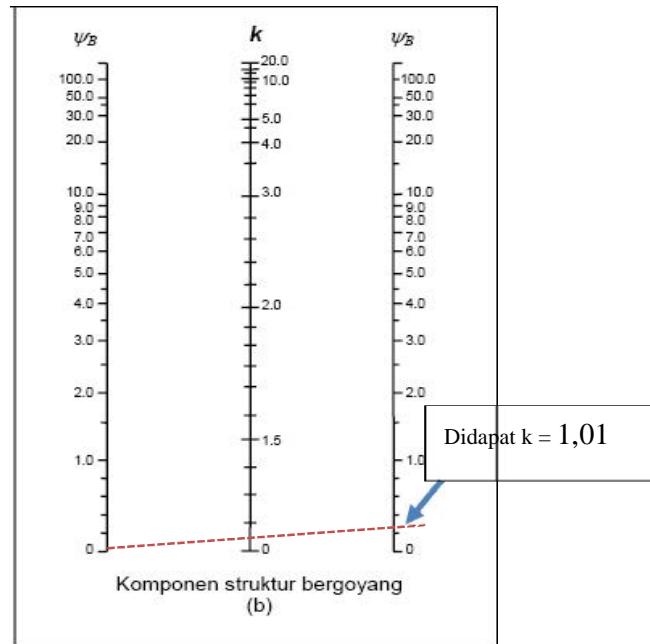
**4.2.4.2 Menentukan Faktor Restrain.**

$$A = \frac{\Sigma(E/L)k\ell}{\Sigma(E/L)b}$$

$$A = \frac{2,9}{\frac{1}{7},5 + \frac{1}{3},5 + \frac{3}{5} + \frac{3}{3}}$$

$$A = 0,1$$

$$B = 0 \text{ (Jepit)}$$



**Gambar 4.24.** Grafik Nomogram kolom (SNI 2847-2013 Ps 10.10.7.2)

Dari grafik didapat  $k = 1,01$

Radius girasi ( $r$ ) ditentukan sesuai

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \\ &= 0,3 \times 120 \\ &= 36 \end{aligned}$$

Kontrol kelangsungan :

$$\begin{aligned} lu &= 375 \\ \frac{K \times lu}{r} &= 22 \\ \frac{1,0 \times 3}{3} &= 22 \\ 10,73 &\quad 22 \quad \text{termasuk kolom langsing} \end{aligned}$$

#### 4.2.4.3 Metode pembesaran momen pada portal bergoyang

$$P_u = 370914 \text{ kg}$$

##### Pembesaran Momen

$$M_1 = M_{1ns} + s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + s M_{2s}$$

$$\begin{aligned}
M_{1ns} &= Mu_1 = 8521,21 \text{ kg.m} \\
M_{1s} &= Mu_2 = 7898,11 \text{ kg.m} \\
_s M_s &= \frac{M}{1 - \frac{\Sigma P}{0,7 \cdot \Sigma F}} \quad M_s \\
P_u &= 370914 \text{ kg} \\
P_c &= \frac{2 EI}{(kL_u)^2} \\
&= 3,14^2 \times 2171221340 / (1,01 \times 375)^2 \\
&= 32915304,9 \text{ kg} \\
_s M_s &= \frac{7}{1 - \frac{3}{0,7 \times 3}} \cdot 1 \quad 7898,11 \text{ kg.m} \\
&= 7898,09 \text{ kg.m} \quad 7898,11 \text{ kg.m} \\
M &= M_{1ns} + _s M_s \\
&= 8521,21 + 7898,11 = 16419,30 \text{ kg.m}
\end{aligned}$$

#### 4.2.4.4 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

Direncanakan penulangan kolom pada keempat sisi nya.

Momen yang dipakai adalah momen hasil dari pembesaran momen

$$M_u = 16419,30 \text{ kg.m} = 164193000 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 370914 \text{ kg} = 3709140 \text{ N}$$

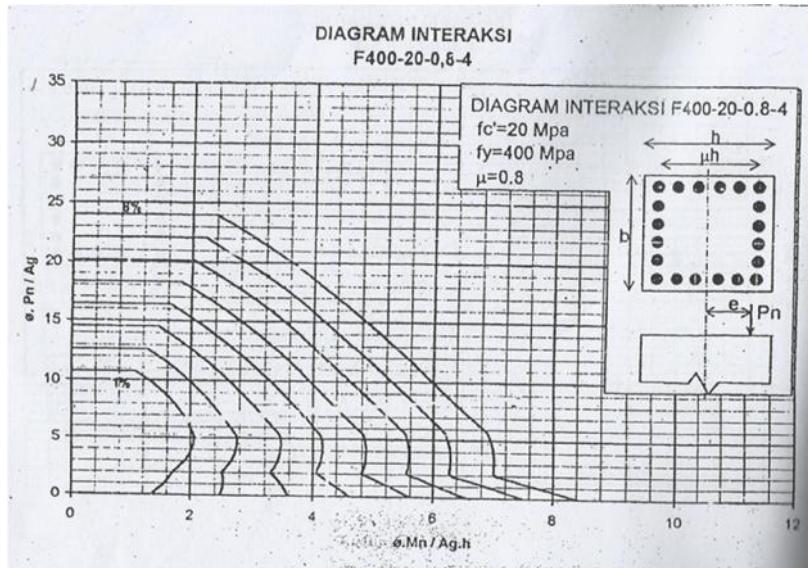
Menentukan sumbu Horizontal dan sumbu Vertikal dengan diagram interaksi kolom.

Sumbu Horizontal;

$$\frac{\varphi}{A \cdot h} = \frac{M}{b \cdot x \cdot h^2} = \frac{1}{5 \cdot x 5^2} = 1,31$$

Sumbu Vertikal:

$$\frac{\varphi}{A} = \frac{P}{b \cdot x \cdot h} = \frac{3}{5 \cdot x 5} = 14,84$$



**Gambar 4.25.** Diagram interaksi kolom (Kusuma gedeon SK SNI T-15-1991-03)

Dilihat dari diagram interaksi didapat  $\mu = 0,04$ , sedangkan syarat rasio tulangan lentur untuk kolom minimal 1% dari luas penampang kolom, maka yang dipakai adalah  $\mu = 0,04$

$$As \text{ perlu} = p \times b \times h$$

$$= 0,040 \times 400 \times 1200 = 19200 \text{ mm}^2$$

Tulangan utama= D22 ( As 283,4 )

Digunakan tulangan 24 D 22 dengan luas ( As = 10201,86 )

#### 4.2.4.5 Perhitungan Penulangan Geser

$$V_u = 41,048 \text{ KN} = 41048 \text{ N}$$

$$M_{pr3} = 8521,21 \text{ Kg.m} = 85,21 \text{ KN}$$

$$M_{pr4} = 7898,11 \text{ Kg.m} = 78,98 \text{ KN}$$

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{H}$$

$$V_e = \frac{85,21 + 78,98}{4}$$

$$= 41,05$$

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

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 400 \times 1141 \\ = 562,97 \text{ KN}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0,75 \times 169,41 \text{ KN} = 422,22 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V}{\emptyset} - V_c = \frac{4,0}{0,7} - 562,97 = - 508,23$$

$$1/3 \cdot b \cdot d \sqrt{f_c} = 1/3 \cdot 400 \cdot 1141 \cdot \sqrt{21,25} = 760,66 \text{ mm}$$

$$V_u = 41,048 \text{ KN}$$

Syarat keperluan tulangan geser :

Bila  $V_u < V_c$  tidak diperlukan tulangan geser, hanya tulangan geser praktis

Bila  $0,5 \emptyset \cdot V_c < V_u < \emptyset \cdot V_c$ , gunakan tulangan geser minimum

Bila  $V_u > \emptyset \cdot V_c$ , diperlukan tulangan geser.

Dimana :

$$V_u < V_c = 41,048 \text{ KN} < 562,97 \text{ KN}$$

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c < V_u < \emptyset \cdot V_c = 55,06 \text{ KN} > 41,048 \text{ KN} < 422,22 \text{ KN}$$

$$V_u > \emptyset \cdot V_c = 41,048 \text{ KN} < 422,22 \text{ KN}$$

Jadi tulangan geser yang dipakai hanya tulangan geser praktis.

Spasi maksimum adalah (**SNI 03-2847-2013**)

Bila  $V_s < 1/3 \cdot b \cdot d \sqrt{f_c}$ , jarak maksimum  $d/2$  atau 600 mm

Bila  $V_s > 1/3 \cdot b \cdot d \sqrt{f_c}$ , jarak maksimum  $d/4$  atau 300 mm

$$S < \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S = 269 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

- Dipasang  $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$
- Pada lapangan dipasang sengkang praktis  $\emptyset 10 - 350 \text{ mm}$

Pada Tumpuan Atas

$$V_u = 146,203 \text{ KN} = 146203 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'} \times b \times d \\ = \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 400 \times 538 \\ = 386,58 \text{ KN}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0,75 \cdot 386,58 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V}{\emptyset} - V_c = \frac{1,2}{0,7} - 386,58 = -75,35$$

$$1/3 \cdot b \cdot d \sqrt{f_c} = 1/3 \cdot 600 \cdot 538 \cdot \sqrt{25} = 538 \text{ mm}$$

$$V_u = 146,203 \text{ KN}$$

Syarat keperluan tulangan geser :

Bila  $V_u < V_c$  tidak diperlukan tulangan geser, hanya tulangan geser praktis.

Bila  $0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c < V_u < \emptyset \cdot V_c$ , gunakan tulangan geser minimum.

Bila  $V_u > \emptyset \cdot V_c$ , diperlukan tulangan geser.

Dimana :

$$V_u < V_c = 146,203 \text{ KN} < 386,58 \text{ KN}$$

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c < V_u < \emptyset \cdot V_c = 147,335 \text{ KN} > 146,203 \text{ KN} < 221 \text{ KN}$$

$$V_u > \emptyset \cdot V_c = 146,203 \text{ KN} < 221 \text{ KN}$$

Jadi tulangan geser yang dipakai hanya tulangan geser praktis.

Spasi maksimum adalah (**SNI 03-2847-2013**)

Bila  $V_s < 1/3 \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$ , jarak maksimum  $d/2$  atau 600 mm

Bila  $V_s > 1/3 \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$ , jarak maksimum  $d/4$  atau 300 mm

Syarat spasi maksimum  $d/4 < 300 \text{ mm}$

$$S < \frac{d}{2} \leq 300 \text{ mm}$$

$$S = 110,25 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$$

- Dipasang  $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

#### **4.2.4.6 Penulangan Kolom yang Terpasang**

Penulangan balok anak yang terpakai atau yang akan dipasang yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.14.** Penulangan Kolom Lantai Ground - Lantai 1

Kode Kolom	Dimensi cm	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal	
			lo	Luar lo
C1	400 x 1500	26D22	7D10-100	7D10-200
C1a	400 x 1500	28D22	7D10-100	7D10-200
C1b	400 x 1500	26D22	7D10-100	7D10-200
C2	400 x 1650	30D22	7D10-100	7D10-200
C4	350 x 350	4D22 + 4D16	D10-100	D10-200
C6	400 x 800	12D22	5D10-100	5D10-100
C7	300 x 400	6D19	D10-100	D10-100
C9	350 x 350	8D16	D10-100	D10-200
C12	200 x 300	6D6	D10-100	D10-200
C0	550 x 550	12D22	D10-200	D10-200

**Tabel 4.15.** Penulangan Kolom Lantai 2 – Lantai 7

Kode Kolom	Dimensi cm	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal	
			lo	Luar lo
C1	400 x 1200	24D22 ~ 18 D22	7D10-100	7D10-200
C1x	400 x 1200	24D22 + 6D22	7D10-100	7D10-200
C1a	400 x 1200	20D22 ~ 18 D22	7D10-100	7D10-200
C1b	400 x 1200	18D22 ~ 16 D22	7D10-100	7D10-200
C1d	400 x 1200	20D22 ~ 16 D22	7D10-100	7D10-200
C1dx	400 x 1200	20D22 + 2D22	7D10-100	7D10-200
C2	400 x 1300	28D22	7D10-100	7D10-200
C2x	400 x 1300	28D22 + 6D22	7D10-100	7D10-200
C4	350 x 350	4D22 + 4D16	D10-100	D10-200
C9	350 x 350	8D16	D10-100	D10-200
C12	200 x 300	6D16	D10-100	D10-200
CP5	300 x 300	6D16	D10-100	D10-200

**Tabel 4.16.** Penulangan Kolom Roof Top

Kode Kolom	Dimensi cm	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal	
			lo	Luar lo
C7	300 x 400	6D19	D10-100	D10-100
C8	200 x 300	4D16	D10-100	D10-200
C21	300 x 600	8D22	D10-100	D10-200
C22	300 x 950	12D22	5D10-100	5D10-100
C24	350 x 350	4D19 + 4D16	D10-100	D10-100
CP5	300 x 300	6D16	D10-100	D10-200

#### **4.2.5. Perencanaan Pondasi**

Pondasi merupakan struktur bangunan paling bawah yang berfungsi untuk meneruskan dan menahan beban yang bekerja pada struktur bagian atas agar bangunan tersebut tetap kokoh dan kuat akibat gaya lateral dan gravitasi yang terjadi pada struktur tersebut.

Untuk merencanakan pondasi suatu struktur bangunan, perlu mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis tanah, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis dan memungkinkan pelaksanaannya untuk gedung tinggi.

##### **4.2.5.1 Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Kekuatan Bahan**

Berdasarkan spesifikasi dari PT. Indopora direncanakan tiang pancang beton dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Dimensi tiang pancang= 60 x 60 cm
- Tebal selimut beton= 50 mm
- Kedalaman tiang (L)= 24 m
- Mutu beton ( $f_c'$ )= 25 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ )= 300 MPa
- $P_b$ = 270,98 ton (tabel spek pancang PT. Indopora)

##### **4.2.5.2 Daya Dukung Pondasi Terhadap Kekuatan Tanah**

Berdasarkan data sondir/ CPT (Cone Penetration Test) daya dukung ijin pondasi dihitung berdasarkan nilai konus dari hasil sondir sampai kedalaman 19 m. Dari data sondir, didapatkan  $QC = 240 \text{ kg/cm}^2$  dan  $JHL = 2000 \text{ kg/cm}$

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{(Q \cdot A)}{3} + \frac{(J \cdot K)}{5}$$

Dimana :

$P$ = Daya dukung tiang pancang (Kg)

$QC$ = Nilai konus ( $\text{kg/cm}^2$ )

JHL= Jumlah hambatan lekat (Kg/cm)

AP= Luas penampang tiang (Cm<sup>2</sup>)

Ka= Keliling penampang tiang (Cm)

Sehingga :

$$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{2}{3}x_2 + \frac{2}{5}x_1 = 207000\ kg = 207\ ton$$

Daya dukung 1 tiang pancang berdasarkan data sondir/ CPT = 207 ton

#### 4.2.5.3 Kebutuhan Tiang Pancang

Beban yang harus dipikul oleh 1 kelompok tiang :

Beban aksial kolom	= 445700 kg	
Beban pile cap	= 0,7 x 3,75 x 3,75 x 2400	= 236250 kg
<u>Berat sloof</u>	<u>= 0,45 x 0,6 x 6 x 2400</u>	<u>= 3888 kg</u>
		= 685838 kg

Jadi jumlah kebutuhan tiang pancang untuk satu kelompok :

$$n = \frac{P}{P_{ti}} + \frac{6,8}{2} = 3,31\ buah$$

Untuk antisipasi keamanan struktur dipakai 5 buah tiang pancang ukuran 60 x 60 cm.

#### 4.2.5.4 Perencanaan Kelompok Tiang

Dalam tugas akhir ini menggunakan tiang pancang produk PT. Indopora dengan penampang 60 x 60 cm. Perhitungan jarak tiang berdasarkan Dirjen Bina Marga.

Untuk jarak antar tiang pancang :

- Jarak antar tiang pancang :

Syarat : 2,5 D S" 3 D

$$2,5 \times 60 \quad S" \quad 3 \times 60$$

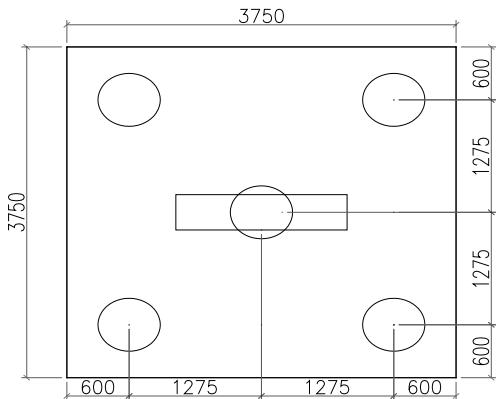
$$150 \quad S" \quad 180 \quad \text{dipakai } S" = 165\ cm$$

- Jarak as ke tepi pile cap :

$$\text{Syarat : } 1,5 D \quad S'' \quad 2 D$$

$$1,5 \times 60 \quad S'' \quad 2 \times 60$$

$$90 \quad S'' \quad 120 \quad \text{dipakai } S'' = 100 \text{ cm}$$



**Gambar 4.26.** Denah Tiang Pancang

#### 4.2.5.5 Perhitungan Efisiensi Tiang Pancang Dalam Kelompok

$$\text{Efisiensi (n)} = 1 - 0 \frac{m(n-1) + n(n-1)}{9 \cdot m \cdot n}$$

Dimana : m = Jumlah pancang dalam arah Y

n = Jumlah pancang dalam arah X

$$= \text{Arc tg } D/s$$

$$= \text{Arc tg } (60/165) = 19,8$$

D = Panjang sisi tiang pancang

S = Jarak antar as tiang pancang

Efisiensi pile group tiang

$$n = 1 - 19,8 \frac{2(2-1) + 2(2-1)}{9 \cdot 2 \cdot 2} = 0,78$$

$$\text{Pile group tiang} = x P \text{ ijin}$$

$$= 0,78 \times 207 \times 4$$

$$\text{Pile group tiang} = 645,84 > P = 460,3 \text{ ton (OK)}$$

#### 4.2.5.6 Kontrol Tegangan Maksimum Pada Tiang Pancang Kelompok

Beban maksimum yang bekerja pada 1 tiang dalam kelompok tiang di hitung berdasarkan gaya aksial dan momen-momen yang bekerja pada tiang tersebut. Secara umum rumus yang dipakai untuk menghitung beban maksimum pada 1 tiang:

$$P_{maks} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M \cdot Y}{\Sigma Y^2} + \frac{M \cdot X}{\Sigma X^2} < n \times P_{ijin}$$

Dimana :

P <sub>maks</sub>	= beban maksimum yang diterima oleh tiang pancang
P	= jumlah total beban normal
M <sub>x</sub>	= momen yang terjadi pada bidang yang tegak lurus sumbu-X
M <sub>y</sub>	= momen yang terjadi pada bidang yang tegak lurus sumbu-Y
N	= banyaknya tiang pancang dalam kelompok tiang (pile group)
X <sub>maks</sub>	= absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
Y <sub>maks</sub>	= kordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
X <sub>2</sub>	= jumlah kuadrat absis-absis tiang
Y <sub>2</sub>	= jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang

Maka dari rumus dapat dihitung :

$$X_2 = 4 \times 0,625^2 = 1,56 \text{ m}^2$$

$$Y_2 = 4 \times 0,625^2 = 1,56 \text{ m}^2$$

Beban yang bekerja pada 1 tiang pancang dalam kelompok berdasarkan jarak pancang ke sumbu netral :

$$P_1 = \frac{4 \cdot 3}{4} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6}{1,5} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6}{1,5} = 114,8 \text{ ton}$$

$$P_2 = \frac{4 \cdot 3}{4} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6}{1,5} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6}{1,5} = 141,6 \text{ ton}$$

$$P_3 = \frac{4 \cdot 3}{4} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6}{1,5} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6}{1,5} = 8,8 \text{ ton}$$

$$P_4 = \frac{4 \cdot 3}{4} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6}{1,5} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6}{1,5} = 115,4 \text{ ton}$$

P<sub>maks</sub> = P<sub>2</sub> = 142,5 ton < P<sub>ijin</sub> = 207 ton (OK)

#### 4.2.6 Perencanaan Pile Cap

Perencanaan pile cap sama seperti perencanaan struktur balok, dimana perhitungannya meliputi perhitungan tulangan lentur dan perhitungan tulangan geser. Adapun data-data perencanaan untuk perhitungan pile cap sebagai berikut :

- Dimensi pile cap = 375 cm x 375 cm
- Tebal pile cap = 130 cm
- Dimensi kolom = 40 cm x 1200 cm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 25 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 300 Mpa
- D tulangan utama = 22 mm
- Selimut beton = 70 mm
- Tinggi efektif ( $d_x$ ) =  $1300 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 1217,5$  mm
- Tinggi efektif ( $d_y$ ) =  $1300 - 70 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 1195,5$  mm

##### 4.2.6.1 Penulangan Arah X

Dari perhitungan P1, diperoleh beban P arah x terbesar yakni P1 dan P2.

$$\begin{aligned} Mu &= (P1 \times 0,625) + (P2 \times 0,625) \\ &= (114,8 \times 0,625) + (141,6 \times 0,625) \\ &= 160,25 \text{ tonm} = 1602500000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = Mu / 0,8 = 1602500000 / 0,8 = 2017187500 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{perlu} &= \frac{1}{m} + \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R}{f}} \right) \\ &= \frac{1}{1,4} + \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,4 \times 1,9}{4}} \right) = 0,005 \end{aligned}$$

perlu > min → pakai perlu

Tulangan perlu :

$$As = b d = 0,005 \times 3750 \times 1217,5 = 22828,125 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 19 D22 ( $As = 22820,2 \text{ mm}^2$ )

Jarak pemasangan tulangan :

$$S = \frac{3 - (2 \times 7) - (2 \times 2)}{(1 - 1)} = 209,76 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D22 – 200 mm

#### 4.2.6.2 Penulangan Arah Y

Dari perhitungan P1 – P4, diperoleh beban P arah y terbesar yakni P1 dan P2.

$$\begin{aligned} Mu &= (P2 \times 0,625) + (P4 \times 0,625) \\ &= (141,6 \times 0,625) + (115,4 \times 0,625) \\ &= 160,6 \text{ tonm} = 1606000000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = Mu / 0,8 = 1606000000 / 0,8 = 2007500000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{perlu} &= \frac{1}{m} + \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2xm \times R}{f}} \right) \\ &= \frac{1}{1,4} + \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,4 \times 1,9}{4}} \right) = 0,005 \end{aligned}$$

min > perlu < maks → pakai perlu

Tulangan perlu :

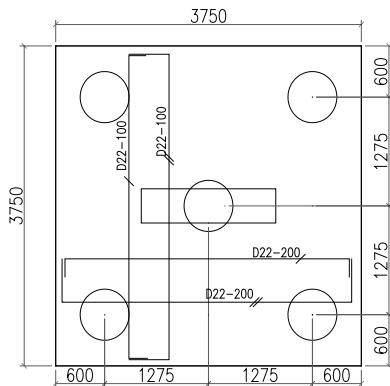
$$As = b d = 0,005 \times 3750 \times 1195,5 = 22415,63 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 19 D22 (As = 22820,2 mm<sup>2</sup>)

Jarak pemasangan tulangan :

$$S = \frac{3 - (2 \times 7) - (2 \times 2)}{(1 - 1)} = 197,77 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D22 – 100 mm



**Gambar 4.27.** Detail Tulangan Pile Cap

#### 4.2.7 Perhitungan Sloof

##### 4.2.7.1 Data-data Perencanaan

Gaya aksial kolom terbesar	= 4317,39 kN (Pu kolom)
Pu = 10% x 4317,39 kN	= 431,739 kN
Dimensi sloof	= 450 x 750 mm
Mutu beton (fc')	= 35 MPa
Mutu baja (fy)	= 300 MPa
Tulangan utama	= D22
Tulangan sengkang	= D10
Selimut beton	= 50 mm
d = 750 – 50 – 10 – (1/2 × 22)	= 679 mm

##### 4.2.7.2 Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom. Beban yang diterima sloof:

$$\begin{aligned} \text{berat sendiri} &= 0,45 \times 0,75 \times 2400 = 810 \text{ kg/m} \\ \text{berat dinding} &= 4 \times 250 = \underline{\underline{1000 \text{ kg/m}}} + \\ &\quad \text{DL} = 1810 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q_u = 1,2 \times 1810 = 2172 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{1} \cdot q_u \cdot 1^2 = \frac{1}{1} \times 2172 \times 6^2 \\ &= 6516 \text{ kgm} = 65,16 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$P_u \text{ sloof} = 431,739 \text{ kN}$$

Dipasang tulangan : 5 D22 (As = 3039,5 mm<sup>2</sup>)

#### 4.2.7.3 Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} \times 2172 \times 6 = 6516 \text{ kg} = 63900 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \times \frac{1}{6} \sqrt{f c' \cdot b} \left[ 1 + \frac{N}{A} \right] \\ &= 2 \times \frac{1}{6} \sqrt{35 \times 450 \times 673} \left[ 1 + \frac{4}{1 \times 4 \times 7} \right] \\ &= 311157,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$0,5 \varnothing V_c = 0,5 \times 0,75 \times 311157,8 \text{ N} = 116684,2 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas didapat:

$$V_u = 0,5 \times \varnothing V_c$$

$$63900 \text{ N} < 116684,2 \text{ N}$$

Untuk angka keamanan maka pada sloof dipasang tulangan geser minimum.

Direncanakan  $A_v = 2D10$  (226,1 mm)

$$A_v = \frac{1}{3} \cdot \frac{b \cdot s}{f}$$

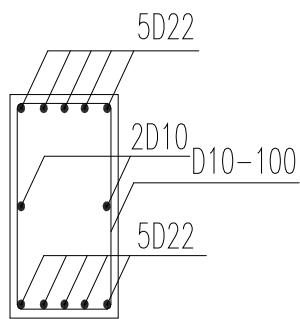
Dari persamaan di atas maka jarak tulangan geser adalah:

$$S = \frac{A \cdot f \cdot 3}{b} = \frac{2 \cdot 1 \times 3 \times 3}{4} = 452,2 \text{ mm}$$

Jarak tulangan geser tidak boleh lebih dari  $d/2$  atau 300 mm

$$S = \frac{d}{2} = \frac{6}{2} = 339,5 \text{ mm}$$

Jadi tulangan geser pada slogan dipakai D10 – 100 mm



**Gambar 4.28.** Detail Penulangan Sloof

#### 4.2.8 Rekapitulasi Biaya Pembangunan Gedung Hotel Ibis Budget Diponegoro

**Tabel 4.17.** Rekapitulasi Biaya Pembangunan Hotel Ibis Budget 1

No.	Nama Pekerjaan	Unit	Qty Info	Harga Satuan Rp.	Total Harga Rp.
I.	PILE CAP	m3	291.4	Rp 1,251,000.00	Rp 364,541,400.00
II.	SLOOF / Foundation Beam	m3	64.46	Rp 1,251,000.00	Rp 80,639,460.00
III.	BALOK	m3	415.78	Rp 1,251,000.00	Rp 520,140,780.00
IV.	PELAT	m3	490.61	Rp 1,251,000.00	Rp 613,753,110.00
V.	KOLOM	m3	344.19	Rp 1,251,000.00	Rp 430,581,690.00
VI.	TANGGA	m3	43.7	Rp 1,251,000.00	Rp 54,668,700.00
				<b>TOTAL</b>	<b>Rp 2,064,325,140.00</b>

**Tabel 4.18.** Rekapitulasi Biaya Pembangunan Hotel Ibis Budget 2

No.	Nama Pekerjaan	Unit	Qty Info	Harga Satuan Rp.	Total Harga Rp.
I.	PILE CAP	m3	291.4	Rp 1,251,000.00	Rp 364,541,400.00
II.	SLOOF / Foundation Beam	m3	64.46	Rp 1,251,000.00	Rp 80,639,460.00
III.	BALOK	m3	415.78	Rp 1,251,000.00	Rp 520,140,780.00
IV.	PELAT	m3	490.61	Rp 1,251,000.00	Rp 613,753,110.00
V.	DINDING SHEARWALL	m3	120.04	Rp 1,251,000.00	Rp 150,170,040.00
VI.	KOLOM	m3	344.19	Rp 1,251,000.00	Rp 430,581,690.00
VII.	TANGGA	m3	43.7	Rp 1,251,000.00	Rp 54,668,700.00
				<b>TOTAL</b>	<b>Rp 2,214,495,180.00</b>