BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1.1 Perhitungan Kategori Desain Seismik (KDS)

1. Perhitungan nilai SPT rata – rata ($\dot{N}$) berdasarkan (SNI 1726:2012) pasal 5.4.2

Nilai ($\dot{N}$) harus ditentukan sesuai dengan persamaan2.3 berikut :

$$\dot{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} di}{\sum_{i-1}^{n} \frac{di}{Ni}}$$

Keterangan:

$\dot{N}$ = nilai tahanan penetrasi rata – rata

d_i = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0-30 m

Tabel 1.1Perhitungan nilai N-SPT

Lapisan ke	Tebal lapisan tanah	Jenis lapisan tanah	Nilai N-SPT
1	2	Batu kapur	13
2	2	Lanau kelempungan sedikit pasir	5
3	2	Lanau kelempungan sedikit pasir	7
4	2	Lanau kelempungan	9
5	2	Lanau kelempungan	8
6	2	Lanau kelempungan	10
7	2	Lanau kelempungan	13
8	2	Lanau kelempungan	16
9	2	Lanau kelempungan sedikit batu kerikil	20
10	2	Lanau kelempungan	23

11	2	Lanau kelempungan sedikit batu kerikil	27
12	2	Lanau kelempungan sedikit batu kerikil	31
13	2	Lanau kelempungan	25
14	2	Lanau kelempungan	26
15	2	Lanau kelempungan	24

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

Sehingga didapatkan nilai $\dot{N}$ sebagai berikut :

$$\dot{N} = \frac{(2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2)}{\left(\frac{2m}{13}\right)+\left(\frac{2m}{5}\right)+\left(\frac{2m}{7}\right)+\left(\frac{2m}{9}\right)+\left(\frac{2m}{8}\right)+\left(\frac{2m}{10}\right)+\left(\frac{2m}{13}\right)+\left(\frac{2m}{16}\right)+\left(\frac{2m}{20}\right)+\left(\frac{2m}{23}\right)+\left(\frac{2m}{27}\right)+\left(\frac{2m}{31}\right)+\left(\frac{2m}{25}\right)+\left(\frac{2m}{26}\right)+\left(\frac{2m}{24}\right)}$$

$$\dot{N} = \frac{30}{2{,}356 \text{ m}}$$

$$\dot{N} = 12{,}731$$

2. Menentukan Klasifikasi Situs Tanah

Berdasarkan Tabel 2.8, klasifikasi situs hasil perhitungan nilai SPT rata rata ($\dot{N}$) = 12,731 termasuk dalam kategori Tanah Lunak (SE) karena :

$\dot{N} < 15$.

3. Menentukan nilai PGA berdasarkan Peta Gempa Indonesia pada Gambar 2.10 yaitu :

a) Lokasi gempa berada di Palembang – Tanah lunak
PGA = 0,146 g

4. Menentukan nilai parameter percepatan gempa S_S (percepatan batuan dasar pada periode pendek).

a) Bersumber pada Peta Gempa Indonesia Gambar 2.11, dengan lokasi gempa berada di Palembang maka didapatkan nilai S_S.
S_S = 0,262 g

5. Menghitung nilai F_a (koefisien situs untuk periode pendek)

a) Berdasarkan klasifikasi situs tanah *SE* dan nilai parameter percepatan gempaS_S (percepatan batuan dasar pada periode pendek) = 0,262 g, berada di $S_S \leq$ 0,25, maka didapatkan nilai$F_a$sesuai pada Tabel 2.12 adalah
F_a = 2,462

6. Menentukan nilai parameter S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik)

a) Bersumber pada Peta Gempa Indonesia Gambar 2.12 dengan lokasi gempa berada di Palembang maka didapatkan nilai S_1.
$S_1 = 0{,}164g$

7. Menghitung nilai f_v (koefisien situs untuk periode 1 detik)

a) Berdasarkan klasifikasi situs tanah *SE* dan nilai parameter percepatan gempaS_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1detik) = 0,164 *g*, berada di $S_1 \geq$ 0,1, maka didapatkan nilai$f_v$sesuai pada Tabel 2.13 adalah
$F_v = 3{,}309$

8. Menghitung nilai S_{MS}(parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek) dan S_{M1}(parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik) berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.2

$S_{MS} = F_a S_S = 2{,}462 \text{ x } 0{,}262 = 0{,}645\ g$
$S_{M1} = F_v S_1 = 3{,}309 \text{ x } 0{,}164 = 0{,}543g$

9. Menghitung nilai S_{DS}(parameter percepatan spektral desain periode pendek) dan S_{D1} (parameter percepatan spektral desain periode 1 detik) berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.3

$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = 2/3 \text{ x } 0{,}645 = 0{,}430$
$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = 2/3 \text{ x } 0{,}543 = 0{,}362$

10. Menentukan kategori resiko bangunan gedung

Untuk Beban Gempa berdasarkan pada Tabel 2.11 termasuk dalam kategori resiko IV karena gedung ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting sebagai rumah sakit & fasilitas kesehatan yang memiliki fasilitas bedah & unit gawat darurat.

11. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan S_{DS} (parameter percepatan spektral desain periode pendek) dan S_{D1} (parameter percepatan spektral desain periode 1 detik) menurut Tabel 2.14, Tabel 2.15

a) Karena S_{DS} = 0,430 berada diantara $0{,}33 \leq S_{DS} \leq 0{,}50$ dan bangunan termasuk dalam kategori resiko IV, maka didapatkan Kategori Desain Seismik (KDS) D.

b) Karena S_{D1} = 0,362 berada diantara 0,20≤ S_{D1} dan bangunan termasuk dalam kategori resiko IV, maka didapatkan Kategori Desain Seismik (KDS) D.

Dapat disimpulkan bahwa Kategori Desain Seismik (KDS) pada perencanaan Gedung Rumah Sakit ini yaitu berada pada Level D.

12. Membuat Spektrum Respons berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.4

a) Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0, spektrum respons percepatan desain, S_a, sebagai berikut :

$S_a = S_{DS}(0{,}4 + 0{,}6\frac{T}{T0})$

$= 0{,}430(0{,}4 + 0{,}6\frac{0}{0{,}168})$

$= 0{,}172$

b) Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0dan lebih kecil dari atau sama dengan Ts, spektrum respons percepatan desain, S_a, sama dengan S_{DS}

$S_a = S_{DS}$

$S_a = 0{,}430$

c) Perhitungan nilai T_0 adalah sebagai berikut :

$T_0 = 0{,}2\frac{SD1}{SDS}$

$T_0 = 0{,}2\frac{0{,}362}{0{,}430}$

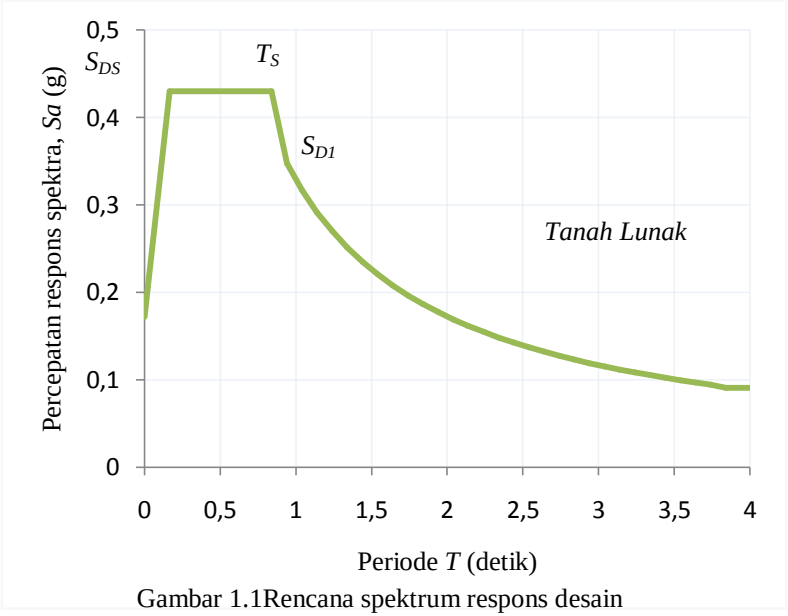
$T_0 = 0{,}168$

d) Perhitungan nilai T_s adalah sebagai berikut :

$Ts = \frac{SD1}{SDS}$

$T_s = \frac{0{,}362}{0{,}430}$

$T_s = 0{,}841$



Gambar 1.1Rencana spektrum respons desain

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

1.2 Perhitungan Preliminari Desain Struktur

Langkah awal dalam mendesain struktur bangunan yaitu menentukan dimensi penampang struktur yang akan direncanakan.

1.2.1 Struktur Primer

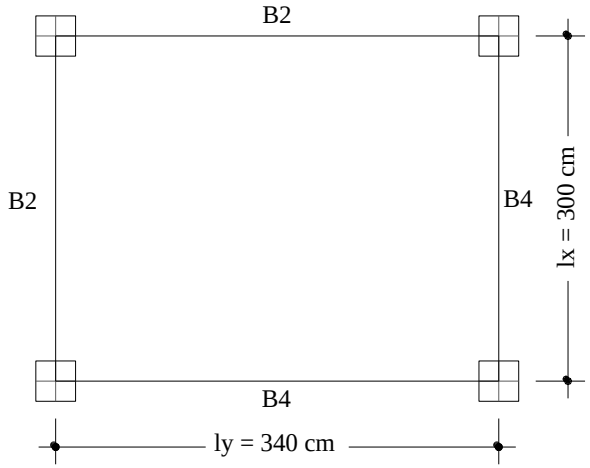
1. Preleminari dimensi pelat

A. Pelat atap (P1)

Data Perencanaan :

1) Tebal pelat (hf) : 10 cm
2) Pelat sumbu panjang (L_y) : 340 cm
3) Pelat sumbu pendek (L_x) : 300 cm
4) Pelat menumpu pada :
   - Balok B240/65
   - Balok B225/40
   - Balok B4 40/65
   - Balok B4 25/40

Perhitungan rencana dimensi pelat :



Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$lyn = ly - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lyn = 340 - \frac{40}{2} - \frac{25}{2}$$

$$lyn = 307{,}5 \text{ cm}$$

Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$lxn = lx - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lxn = 300 - \frac{40}{2} - \frac{25}{2}$$

$$lxn = 267{,}5 \text{ cm}$$

Rasio bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek,

$$\beta = \frac{lyn}{lxn} = 1{,}15 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Menentukan lebar efektif sayap balok-T berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

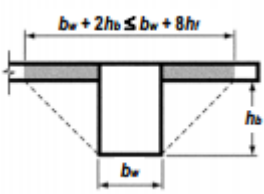
a) Balok B2(40/65)

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 40 + 2(65 - 10)$$

$$b_{e1} = 150 \text{ cm}$$



$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 40 + 8(10)$$

$$b_{e2} = 120 \text{ cm}$$

Dipakai nilai terkecil $b_e = 120$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{120}{40}-1) \times (\frac{10}{65}) \times [4-6(\frac{10}{65}) + 4(\frac{10}{65})^2 + (\frac{120}{40}-1) \times (\frac{10}{65})^3]}{1 + (\frac{120}{40}-1) \times (\frac{10}{65})}$$

$$= 1{,}513$$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}513 \times \frac{1}{12} \times 40 \times (65)^3$

$I_b = 1384730\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 300 \times (10)^3$

$I_p = 25000\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 55{,}389$

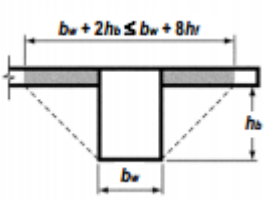
a) Balok B4(25/40)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 25 + 2(40 - 10)$

$b_{e1} = 85$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 25 + 8(10)$

$b_{e2} = 105$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 85$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{85}{25}-1) \times (\frac{10}{40}) \times [4-6(\frac{10}{40}) + 4(\frac{10}{40})^2 + (\frac{85}{25}-1) \times (\frac{10}{40})^3]}{1 + (\frac{85}{25}-1) \times (\frac{10}{40})}$$

$= 1{,}67$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}67 \times \frac{1}{12} \times 25 \times (40)^3$

$I_b = 222708\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 300 \times (10)^3$

$I_p = 25000\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 8{,}91$

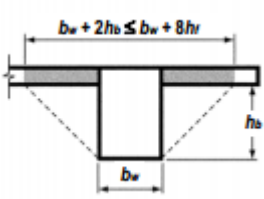
b) Balok B2 (40/65)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 40 + 2(65 - 10)$

$b_{e1} = 150$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 40 + 8(10)$

$b_{e2} = 120$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 120$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{120}{40}-1) \times (\frac{10}{65}) \times [4-6(\frac{10}{65}) + 4(\frac{10}{65})^2 + (\frac{120}{40}-1) \times (\frac{10}{65})^3]}{1 + (\frac{120}{40}-1) \times (\frac{10}{65})}$$

$= 1{,}513$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}513 \times \frac{1}{12} \times 40 \times (65)^3$

$I_b = 1384730\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 300 \times (10)^3$

$I_p = 25000\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 55{,}39$

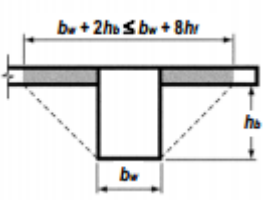
c) Balok B4(25/40)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 25 + 2(40 - 10)$

$b_{e1} = 85$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 25 + 8(10)$

$b_{e2} = 105$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 85$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{85}{25}-1) \times (\frac{10}{40}) \times [4-6(\frac{10}{40}) + 4(\frac{10}{40})^2 + (\frac{85}{25}-1) \times (\frac{10}{40})^3]}{1 + (\frac{85}{25}-1) \times (\frac{10}{40})}$$

$= 1{,}67$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}67 \times \frac{1}{12} \times 20 \times (35)^3$

$I_b = 222708\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 300 \times (10)^3$

$I_p = 25000\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 8{,}91$

Dari keempat balok diatas didapatkan rata – rata :

$\alpha_m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{4}$

$\alpha_m = \frac{55{,}389 + 8{,}908 + 55{,}389 + 8{,}908}{4}$

$\alpha_m = 32{,}149 > 2$

Berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3c)

untuk $\alpha_m > 2$, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$h = lyn \times \frac{0{,}8 + fy/1400}{36 + 9\beta n}$

$h = 3075 \times \frac{0{,}8 + 390/1400}{36 + 9(1{,}14)}$

$h = 71{,}562\ mm$

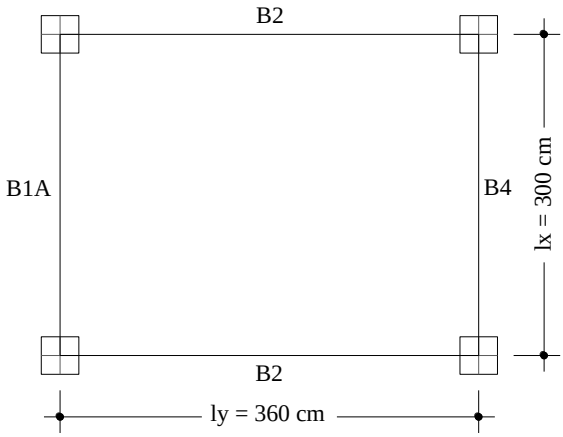
Direncanakan pelat dengan ketebalan 100 mm

B. Pelat atap (P2)

Data perencanaan :

1) Tebal pelat (hf) : 13 cm
2) Pelat sumbu panjang (L_y) : 360 cm
3) Pelat sumbu pendek (L_x) : 300 cm
4) Pelat menumpu pada :
   - Balok B2 40/65
   - Balok B240/64
   - Balok B1A 60/95
   - Balok B4 25/40

Perhitungan rencana dimensi pelat :



Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$lyn = ly - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lyn = 360 - \frac{40}{2} - \frac{40}{2}$$

$$lyn = 320 \text{ cm}$$

Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$lxn = lx - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lxn = 300 - \frac{60}{2} - \frac{25}{2}$$

$$lxn = 257{,}5 \text{ cm}$$

Rasio bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek,

$$\beta = \frac{lyn}{lxn} = 1{,}24 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Menentukan lebar efektif sayap balok-T berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

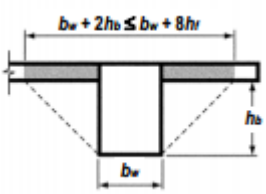
a) Balok B2 (40/65)

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 40 + 2(65 - 13)$$

$$b_{e1} = 144 \text{ cm}$$



$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 40 + 8(13)$$

$$b_{e2} = 144 \text{ cm}$$

Dipakai nilai terkecil $b_e = 144$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{144}{40}-1) \times (\frac{13}{65}) \times [4-6(\frac{13}{65}) + 4(\frac{13}{65})^2 + (\frac{144}{40}-1) \times (\frac{13}{65})^3]}{1 + (\frac{144}{40}-1) \times (\frac{13}{65})}$$

$$= 1{,}678$$

Menghitung momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$$

$$I_b = 1{,}678 \times \frac{1}{12} \times 40 \times (65)^3$$

$$I_b = 1535742 \text{ cm}^4$$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$$

$I_p = \frac{1}{12} \times 300 \times (13)^3$

$I_p = 54925\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 27{,}961$

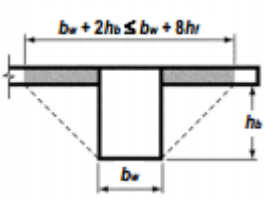
b) Balok B2(40/65)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 40 + 2(65 - 13)$

$b_{e1} = 144\ cm$



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 40 + 8(13)$

$b_{e2} = 144\ cm$

Dipakai nilai terkecil $b_e = 144\ cm$

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{144}{40}-1) \times (\frac{13}{65}) \times [4-6(\frac{13}{65}) + 4(\frac{13}{65})^2 + (\frac{144}{40}-1) \times (\frac{13}{65})^3]}{1 + (\frac{144}{40}-1) \times (\frac{13}{65})}$$

$= 1{,}678$

Momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}678 \times \frac{1}{12} \times 40 \times (65)^3$

$I_b = 1535742`\ cm^4$

Momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 300 \times (13)^3$

$I_p = 54925\ cm^4$

Rasio kekuatan balok terhadap pelat

$$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 27{,}96$$

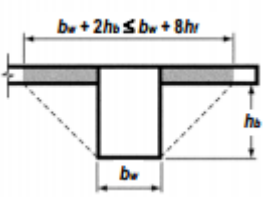
c) Balok B1A (60/95)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 60 + 2(95 - 13)$

$b_{e1} = 224$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 25 + 8(13)$

$b_{e2} = 164$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 164$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{164}{60}-1) \times (\frac{13}{95}) \times [4-6(\frac{13}{95}) + 4(\frac{13}{95})^2 + (\frac{164}{60}-1) \times (\frac{13}{95})^3]}{1 + (\frac{164}{60}-1) \times (\frac{13}{95})}$$

$= 1{,}433$

Menghitung momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$$

$$I_b = 1{,}433 \times \frac{1}{12} \times 60 \times (95)^3$$

$I_b = 6142906$ cm^4

Menghitung momen inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$$

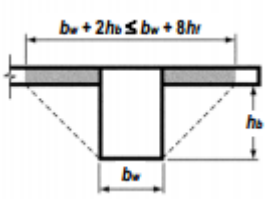
$$I_p = \frac{1}{12} \times 300 \times (13)^3$$

$I_p = 54925$ cm^4

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 111{,}84$$

d) Balok B4 (25/40)



$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 25 + 2(40 - 13)$

$b_{e1} = 79$ cm

$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 25 + 8(13)$

$b_{e2} = 129$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 79$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{95}{25}-1) \times (\frac{15}{50}) \times [4-6(\frac{15}{50}) + 4(\frac{15}{50})^2 + (\frac{95}{25}-1) \times (\frac{15}{50})^3]}{1 + (\frac{95}{25}-1) \times (\frac{15}{50})}$$

$= 1{,}638$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}638 \times \frac{1}{12} \times 25 \times (40)^3$

$I_b = 218390$ cm^4

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 300 \times (13)^3$

$I_p = 54925$ cm^4

Rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 3{,}98$

Dari keempat balok diatas didapatkan rata – rata :

$\alpha_m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{4}$

$\alpha_m = \frac{27{,}96 + 27{,}96 + 111{,}84 + 3{,}98}{4}$

$\alpha_m = 42{,}935 > 2$

Berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3c)

Untuk α_m>2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = lyn \times \frac{0{,}8 + fy/1400}{36+9\beta n}$$

$$h = 3200 \times \frac{0{,}8 + 390/1400}{36+9(1{,}39)}$$

$$h = 73{,}148 \text{ mm}$$

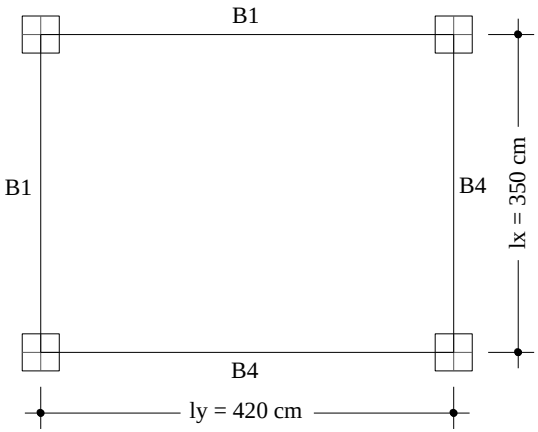
Direncanakan pelat dengan ketebalan 130 mm

C. Pelat lantai (P3)

Data perencanaan :

1) Tebal pelat (hf) : 12 cm
2) Pelat sumbu panjang (L_y) : 420 cm
3) Pelat sumbu pendek (L_x) : 350 cm
4) Pelat menumpu pada :
   - Balok B1 45/75
   - Balok B4 25/40
   - Balok B1 45/75
   - Balok B4 25/40

Perhitungan rencana dimensi pelat :



Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$lyn = ly - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lyn = 420 - \frac{45}{2} - \frac{25}{2}$$

$$lyn = 385 \text{ cm}$$

Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$lxn = lx - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lxn = 350 - \frac{45}{2} - \frac{25}{2}$$

$$lxn = 315 \text{ cm}$$

Rasio bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek,

$$\beta = \frac{lyn}{lxn} = 1{,}22 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Menentukan lebar efektif sayap balok-T berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

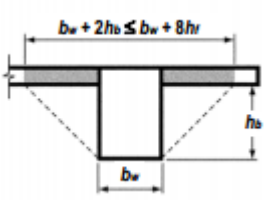
a) Balok B1 (45/75)

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 45 + 2(75 - 12)$$

$$b_{e1} = 171 \text{ cm}$$



$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 45 + 8(12)$$

$$b_{e2} = 141 \text{ cm}$$

Dipakai nilai terkecil $b_e = 141$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1 + (\frac{be}{bw} - 1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4 - 6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw} - 1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw} - 1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1 + (\frac{141}{45} - 1) \times (\frac{12}{75}) \times [4 - 6(\frac{12}{75}) + 4(\frac{12}{75})^2 + (\frac{141}{45} - 1) \times (\frac{12}{75})^3]}{1 + (\frac{141}{45} - 1) \times (\frac{12}{75})}$$

$$= 1{,}547$$

Menghitung momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$$

$$I_b = 1{,}547 \times \frac{1}{12} \times 45 \times (75)^3$$

$$I_b = 2448046 \text{ cm}^4$$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 350 \times (12)^3$

$I_p = 50400\ cm^4$

Rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 48{,}572$

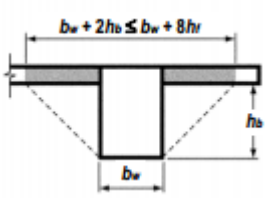
b) Balok B4 (25/40)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 25 + 2(40 - 12)$

$b_{e1} = 81$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 25 + 8(12)$

$b_{e2} = 121$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 81$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{81}{25}-1) \times (\frac{12}{40}) \times [4-6(\frac{12}{40}) + 4(\frac{12}{40})^2 + (\frac{81}{25}-1) \times (\frac{12}{40})^3]}{1 + (\frac{81}{25}-1) \times (\frac{12}{40})}$$

$= 1{,}651$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}651 \times \frac{1}{12} \times 25 \times (40)^3$

$I_b = 220172\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 350 \times (12)^3$

$I_p = 50400\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 4{,}37$

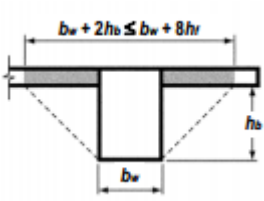
c) Balok B1 (45/75)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 45 + 2(75 - 12)$

$b_{e1} = 171\ cm$



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 45 + 8(12)$

$b_{e2} = 141\ cm$

Dipakai nilai terkecil $b_e = 141\ cm$

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{141}{45}-1) \times (\frac{12}{75}) \times [4-6(\frac{12}{75}) + 4(\frac{12}{75})^2 + (\frac{141}{45}-1) \times (\frac{12}{75})^3]}{1 + (\frac{141}{45}-1) \times (\frac{12}{75})}$$

$= 1{,}547$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}547 \times \frac{1}{12} \times 45 \times (75)^3$

$I_b = 2448046\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 350 \times (12)^3$

$I_p = 50400\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 48{,}572$

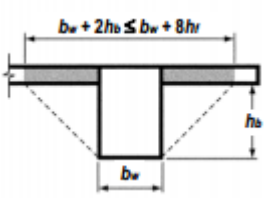
d) Balok B4 (25/40)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 25 + 2(40 - 12)$

$b_{e1} = 81$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 25 + 8(12)$

$b_{e2} = 121$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 81$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{81}{25}-1) \times (\frac{12}{40}) \times [4-6(\frac{12}{40}) + 4(\frac{12}{40})^2 + (\frac{81}{25}-1) \times (\frac{12}{40})^3]}{1 + (\frac{81}{25}-1) \times (\frac{12}{40})}$$

$= 1{,}651$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}651 \times \frac{1}{12} \times 25 \times (40)^3$

$I_b = 220172\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \text{ x } b_p \text{ x } h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \text{ x } 350 \text{ x } (12)^3$

$I_p = 50400 \text{ cm}^4$

Rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 4{,}37$

Dari keempat balok diatas didapatkan rata – rata :

$\alpha_m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{4}$

$\alpha_m = \frac{48{,}572 + 4{,}37 + 48{,}57 + 4{,}37}{4}$

$\alpha_m = 26{,}47 > 2$

Berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3c)

Untuk $\alpha_m > 2$, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$h = \text{lyn x } \frac{0{,}8 + fy/1400}{36 + 9\beta n}$

$h = 3850 \text{ x } \frac{0{,}8 + 390/1400}{36 + 9(1{,}19)}$

$h = 88{,}351 \text{ mm}$

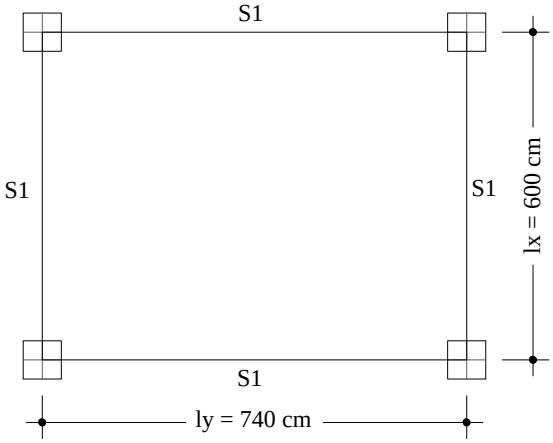
Direncanakan pelat dengan ketebalan 120 mm

D. Pelat lantai parkir (P4)

Data perencanaan :

1) Tebal pelat (hf) : 20 cm
2) Pelat sumbu panjang (L_y) : 740 cm
3) Pelat sumbu pendek (L_x) : 600 cm
4) Sloofmenumpu pada :
   - Sloof S1 40/65
   - Sloof S1 40/65
   - Sloof S1 40/65
   - Sloof S1 40/65

Perhitungan rencanadimensi pelat :



Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$lyn = ly - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lyn = 740 - \frac{40}{2} - \frac{40}{2}$$

$$lyn = 700 \text{ cm}$$

Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$lxn = lx - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lxn = 600 - \frac{40}{2} - \frac{40}{2}$$

$$lxn = 560 \text{ cm}$$

Rasio bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek,

$$\beta n = \frac{lyn}{lxn} = 1{,}25 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Menentukan lebar efektif sayap balok-T berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

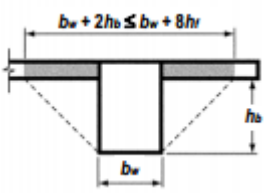
a) Sloof S1 (40/65)

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 40 + 2(65 - 20)$$

$$b_{e1} = 130 \text{ cm}$$



$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 40 + 8(20)$$

$$b_{e2} = 200 \text{ cm}$$

Dipakai nilai terkecil $b_e = 130$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \text{ x } (\frac{hf}{h}) \text{ x } [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \text{ x } (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \text{ x } (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{130}{40}-1) \text{ x } (\frac{20}{65}) \text{ x } [4-6(\frac{20}{65}) + 4(\frac{20}{65})^2 + (\frac{130}{40}-1) \text{ x } (\frac{20}{65})^3]}{1 + (\frac{130}{40}-1) \text{ x } (\frac{20}{65})}$$

$$= 1{,}654$$

Menghitung momen inersia penampang T

$$I_b = k \text{ x } \frac{1}{12} \text{ x } b_w \text{ x } h^3$$

$$I_b = 1{,}654 \text{ x } \frac{1}{12} \text{ x } 40 \text{ x } (65)^3$$

$$I_b = 1513883 \text{ cm}^4$$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 600 \times (20)^3$

$I_p = 400000\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan sloof terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 3{,}785$

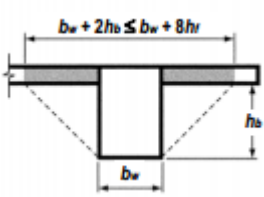
b) Sloof S1 (40/65)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 40 + 2(65 - 20)$

$b_{e1} = 130\ cm$



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 40 + 8(20)$

$b_{e2} = 200\ cm$

Dipakai nilai terkecil $b_e = 130\ cm$

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{130}{40}-1) \times (\frac{20}{65}) \times [4-6(\frac{20}{65}) + 4(\frac{20}{65})^2 + (\frac{130}{40}-1) \times (\frac{20}{65})^3]}{1 + (\frac{130}{40}-1) \times (\frac{20}{65})}$$

$= 1{,}654$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}654 \times \frac{1}{12} \times 40 \times (65)^3$

$I_b = 1513883\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 600 \times (20)^3$

I_p= 400000 cm^4

Menghitung rasio kekuatan sloof terhadap pelat

$$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 3{,}785$$

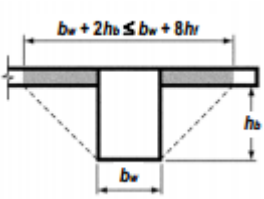
c) Sloof S1 (40/65)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 40 + 2(65 - 20)$

b_{e1}= 130 cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 40 + 8(20)$

b_{e2}= 200 cm

Dipakai nilai terkecil b_e= 130 cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{130}{40}-1) \times (\frac{20}{65}) \times [4-6(\frac{20}{65}) + 4(\frac{20}{65})^2 + (\frac{130}{40}-1) \times (\frac{20}{65})^3]}{1 + (\frac{130}{40}-1) \times (\frac{20}{65})}$$

= 1,654

Menghitung momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$$

$$I_b = 1{,}654 \times \frac{1}{12} \times 40 \times (65)^3$$

I_b = 1513883 cm^4

Menghitung momen inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 600 \times (20)^3$$

I_p= 400000 cm^4

Menghitung rasio kekuatan sloof terhadap pelat

$$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 3{,}785$$

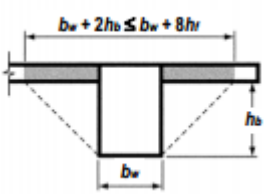
d) Sloof S1 (40/65)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 40 + 2(65 - 20)$

$b_{e1} = 130$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 40 + 8(20)$

$b_{e2} = 200$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 130$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{130}{40}-1) \times (\frac{20}{65}) \times [4-6(\frac{20}{65}) + 4(\frac{20}{65})^2 + (\frac{130}{40}-1) \times (\frac{20}{65})^3]}{1 + (\frac{130}{40}-1) \times (\frac{20}{65})}$$

$= 1{,}654$

Menghitung momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$$

$$I_b = 1{,}654 \times \frac{1}{12} \times 40 \times (65)^3$$

$I_b = 1513883$ cm^4

Menghitung momen inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 600 \times (20)^3$$

$I_p = 400000$ cm^4

Menghitung rasio kekuatan sloof terhadap pelat

$$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 3{,}785$$

Dari keempat balok diatas didapatkan rata – rata :

$$\alpha_m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{3{,}785 + 3{,}785 + 3{,}785 + 3{,}785}{4}$$

$$\alpha_m = 3{,}785 > 2$$

Berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3c)

Untuk $\alpha_m > 2$, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = lyn \times \frac{0{,}8 + fy/1400}{36 + 9\beta n}$$

$$h = 7000 \times \frac{0{,}8 + 390/1400}{36 + 9(1{,}18)}$$

$$h = 159{,}79 \text{ mm}$$

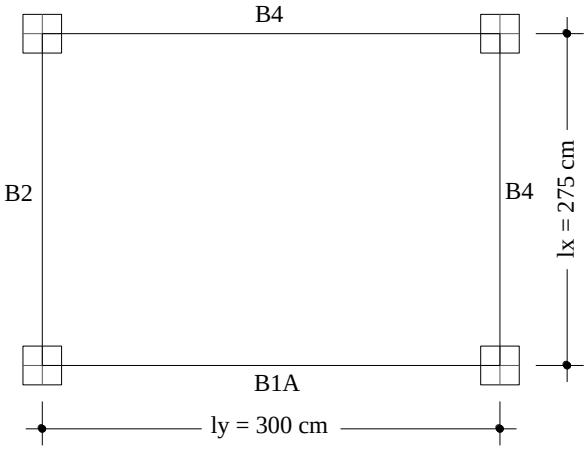
Direncanakan pelat dengan ketebalan 200 mm

E. Pelat lantai (P5)

Data perencanaan :

a) Tebal pelat (hf) : 18 cm
b) Pelat sumbu panjang (L_y) : 300 cm
c) Pelat sumbu pendek (L_x) : 275 cm
d) Balok menumpu pelat :
   - Balok B425/40
   - Balok B1A 60/95
   - Balok B2 40/65
   - Balok B4 25/40

Perhitungan rencana dimensi pelat :



Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$lyn = ly - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lyn = 300 - \frac{25}{2} - \frac{60}{2}$$

$$lyn = 257{,}5 \text{ cm}$$

Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$lxn = lx - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$lxn = 275 - \frac{40}{2} - \frac{25}{2}$$

$$lxn = 242{,}5 \text{ cm}$$

Rasio bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek,

$$\beta = \frac{lyn}{lxn} = 1{,}06 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Menentukan lebar efektif sayap balok-T berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

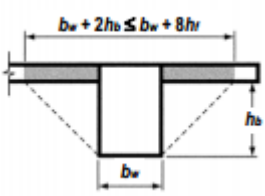
a) Balok B4 (25/40)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 25 + 2(40 - 18)$

$b_{e1} = 69$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 25 + 8(18)$

$b_{e2} = 169$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 69$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{69}{25}-1) \times (\frac{18}{40}) \times [4-6(\frac{18}{40}) + 4(\frac{18}{40})^2 + (\frac{69}{25}-1) \times (\frac{18}{40})^3]}{1 + (\frac{69}{25}-1) \times (\frac{18}{40})}$$

$= 1{,}562$

Menghitung momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$$

$$I_b = 1{,}562 \times \frac{1}{12} \times 25 \times (40)^3$$

$$I_b = 208195 \text{ cm}^4$$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$$

$I_p = \frac{1}{12} \times 275 \times (18)^3$

$I_p = 133650\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 1{,}558$

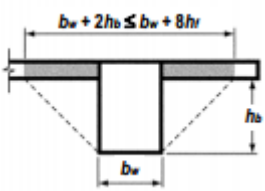
b) Balok B1A (60/95)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 60 + 2(95 - 18)$

$b_{e1} = 214$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 60 + 8(18)$

$b_{e2} = 204$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 204$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{204}{60}-1) \times (\frac{18}{95}) \times [4-6(\frac{18}{95}) + 4(\frac{18}{95})^2 + (\frac{204}{60}-1) \times (\frac{18}{95})^3]}{1 + (\frac{204}{60}-1) \times (\frac{18}{95})}$$

$= 1{,}632$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}632 \times \frac{1}{12} \times 60 \times (95)^3$

$I_b = 6997881\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 275 \times (18)^3$

$I_p = 133650\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 52{,}36$$

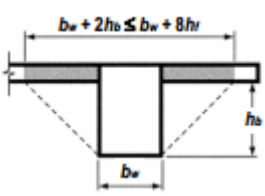
c) Balok B2 (40/65)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 40 + 2(65 - 18)$

$b_{e1} = 134$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 40 + 8(18)$

$b_{e2} = 184$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 134$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{134}{40}-1) \times (\frac{18}{65}) \times [4-6(\frac{18}{65}) + 4(\frac{18}{65})^2 + (\frac{134}{40}-1) \times (\frac{18}{65})^3]}{1 + (\frac{134}{40}-1) \times (\frac{18}{65})}$$

$= 1{,}668$

Menghitung momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$$

$$I_b = 1{,}6683 \times \frac{1}{12} \times 40 \times (65)^3$$

$I_b = 1527144\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 275 \times (18)^3$$

$I_p = 133650\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 11{,}426$$

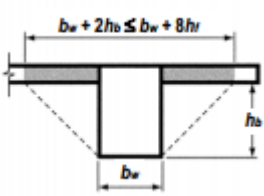
d) Balok B4 (25/40)

$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$

$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$

$b_{e1} = 25 + 2(40 - 18)$

$b_{e1} = 69$ cm



$b_{e2} = b_w + 8h_f$

$b_{e2} = 25 + 8(18)$

$b_{e2} = 169$ cm

Dipakai nilai terkecil $b_e = 69$ cm

Menghitung nilai k

$$k = \frac{1+(\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h}) \times [4-6(\frac{hf}{h}) + 4(\frac{hf}{h})^2 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})^3]}{1 + (\frac{be}{bw}-1) \times (\frac{hf}{h})}$$

$$k = \frac{1+(\frac{69}{25}-1) \times (\frac{18}{40}) \times [4-6(\frac{18}{40}) + 4(\frac{18}{40})^2 + (\frac{69}{25}-1) \times (\frac{18}{40})^3]}{1 + (\frac{69}{25}-1) \times (\frac{18}{40})}$$

$= 1{,}562$

Menghitung momen inersia penampang T

$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times h^3$

$I_b = 1{,}562 \times \frac{1}{12} \times 25 \times (40)^3$

$I_b = 208195\ cm^4$

Menghitung momen inersia lajur pelat

$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times h_f^3$

$I_p = \frac{1}{12} \times 275 \times (18)^3$

$I_p = 133650\ cm^4$

Menghitung rasio kekuatan balok terhadap pelat

$\alpha = \frac{Ib}{Ip} = 1{,}558$

Dari keempat balok diatas didapatkan rata – rata :

$\alpha_m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{4}$

$\alpha_m = \frac{1{,}558 + 52{,}36 + 11{,}43 + 1{,}558}{4}$

α_m = 16,73 > 2

Berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3c)

Untuk α_m>2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = lyn \times \frac{0,8 + fy/1400}{36+5\beta n(\alpha m - 0,2)}$$

$$h = 2575 \times \frac{0,8 + 390/1400}{36+9(1,172)x(1,031-0,2)}$$

h = 60,964 mm

Direncanakan pelat dengan ketebalan 180 mm

Tabel 1.2Rencana dimensi pelat

Tipe pelat	Bentang pelat (cm)	h (cm)
P1	300 x 340	10
P2	300 x 360	13
P3	350 x 420	12
P4	600 x 740	20
P5	275 x 300	18

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

2. Preleminari dimensi balok induk

A. Balok (B1)

Data perencanaan :

1) Tipe balok : B1
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 850 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/16 x (0,4+fy/700)	b =2/3 x h
h = 850/16 x (0,4+390/700)	b =2/3 x 50,85
h = 50,85 cm	b = 33,90 cm
h = 75 cm	b = 45 cm

Direncanakan balok induk (B1) dengan dimensi 45/75 cm

B. Balok (B1A)

Data perencanaan :

1) Tipe balok : B1A
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa

3) Bentang terpanjang : 1500 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/16 x (0,4+fy/700)	b =2/3 x h
h = 1500/16 x (0,4+390/700)	b = 2/3 x 89,73
h = 89,73 cm	b = 59,82 cm
h = 100 cm	b = 60 cm

Direncanakan balok induk (B1A) dengan dimensi 60/100 cm

C. Balok (B2)

Data perencanaan :

1) Tipe balok : B2
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 680 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/16 x (0,4+fy/700)	b =2/3 x h
h =680/16 x (0,4+390/700)	b = 2/3 x 40,68
h =40,68 cm	b =27,12 cm
h = 65 cm	b = 40 cm

Direncanakan balok induk (B2) dengan dimensi 40/65 cm

D. Balok (B3)

Data perencanaan :

1) Tipe balok : B3
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 375 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/21 x (0,4+fy/700)	b =2/3 x h
h =375/21 x (0,4+390/700)	b = 2/3 x 17,09
h =17,09 cm	b =11,39 cm
h = 35 cm	b = 25 cm

Direncanakan balok induk (B3) dengan dimensi 25/35 cm

Tabel 1.3Rencana dimensi balok induk

Tipe balok	l (cm)	b (cm)	h (cm)
B1	850	45	75
B1A	1500	60	100
B2	680	40	65
B3	375	25	35

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

3. Preleminari dimensi kolom
   A. Kolom (K1)

      Data perencanaan :

      1) Tipe kolom : K1
      2) Tinggi kolom (L_{kolom}) : 400 cm
      3) Bentang balok (L_{balok}) : 850 cm
      4) Dimensi balok
         - b_b = 60 cm
         - h_b = 95 cm

      Perhitungan dimensi :

      $$\frac{Ikolom}{Lkolom} \geq \frac{Ibalok}{Lbalok}$$

      $$\frac{\frac{1}{12} \text{x bk x hk}^3}{\text{Lkolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{x bb x hb}^3}{\text{Lbalok}}$$

      $b_k = h_k$, maka

      $$\frac{\frac{1}{12} \text{x h}k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{x 45 x (75)}^3}{850}$$

      hk ≥54,7 cm

      hk = 65 cm

      b = h = 65 cm

      Direncanakan kolom (K1) dengan dimensi 65/65 cm

   B. Kolom (K1A)

      Data perencanaan :

      1) Tipe kolom : K1A
      2) Tinggi kolom (L_{kolom}) : 450 cm
      3) Bentang balok (L_{balok}) : 850 cm
      4) Dimensi balok

- b_b = 60 cm
- h_b = 95 cm

Perhitungan dimensi :

$$\frac{Ikolom}{Lkolom} \geq \frac{Ibalok}{Lbalok}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \text{ x b}k \text{ x h}k^3}{\text{L}kolom} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{ x b}b \text{ x h}b^3}{\text{L}balok}$$

$b_k = h_k$, maka

$$\frac{\frac{1}{12} \text{ x h}k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{ x 60 x } (95)^3}{850}$$

hk ≥72,3 cm

hk = 80 cm

b = h = 80 cm

Direncanakan kolom (K1A) dengan dimensi 80/80 cm

C. Kolom (K1B)

Data perencanaan :

1) Tipe kolom : K1B
2) Tinggi kolom (L_{kolom}) : 400 cm
3) Bentang balok (L_{balok}) : 850 cm
4) Dimensi balok
   - b_b = 45 cm
   - h_b = 75 cm

Perhitungan dimensi :

$$\frac{Ikolom}{Lkolom} \geq \frac{Ibalok}{Lbalok}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \text{ x bk x hk}^3}{\text{Lkolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{ x bb x hb}^3}{\text{Lbalok}}$$

$b_k = h_k$, maka

$$\frac{\frac{1}{12} \text{ x h}k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{ x 45 x } (75)^3}{850}$$

hk ≥54,7 cm

hk = 65 cm

Direncanakan kolom (K1B) dengan dimensi diameter 65 cm

D. Kolom (K2)

Data perencanaan :

1) Tipe kolom : K2
2) Tinggi kolom (L_{kolom}) : 450 cm
3) Bentang balok (L_{balok}) : 360 cm
4) Dimensi balok
   - b_b = 25 cm
   - h_b = 40 cm

Perhitungan dimensi :

$$\frac{Ikolom}{Lkolom} \geq \frac{Ibalok}{Lbalok}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \text{ x b}k \text{ x h}k^3}{\text{L}kolom} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{ x b}b \text{ x h}b^3}{\text{L}balok}$$

$b_k = h_k$, maka

$$\frac{\frac{1}{12} \text{ x h}k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{ x } 25 \text{ x } (40)^3}{360}$$

hk ≥ 37,65 cm

hk = 40 cm

b = h = 40 cm

Direncanakan kolom (K2) dengan dimensi 40/40 cm

E. Kolom (KLF)

Data perencanaan :

1) Tipe kolom : KLF
2) Tinggi kolom (L_{kolom}) : 360 cm
3) Bentang balok (L_{balok}) : 420 cm
4) Dimensi balok
   - b_b = 25 cm
   - h_b = 40 cm

Perhitungan dimensi :

$$\frac{Ikolom}{Lkolom} \geq \frac{Ibalok}{Lbalok}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \text{ x b}k \text{ x h}k^3}{\text{L}kolom} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{ x b}b \text{ x h}b^3}{\text{L}balok}$$

$b_k = h_k$, maka

$$\frac{\frac{1}{12} \text{ x h}k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \text{ x 25 x } (40)^3}{420}$$

hk ≥ 34,3 cm

hk = 35 cm

b = h = 35 cm

Direncanakan kolom (K3) dengan dimensi 35/35 cm

Tabel 1.4Rencana dimensi kolom

Tipe Kolom	b (cm)	h (cm)
K1	65	65
K1A	80	80
K1B	65	65
K2	40	40
KLF	35	35

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

1.2.2 Struktur sekunder

1. Preleminari dimensi balok anak

A. Balok (B4)

Data perencanaan :

1) Tipe balok : B4
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 480 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/21 x (0,4+fy/700)	b = 2/3 x h
h = 480/21 x (0,4+390/700)	b = 2/3 x 21,88
h = 21,88 cm	b = 14,59 cm
h = 40 cm	b = 25 cm

Direncanakan balok anak (B4) dengan dimensi 25/40 cm

B. Balok (B5)

Data perencanaan :

1) Tipe balok : B5
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 375 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/21 x (0,4+fy/700) b = 2/3 x h
h = 375/21 x (0,4+390/700) b = 2/3 x 17,09
h = 17,09 cm b = 11,39 cm
h = 25 cm b = 20 cm

Direncanakan balok anak (B5) dengan dimensi 20/25 cm

C. Balok konsol (BK)

Data perencanaan :

1) Tipe balok : BK
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 300 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/8 x (0,4+fy/700) b = 2/3 x h
h = 300/8 x (0,4+390/700) b = 2/3 x 35,89
h = 35,89 cm b = 23,89 cm
h = 50 cm b = 35 cm

Direncanakan balok anak (B5) dengan dimensi 35/50 cm

D. Balok lisplank (BL)

Data perencanaan :

1) Tipe balok : BL
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 575 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/21 x (0,4+fy/700) b = 2/3 x h
h = 575/21 x (0,4+390/700) b = 2/3 x 26,21
h = 26,21 cm b = 17,47 cm
h = 40 cm b = 25 cm

Direncanakan balok anak (BL) dengan dimensi 15/20 cm

E. Balok (BLF1)

Data perencanaan :

1) Tipe balok : BLF1
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 340 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/21 x (0,4+fy/700) b = 2/3 x h

h = 340/21 x (0,4+390/700) b = 2/3 x 15,15
h = 15,15 cm b = 10,33 cm
h = 40 cm b = 25 cm

Direncanakan balok lift (BLF1) dengan dimensi 25/40 cm

F. Balok (BLF2)

Data perencanaan :

a) Tipe balok : BLF2
b) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
c) Bentang terpanjang : 340 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/16 x (0,4+fy/700) b = 2/3 x h
h = 340/16 x (0,4+390/700) b = 2/3 x 20,34
h = 20,34 cm b = 13,56 cm
h = 45 cm b = 30 cm

Direncanakan balok lift (BLF2) dengan dimensi 30/45 cm

Tabel 1.5Rencana dimensi balok anak

Tipe balok	l (cm)	b (cm)	h (cm)
B4	480	25	40
B5	375	20	25
BK	300	35	50
BL	575	25	40
BLF1	340	25	40
BLF2	340	30	45

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

2. Preleminari dimensi tangga

Dalam perencanaan ini terdapat struktur tangga, adapun data dan perhitungan perencanaan dimensi adalah sebagai berikut :

Data Perencanaan :

1) Panjang datar tangga : 300 cm
2) Tinggi tangga : 400 cm
3) Tinggi pelat bordes : 200 cm
4) Tebal pelat tangga : 15 cm
5) Tebal pelat bordes : 15 cm

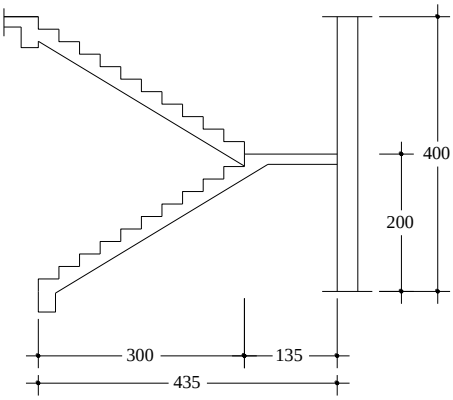
Perhitungan rencanadimensi tangga :

1) Panjang miring tangga :

$= \sqrt{(300)^2 + (200)^2}$

= 360,555 cm

Dimensi anak tangga :



Gambar 1.2Rencana Tangga
Sumber : Autocad (2007)

Tan α = T / I

= 0,667

Jadi T = 0,667 . I

Diambil satu langkah orang

2.T+1 = 61 cm

2. Tan α . I + 1 = 61 cm

2,333 . I = 61 cm

Lebar injakan:

I (antrede) = 30 cm

Tinggi injakan :

T (optrade) = 18,18 cm

Jumlah tanjakan (n_T) :

$$n_T = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{tinggi tanjakan}}$$

$$= \frac{400}{18{,}18}$$

$$= 22 \text{ buah}$$

Sudut kemiringan tangga :

$$\alpha = \arctan T/I$$

$$= \arctan 18{,}18/30$$

$$= 32°$$

2) Syarat sudut kemiringan

$$25° \leq \alpha \leq 40°$$

$$25° \leq 32° \leq 40° \text{ (Memenuhi)}$$

3. Preleminari Dimensi Balok Lift

Lift merupakan sebagai sarana transportasi vertikal utama yang melayani pemberhentian pada setiap lantai yang dilalui. Balok lift digunakan untuk keperluan ruang mesin lift. Pada perencanaan ini akan digunakan lift penumpang dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk : Hyundai Elevator
Tipe : Gearless Elevator
Kecepatan : 1,5 m/sec
Kapasitas : 900 kg (12 Persons)
Lebar pintu : 900 mm
Dimensi
Car
Internal : 1600 x 1300 mm²
External : 1660 x 1455 mm²
Hoistway : 2050 x 1900 mm²
M/C Room : 2300 x 3700 mm²
Beban reaksi ruang mesin
R1 : 6800 kg
R2 : 3750 kg

A. Balok Perletakan Mesin

1) Tipe balok : WF 300.150.6,5.9
2) Tegangan leleh (fy) : 240 MPa
3) Tegangan ultimit (fu) : 370 MPa

B. Balok Penumpu (BLF2)

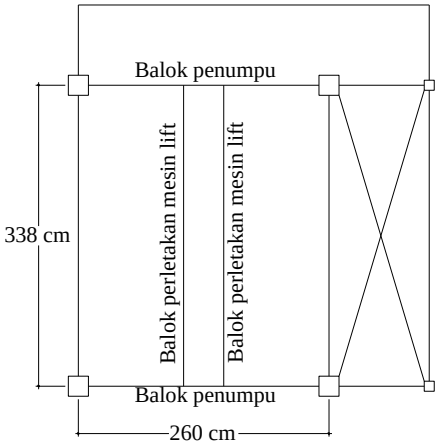
1) Data Perencanaan :
2) Tipe balok : BLF2
3) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
4) Bentang terpanjang : 338 cm

Berdasarkan SNI 2827:2013 Tabel 9.5(a)

h = l/16 x (0,4+fy/700)	b = 2/3 x h
h = 340/16 x (0,4+390/700)	b = 2/3 x 20,34
h = 20,34 cm	b = 13,56 cm
h = 45 cm	b = 30 cm

Direncanakan balok penumpu lift (BLFv2) dengan dimensi 30/45 cm

C. Sketsa ruang lift



Gambar 1.3 Balok perletakan mesin lift dan balok penumpu
Sumber : Autocad (2007)

1.2.3 Struktur bawah

1. Preleminari Dimensi Sloof

A. Sloof (S1)

Data Perencanaan :

1) Tipe sloof : S1
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 850 cm

h = l/16 x (0,4+fy/700) b = 2/3 x h
h = 850/16 x (0,4+390/700) b = 2/3 x 50,85
h = 50,85 cm b = 33,90 cm
h = 65 cm b = 40 cm

Direncanakan sloof(S1) dengan dimensi 40/65 cm

B. Sloof (S2)

Data Perencanaan :

1) Tipe sloof : S2
2) Tegangan leleh (fy) : 390 MPa
3) Bentang terpanjang : 725 cm

h = l/16 x (0,4+fy/700) b = 2/3 x h
h = 725/16 x (0,4+390/700) b = 2/3 x 33,04
h = 33,04 cm b = 22,03 cm
h = 45 cm b = 30 cm

Direncanakan sloof (S2) dengan dimensi 30/45 cm

Tabel 1.6Rencana dimensi sloof

Tipe sloof	l (cm)	b (cm)	h (cm)
S1	850	40	65
S2	725	30	45

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

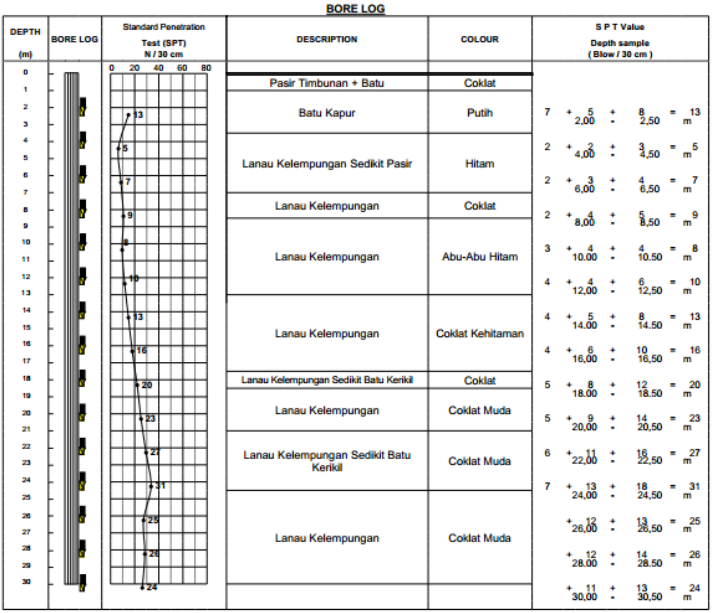
2. Preleminari Dimensi Pondasi

A. Tiang Pancang

Data Perencanaan :

1) Tipe tiang pancang : Lingkaran
2) Jenis tiang pancang : Precast pile

3) Dimensi pancang : Uk.. 30x30 cm
4) Kedalaman : 20 meter



Gambar 1.4 Bore log penyelidikan tanah
Sumber : Analisis data (2018)

Tabel 1.7Daya dukung ijin 1 tiang

h (m)	N-SPT	N'	Np	Ns	Qp (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)	Qa (ton)
20	23	19	19,17	12,45	27,08	291,16	318,25	106,08

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

Makadidapat daya dukung ijin 1 tiang pada kedalaman 20 meter sebesar 106,08 ton

1.3 Perhitungan Beban Struktur

Pada perencanaan struktur bangunan ini beban yang dihitung antara lain beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa. Untuk berat sendiri struktur bangunan dihitung otomatis oleh program SAP 2000.

1.3.1 Beban pada pelat

1. Pembebanan pelat atap (P1 dan P2)
   a) Beban mati

- Plafond + penggantung	1 x 18	= 18 kg/m^2
- Spesi	3 x 21	= 63 kg/m^2
- Waterproofing	1 x 14	= 14 kg/m^2
- Plumbing dan ME	1 x 35	= 35 kg/m^2
	qD	= 130 kg/m^2

   b) Beban hidup

- Beban pada atap (Lr)	1 x 98	= 98 kg/m^2
- Beban pekerja	1 x 52	= 52 kg/m^2
	qL	= 150 kg/m^2

   c) Beban total

- Beban mati		= 130 kg/m^2
- Beban hidup		= 150 kg/m^2
	qTotal	= 280 kg/m^2

2. Pembebanan pelat lantai (P3)

Lantai 2 dan 3

   a) Beban mati

- Penutup lantai	1 x 24	= 24 kg/m^2
- Spesi	3 x 21	= 63 kg/m^2
- Plafond + penggantung	1 x 18	= 18 kg/m^2
- Plumbing dan ME	1 x 35	= 35 kg/m^2
	qD	= 140 kg/m^2

   b) Beban hidup

- Ruang operasi, laboratorium		= 293 kg/m^2
	qL	= 293 kg/m^2

   c) Beban total

- Beban mati		= 140 kg/m^2

- Beban hidup = 293 kg/m^2

qTotal = 433 kg/m^2

3. Pembebanan pelat lantai (P3)

Lantai 4 s/d 6

a) Beban mati
   - Penutup lantai 1 x 24 = 24 kg/m^2
   - Spesi 3 x 21 = 63 kg/m^2
   - Plafond + penggantung 1 x 18 = 18 kg/m^2
   - Plumbing dan ME 1 x 35 = 35 kg/m^2

   qD = 140 kg/m^2

b) Beban hidup
   - Ruang pasien = 196 kg/m^2

   qL = 196 kg/m^2

c) Beban total
   - Beban mati = 140 kg/m^2
   - Beban hidup = 196 kg/m^2

   qTotal = 336 kg/m^2

4. Pembebanan pelat lantai parkir (P4)

a) Beban mati
   - Spesi 2 x 21 = 42 kg/m^2
   - Floor hardener 3 x 14 = 42 kg/m^2

   qD = 84 kg/m^2

b) Beban hidup
   - Lantai parkir = 800 kg/m^2

   qL = 800 kg/m^2

c) Beban total
   - Beban mati = 84 kg/m^2
   - Beban hidup = 800 kg/m^2

   qTotal = 884 kg/m^2

1.3.2 Beban pada balok

a) Beban mati (dinding)

   Tinggi dinding tiap lantai = 4meter
   - Bata ringan 4 x 60 = 240 kg/m^2

- Mortar 1 x 8 = 8 kg/m^2

qDtotal = 248 kg/m^2

b) Beban mati (partisi)
   - Dinding partisi 5 x 15 = 60 kg/m^2
   - Rangka partisi 4 x 10 = 40 kg/m^2

qDtotal = 100 kg/m^2

1.3.3 Beban pada kolom

Pembebanan pada kolom yaitu beban angin yang dihitung berdasarkan lokasi gedung yang direncanakan.

a) Kategori resiko bangunan pada gedung rumah sakit ini termasuk kategori IV, sehingga nilai koefisien beban angin = 1 (**Error! Reference source not found.**)
b) Kecepatan angin dasar pada perencanaan ini ditentukan 70 km/jam = 19,4 m/s
c) Faktor arah angin Kd = 0,85 (**Error! Reference source not found.**)
d) Kategori eksposur B
e) Faktor topografi K_{zt} = 1
f) Faktor efek tiupan angin, G = 0,85 (**Error! Reference source not found.**)
g) Klasifikasi ketertutupan termasuk bangunan gedung tertutup
h) Koefisien tekanan internal, G_{cpi}= + 0,18 dan – 0,18 (**Error! Reference source not found.**)
i) Koefisien eksposur tekanan velositas (**Error! Reference source not found.**)

   z = 28,00 m (tinggi bangunan)

   z_g = 365,76 m

   α = 7

   $K_z = 2{,}01 \left(\frac{z}{zg}\right)^{2/\alpha}$

   $K_z = 2{,}01 \left(\frac{28}{365{,}76}\right)^{2/7} = 0{,}9646$

   K_h = 0,966

j) Tekanan velositas

$qz = 0{,}613\ K_z K_{zt} K_d V^2 (N/m^2)$

$= 0{,}613 \times 0{,}9646 \times 1 \times 0{,}85 \times (19{,}4)^2$

$= 189{,}16\ N/m^2$

$qh = 0{,}613\ K_h K_{zt} K_d V^2 (N/m^2)$

$= 0{,}613 \times 0{,}966 \times 1 \times 0{,}85 \times (19{,}4)^2$

$= 189{,}43\ N/m^2$

k) Koefisien tekanan eksternal, C_p (**Error! Reference source not found.**)

Tabel 1.8Rencana tekanan angin

Arah angin	Cp	P
Angin datang	0,8	12,86 kg
Angin pergi	-0,3	-4,83 kg
Angin tepi	-0,7	-11,27 kg

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

1.3.4 Beban pada tangga

1 Pembebanan Pelat Tangga

a) Beban mati

- Berat anak tangga 0,15 x 2400 = 372,96 kg/m^2
- Penutup lantai 3 x 24 = 63 kg/m^2
- Spesi 1 x 21 = 24 kg/m^2
- Pegangan tangga 1 x 90 = 90 kg/m^2

Qd = 549,96 kg/m^2

b) Beban hidup

- Beban hidup pada tangga = 135 kg/m^2

qL = 135 kg/m^2

c) Beban total

- Beban mati = 549,96 kg/m^2
- Beban hidup = 135 kg/m^2

qTotal = 684,96 kg/m^2

2. Pembebanan Pelat Bordes

a) Beban mati

-	Penutup lantai	1 x 24	= 24 kg/m^2
-	Spesi	3 x 21	= 63 kg/m^2
-	Pegangan tangga	1 x 90	= 90 kg/m^2
		qD	= 177 kg/m^2

b) Beban hidup

-	Beban hidup pada tangga	= 135 kg/m^2
	qL	= 135 kg/m^2

c) Beban total

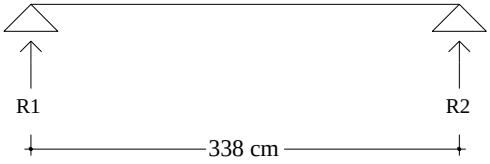
-	Beban mati	= 177 kg/m2
-	Beban hidup	= 135 kg/m2
	qTotal	= 312 kg/m2

1.3.5 Beban pada ruang mesin lift

1. Pembebanan pada balok perletakan mesin

Beban yang bekerja pada balok perletakan mesin

a) Reaksi akibat beban ruang mesin



Gambar 1.5 Reaksi pada ruang mesin
Sumber : Autocad (2007)

Karena mesin ditumpu oleh 2 balok penggantung, maka :

R1= 6800 / 2 = 3400 kg

R2= 3750 / 2 = 1875 kg

Menurut pasal SNI 1727:2013 Pasal 4.6.3, berat mesin harus meningkat untuk memungkinkan impak, untuk mesin ringan, poros atau mesin bermotor sebesar 20%.

R1 = 3400 + (3400 x 20%) = 4080 kg

R2 = 1875 + (1875 x 20%) = 2250 kg

Beban terpusat ruang mesin (p) = 6330 kg = 62.034 kN

b) Beban mati

Balok WF 300.150.6,5.9 = 36,7x3,38x2

= 248,092 kg/m

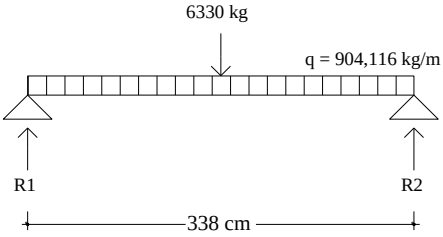
Pelat bordes tb. 9 mm = 74,65x3,38x2,6

= 656,048 kg/m

Total beban mati (q) = 904,116 kg/m

= 8,86 kN

c) Reaksi akibat beban mati

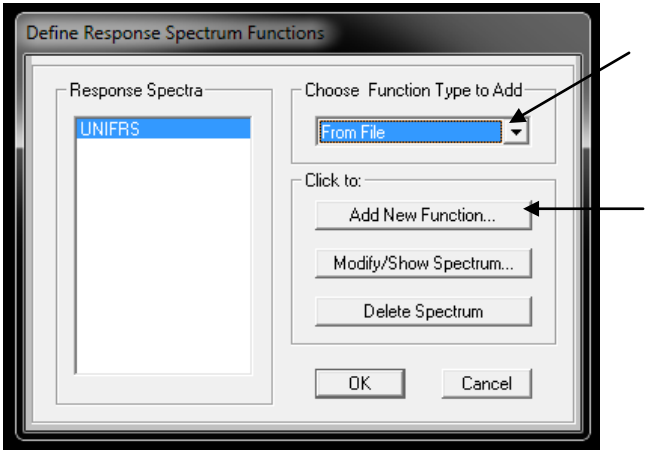


Gambar 1.6Beban mati pada balok perletakan
Sumber : Autocad (2007)

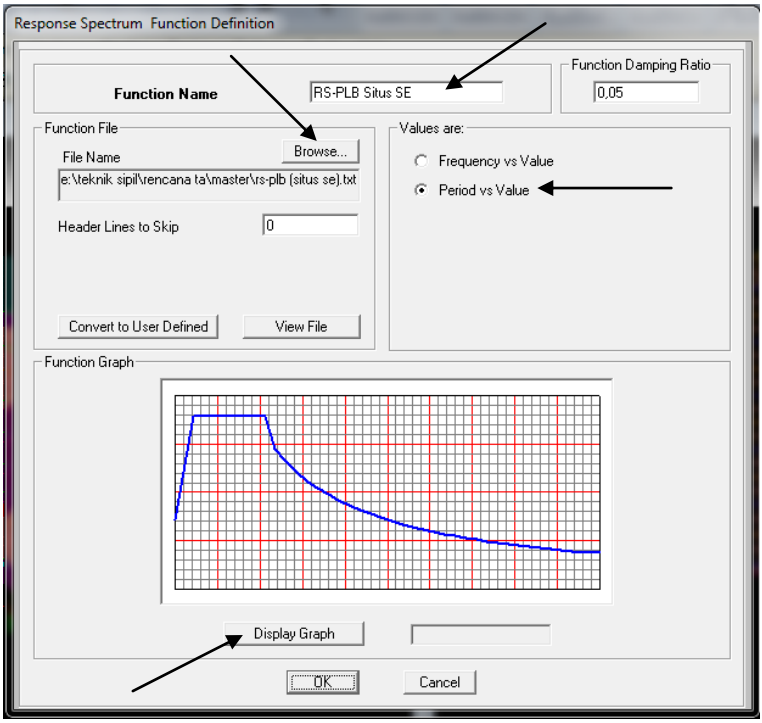
1.3.6 Beban gempa respons spektrum

Adapun urutan langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

1. *Memasukkan data respons spektrum pada aplikasi SAP 2000.*



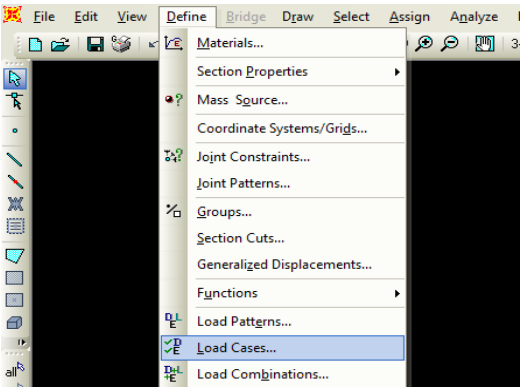
Pada aplikasi SAP 2000, buka Define → Function → Respons spektum, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar dibawah ini, kita pilih Add New Function.



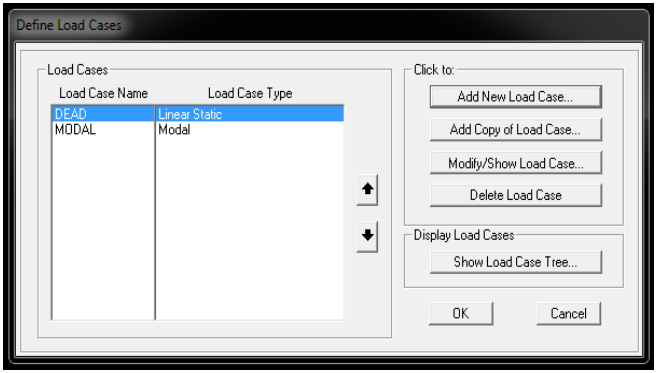
Setelah memasukkan data yang ditunjukkan pada gambar, kemudian klik Display Graph, maka akan muncul grafik respons spektrum sesuai data yang telah kita masukkan tadi.

2. *Mendefinisikan kombinasi beban gempa*

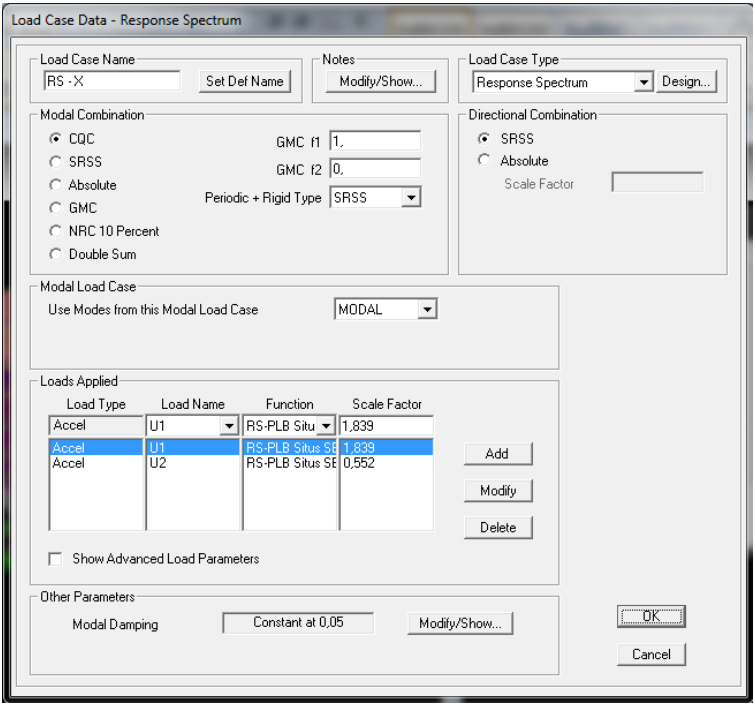
Agar beban gempa yang berupa response spectrum tersebut dapat bekerja sepenuhnya pada struktur, maka beban tersebut juga harus didefinisikan dari menu *Define>Load Case*,



lalu akan muncul kotak dialog *Define Load Case*. pilih *Add New Load Case.*



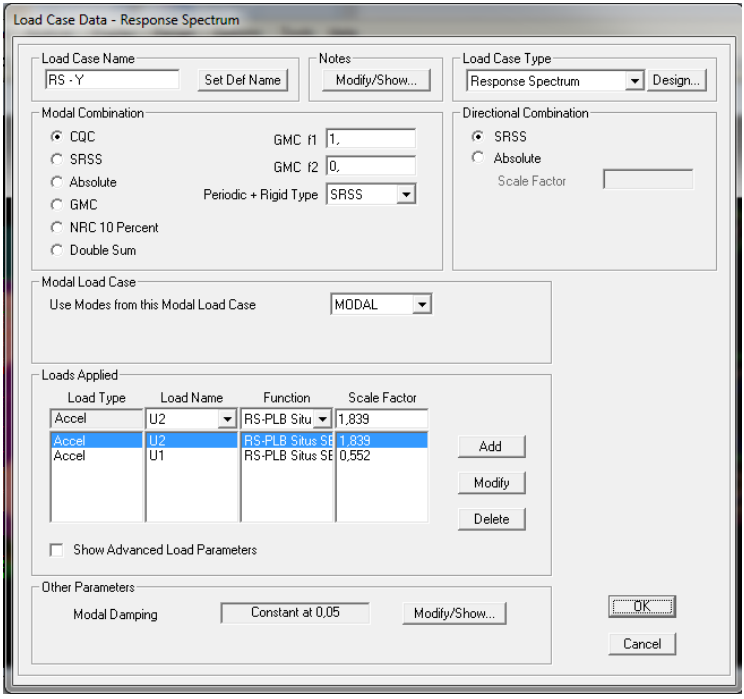
Kemudian muncul kotak dialog *Load Case Data* lakukan penyesuaian pada *Load Case Name* dengan memberi nama *"RS-X"* dan *Load Case Type*-nya adalah *Response Spectrum.*



Kemudian pada *Load Applied*, lakukan penyesuaian penyesuaian *Load Type = Accel, Load Name = U_1(Gempa pada arah X),*

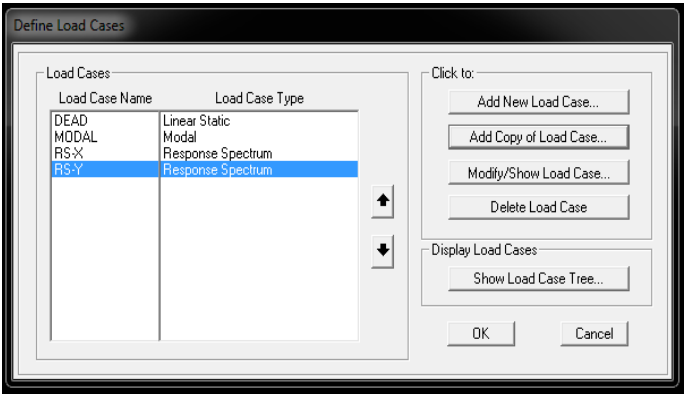
Function = RS-Plb situs SE, Scala factor =kita masukkan berdasarkan perhitungan skala faktor gempa arah X yang telah kita buat dengan asumsi gempa 100% yaitu :
SE = I.g/R = 1,5x9,81/8x100%=1,839
lalu kita ulangi langkah yang sama yaitu *Load Type = Accel, Load Name = U_2 (Gempa pada arah Y), Function = RS-Plb situs SE, Scala factor* =kita masukkan berdasarkan perhitungan skala faktor gempa yang telah kita buat dengan asumsi gempa 30% yaitu :
SE = I.g/R = 1,5x9,81/8x30%=0,552
kemudian klik *Add*.Kotak dialog *Define Load Case-nya* akan menjadi seperti diatas, Akhiri dengan klik OK.

Kemudian kita ulangi langkah seperti di atas.



pada *Load Applied*, lakukan penyesuaian penyesuaian *Load Type = Accel, Load Name = U_2 (Gempa pada arah Y), Function = RS-Plb situs SE, Scala factor* =kita masukkan berdasarkan perhitungan skala faktor gempa arah Y yang telah kita buat dengan asumsi gempa 100% yaitu :
SE = I.g/R = 1,5x9,81/8x100%=1,839
lalu kita ulangi langkah yang sama yaitu *Load Type = Accel, Load Name = U_1 (Gempa pada arah X), Function = RS-Plb situs SE, Scala factor* =kita masukkan berdasarkan perhitungan skala faktor gempa yang telah kita buat dengan asumsi gempa 30% yaitu :
SE = I.g/R = 1,5x9,81/8x30%=0,552
kemudian klik*Add*, akhiri dengan klik OK.

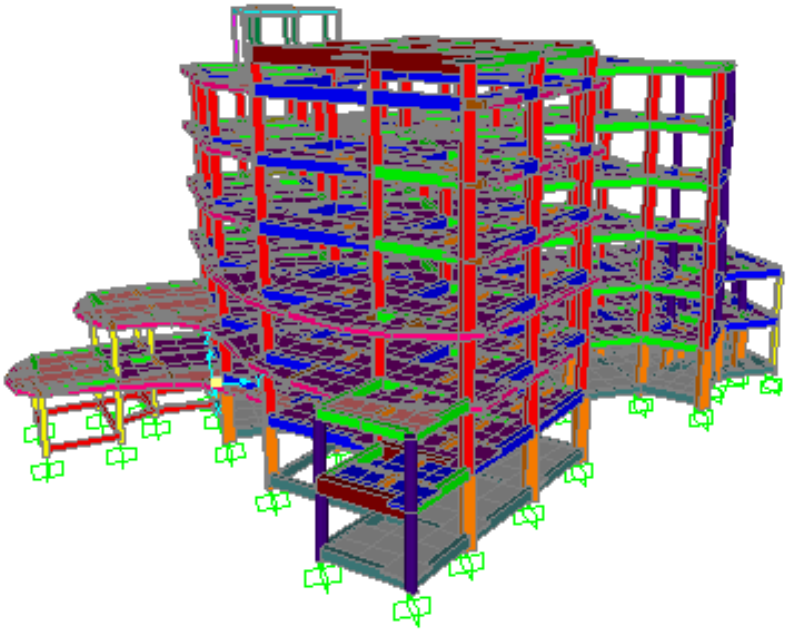
Kotak dialog *Define Load Case-nya* akan menjadi seperti dibawah ini, kemudian klik OK.



Sampai disini input Response Spektrum pada SAP 2000 sudah selesai.

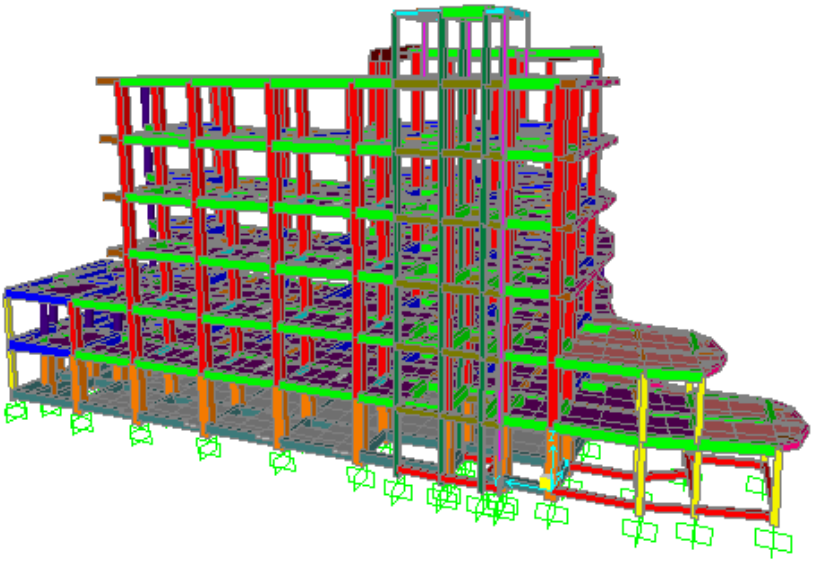
1.4 Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program SAP 2000 versi 14, dengan memodelkan struktur gedung 3 dimensi berupa sloof, balok, kolom dan pelat pada program bantu tersebut dan dimasukkan beban – beban yang diterima sesuai dengan peraturan yang telah ditentukan, maka didapatkan hasil dari analisis struktur sebagai berikut :



Gambar 1.7 Pemodelan struktur pada SAP 2000

Sumber : SAP 2000 v14 (2014)



Gambar 1.8 Pemodelan struktur pada SAP 2000
Sumber : SAP 2000 v14 (2014)

1.4.1 Kontrol hasil analisis struktur

Hasil dari analisis pemodelan struktur harus dikontrol melalui batasan – batasan sesuai peraturan yang telah ditentukan. Hal tersebut dilakukan untuk memastikan kelayakan struktur tersebut dalam memikul beban – beban yang bekerja.

1. Periode fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2, Periode fundamental struktur, (*T)* tidak boleh melebihi koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (*Cu*) dan periode pendekatan, (*Ta*) yang ditentukan.

Hasil dari analisa SAP 2000 versi 14 didapatkan periode fundamental mode 1 yaitu 0,9674 detik

Perkiraan periode struktur

Ct = 0,0466

hn = 28,5

x = 0,9

Ta = $Ct . h_n^x$

= 0,95005

Cek batas atas

Untuk SD_1 = 0,362g

Cu = 1,4

Batas nilai maksimum untuk T adalah

(Cu).(Ta) = 1,4 x 0,95005

= 1,33 detik > 0,9674 detik **Ok**

2. Kontrol Geser Dasar (Base Shear)

Menurut SNI 1726:2013 Pasal 7.9.3, bahwa nilai akhir respons spectrum tidak boleh kurang dari 85% dari nilai respons yang telah dihitung dengan menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen.

$V_{dinamik} > 0{,}85\ V_{statik}$

Tabel 1.9 Base reaction gempa respons spectrum dan gaya lateral ekivalen

Base Reaction	fx	fy
Quake X	3092,299	3,47E-10
Quake Y	2,043E-10	3092,299
RS - X	2799,28	1156,094
RS - Y	1107,169	3010.802

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

Kontrol base reaction arah X

$V_{dinamik} > 0{,}85\ V_{statik}$

2799,29 >0,85 x 3092,299

2799,29 >2628,454 **Ok**

Kontrol base reaction arah Y

$V_{dinamik} > 0{,}85\ V_{statik}$

3010,802 >0,85 x 3092,299

3010,80 >2628,454 **Ok**

3. Simpangan antar lantai (Kontrol Drift)

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar lantai tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Untuk mencari hasil dari simpangan antar lantai dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000.

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.12.1, Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δa).

Tabel 1.10Simpangan struktur akibat beban gempa respons spektrum arah X dan Y

No.	Lantai	h	X	Y

		(m)	(mm)	(mm)
1	Atap lift	28	23,845	19,006
2	Lantai atap	26	19,480	21,126
3	Lantai 6	26	18,222	18,514
4	Lantai 5	20	16,509	16,766
5	Lantai 4	16	13,794	13,911
6	Lantai 3	12	10,282	10,160
7	Lantai 2	8	6,038	5,760
8	Lantai 1	4	2,183	1,998

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

Tabel 1.11Kontrol simpangan antar lantai akibatbeban gempa respons spektrum arah - X

No.	h (m)	δe (mm)	Δ (mm)	δ (mm)	Δa (mm)	Cek δ< Δa
1	28	23,845	5,623	20,618	21,538	OK
2	26	19,480	1,258	4,613	10,769	OK
3	24	18,222	1,713	6,281	21,538	OK
4	20	16,509	2,715	9,955	21,538	OK
5	16	13,794	3,512	12,877	21,538	OK
6	12	10,282	4,244	15,561	21,538	OK
7	8	6,038	3,855	14,135	21,538	OK
8	4	2,183	2,143	21,538	21,538	OK

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

Tabel 1.12Kontrol simpangan antar lantai akibatbeban gempa respons spektrum arah - Y

No.	h (m)	δe (mm)	Δ(mm)	δ (mm)	Δa (mm)	Cek δ< Δa
1	28	19,006	0,492	1,804	21,538	OK
2	26	21,126	2,612	9,577	10,769	OK
3	24	18,514	1,748	6,409	21,538	OK
4	20	16,766	2,855	10,468	21,538	OK
5	16	13,911	3,751	13,754	21,538	OK
6	12	10,160	4,400	16,133	21,538	OK
7	8	5,760	3,762	13,794	21,538	OK
8	4	1,998	1,957	7,176	21,538	OK

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

Keterangan :

H = tinggi tingkat

Δe = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

Δ = Simpangan antar lantai tingkat

δ = Perpindahan yang diperbesar

Δa = Simpangan antar lantai tingkat ijin

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka struktur gedung tersebut telah memenuhi persyaratan.

4. Kontrol partisipasi massa

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.9.1, bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 %

Tabel 1.13Hasil Modal Participating Mass Ratios

Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UX
1	0,967	0,420	0,139	0,420	0,139
2	0,927	0,165	0,473	0,585	0,611
3	0,774	0,054	0,030	0,639	0,641
4	0,348	0,001	0,093	0,640	0,734
5	0,342	0,120	0,008	0,760	0,741
6	0,329	0,013	0,027	0,773	0,768
7	0,281	0,000	0,011	0,773	0,779
8	0,270	0,008	0,000	0,781	0,779
9	0,222	0,000	0,001	0,781	0,780
10	0,209	0,002	0,026	0,783	0,806
11	0,197	0,036	0,002	0,819	0,808
12	0,182	0,000	0,009	0,819	0,817
13	0,174	0,000	0,000	0,819	0,817
14	0,140	0,001	0,013	0,821	0,831
15	0,135	0,017	0,001	0,838	0,831
16	0,120	0,000	0,001	0,838	0,832
17	0,113	0,000	0,010	0,839	0,842
18	0,102	0,015	0,002	0,854	0,844
19	0,098	0,000	0,027	0,854	0,871
20	0,090	0,020	0,000	0,874	0,871

21	0,083	0,000	0,003	0,874	0,874
22	0,058	0,000	0,000	0,874	0,874
23	0,012	0,001	0,115	0,875	0,989
24	0,012	0,119	0,001	0,994	0,990

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa pada mode ke 24 sudah memenuhi syarat partisipasi massa dengan nilai :
Partisipasi massa sumbu X 99,42 % > 90% **Ok**
Partisipasi massa sumbu Y 99,03% > 90% **Ok**

1.5 Perhitungan Struktur Primer

1.5.1 Perhitungan pelat

A. Pelat P1

Data Perencanaan :

Ix	=	3000	mm
Iy	=	3400	mm
h	=	100	mm
Sb	=	20	mm
D	=	10	mm
Dp	=	8	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	240	MPa
Mux	=	5,6364	kNm
Muy	=	6,714	kNm

Penentuan nilai ds :

ds = Sb + (Ø/2)
= 20 + (10/2)
= 25 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds
= 100 – 25
= 75 mm

Koefisien momen pelat :

Ci = Iy/Ix

= 3400/3000

= 1,13

Dari tabel pelat (PBI 1971) diperoleh :

Clx = 25

Cly = 21

Ctx = 59

Cty = 54

Momen perlu :

Mlx (+) = 0,001.Clx.qU.lx²

= 0,001.25.5,6364.3000

= 1,268 kNm

Mly (+) = 0,001.Cly.qU.lx²

= 0,001.21.6,714.3000

= 1,269 kNm

Mtx (-) = 0,001.Ctx.qU.lx²

= 0,001.59.5,6364.3000

= 2,993 kNm

Mty (-) = 0,001.Cty.qU.lx²

= 0,001.54.6,714.3000

= 3,263 kNm

a) Penulangan pada arah bentang lx :

Tulangan lapangan Mlx (+) = 1,268 kNm

Faktor momen pikul maksimal :

$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$

$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$

= 6,2028 MPa

Faktor momen pikul K :

$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$

$= \frac{1,268}{0,9.1000.75^2}$

= 0,2505 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0,2505}{0,85.20,75}}\right\}.75$$

= 1,073 mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.1,073.1000}{390}$$

= 78,8473 mm²

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1,4}{390}.1000.75$$

= 437,500 mm²

Dipilih yang besar, jadi As,u = 437,500 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{437,500}$$

= 179,520 mm

s < 2.h = 2.100

= 200 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 179,520 m

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{}$$

$$= \frac{179{,}520}{437{,}500}$$

$= 437{,}500\ mm^2$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As $= \emptyset 10 - 150$, Luas = 523,599> As **Ok**

Tulangan lapangan Mtx (-) = 2,993 kNm

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{2{,}993}{0{,}9.1000.75^2}$$

$= 0{,}591 MPa < K_{maks}$ (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0{,}85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0{,}591}{0{,}85.20{,}75}}\right\}.75$$

$= 2{,}5576$ mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75.2{,}5576.1000}{390}$$

$= 187{,}953\ mm^2$

$$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1{,}4}{390}.1000.75$$

$= 437{,}500\ mm^2$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 437,500 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{}$$

$$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{437,500}$$

$= 179,520$ mm

$s < 2.h = 2.100$

$= 200$ mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 179,520 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{179,520}$$

$= 437,500$ mm²

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø10 – 150, Luas = 523,599> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 437,500

= 87,500 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.100

= 200 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 200 mm

Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{200}$$

$= 251,327$ mm

$s < 5.h = 5.100$

$= 500$ mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 251,327 mm

Luas tulangan bagi :

$$Asb = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{251,327}$$

$= 200,00 \text{ mm}^2$

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = Ø8 – 200, Luas = 251,327> Asb **O**

Penentuan nilai ds :

ds' = ds + D

= 25 + 10

= 35 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds'

= 100 – 35

= 65 mm

b) Penulangan pada arah bentang ly :

Tulangan lapangan Mly (+) = 1,269 kNm

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{1,269}{0,9.1000.65^2}$$

$= 0,3337\text{MPa} < K_{maks}$ (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0,3337}{0,85.20,75}}\right\}.65$$

$= 1,242$ mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.1,242.1000}{}$$

390

= 91,246 mm²

As,u =1,4.b.d
fy

= 1,4.1000.65
390

= 379,167 mm²

Dipilih yang besar, jadi As,u = 379,167 mm²

Jarak tulangan pokok :

s = 1/4.π.D².S
As,u

= 1/4.3,14.10².1000
379,167

= 207,138 mm

s < 2.h = 2.100

= 200 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 200,00 mm

Luas tulangan pokok :

As = 1/4.π.D².S
s

= 1/4.3,14.10².1000
200

= 392,699 mm²

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø10 – 150, Luas = 523,599> As **Ok**

Tulangan lapangan Mty (-) = 3,263 kNm

Faktor momen pikul K :

K = Mu
Φ.b.d²

= 3,263
0,9.1000.65²

= 0,8581 MPa< K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

a $= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$

$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0,8581}{0,85.20,75}}\right\}.65$

$= 3,243$ mm

Luas tulangan pokok perlu :

As,u $= \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$

$= \frac{0,85.20,75.3,243.1000}{390}$

$= 238,336$ mm²

As,u $= \frac{1,4}{fy}.b.d$

$= \frac{1,4}{390}.1000.65$

$= 379,167$ mm²

Dipilih yang besar, jadi As,u = 379,167 mm²

Jarak tulangan pokok :

s $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$

$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{379,167}$

$= 207,033$ mm

s < 2.h $= 2.100$

$= 200$ mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 200 mm

Luas tulangan pokok :

As $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$

$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{200}$

$= 392,500$ mm²

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = ∅10 – 150, Luas = 523,599> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 379,167

= 75,833 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.100

= 200 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 200 mm

Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{200}$$

= 251,200 mm

s < 5.h = 5.100

= 500 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 251,200 mm

Luas tulangan bagi :

$$Asb = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{251,200}$$

= 200,101 mm²

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = ∅8 – 200, Luas = 251,327> Asb **Ok**

B. Pelat P2

Data Perencanaan :

Ix	=	3000	mm
Iy	=	3600	mm
h	=	100	mm
Sb	=	20	mm
D	=	10	mm
Dp	=	8	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	240	MPa
Mux	=	16,893	kNm
Muy	=	13,526	kNm

Penentuan nilai ds :

ds = Sb + (Ø/2)
= 20 + (10/2)
= 25 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds
= 130 – 25
= 105 mm

Koefisien momen pelat :

Ci = Iy/Ix
= 3600/3000
= 1,20

Dari tabel pelat (PBI 1971) diperoleh :

Clx = 28
Cly = 20
Ctx = 64
Cty = 56

Momen perlu :

Mlx (+) = 0,001.Clx.qU.lx²
= 0,001.28.16,8934.3000
= 4,257 kNm

Mly (+) = 0,001.Cly.qU.lx²
= 0,001.20.13,526.3000
= 2,435 kNm

Mtx (-) = 0,001.Ctx.qU.lx²
= 0,001.64.16,8934.3000
= 9,731 kNm

Mty (-) = 0,001.Cty.qU.lx²
= 0,001.56.13,526.3000
= 6,817 kNm

a) Penulangan pada arah bentang lx :

Tulangan lapangan Mlx (+) = 4,257 kNm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$

= 6,2028 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{4,257}{0,9.1000.105^2}$$

= 0,4290 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.0,4290}{}}\right\}.105$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75}{}$$

$$= 2{,}586 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75.2{,}586.1000}{390}$$

$$= 190{,}0447 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1{,}4}{390}.1000.105$$

$$= 612{,}500 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 612,500 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.10^2.1000}{612{,}500}$$

$$= 128{,}228 \text{ mm}$$

$$s < 2.h = 2.130$$

$$= 260 \text{ mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi s = 128,228 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.10^2.1000}{128{,}228}$$

$$= 612{,}500 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø10 – 100, Luas = 785,398> As **Ok**

Tulangan lapangan Mtx (-) = 9,731 kNm

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{9{,}731}{0{,}9.1000.105^2}$$

$= 0{,}981$ MPa $< K_{maks}$ (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0{,}85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0{,}981}{0{,}85.20{,}75}}\right\}.105$$

$= 6{,}0101$ mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75.6{,}0101.1000}{390}$$

$= 441{,}679$ mm²

$$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1{,}4}{390}.1000.105$$

$= 612{,}500$ mm²

Dipilih yang besar, jadi As,u = 612,500 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.10^2.1000}{612{,}500}$$

$= 128{,}228$ mm

$s < 2.h = 2.130$

$= 260$ mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 128,228 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{128,228}$$

$$= 612,500 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø10 – 100, Luas = 785,398> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 612,500

= 122,500 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.130

= 260 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 260 mm

Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{260}$$

= 193,329 mm

s < 5.h = 5.130

= 650 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 193,329 mm

Luas tulangan bagi :

$$Asb = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{193,329}$$

$$= 260,00 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = Ø8 – 150, Luas = 335,103> Asb **Ok**

Penentuan nilai ds :

ds' = ds + D
= 25 + 10
= 35 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds'
= 130 – 35
= 95 mm

b) Penulangan pada arah bentang ly :

Tulangan lapangan Mly (+) *= 2,435 kNm*

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{2,435}{0,9.1000.95^2}$$

= 0,2998 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0,2998}{0,85.20,75}}\right\}.95$$

= 1,628 mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.1,628.1000}{390}$$

= 119,678 mm²

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1,4}{}.1000.95$$

390

= 554,167 mm²

Dipilih yang besar, jadi As,u = 554,167 mm²

Jarak tulangan pokok :

$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$

$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{554,167}$

= 141,726 mm

s < 2.h = 2.130

= 260 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 141,726 mm

Luas tulangan pokok :

$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$

$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{141,726}$

= 554,167 mm²

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø10 – 100, Luas = 785,398> As **Ok**

Tulangan lapangan Mty (-) = 6,817 kNm

Faktor momen pikul K :

$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$

$= \frac{6,817}{0,9.1000.95^2}$

= 0,8393 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0{,}8393}{0{,}85.20{,}75}}\right\}.95$$

$$= 4{,}634 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75.4{,}634.1000}{390}$$

$$= 340{,}530 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1{,}4}{390}.1000.95$$

$$= 554{,}167 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 554,167 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.10^2.1000}{554{,}167}$$

$$= 141{,}654 \text{ mm}$$

$$s < 2.h = 2.130$$

$$= 260 \text{ mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi s = 141,654 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.10^2.1000}{141{,}654}$$

$$= 554{,}167 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = ∅10 – 100, Luas = 785,398> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 554,167

= 110,833 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.130

= 260 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 260 mm

Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{260}$$

= 193,231 mm

s < 5.h = 5.130

= 650 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 193,231 mm

Luas tulangan bagi :

$$Asb = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{193,231}$$

= 260,132 mm²

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = ∅8 – 150, Luas = 335,103> Asb **Ok**

C. Pelat P3

Data Perencanaan :

Ix	=	3500	mm
Iy	=	4200	mm
h	=	100	mm
Sb	=	20	mm
D	=	10	mm
Dp	=	8	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	240	MPa
Mux	=	10,489	kNm
Muy	=	15,084	kNm

Penentuan nilai ds :

ds = Sb + (Ø/2)
= 20 + (10/2)
= 25 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds
= 120 – 25
= 95 mm

Koefisien momen pelat :

Ci = Iy/Ix
= 4200/3500
= 1,20

Dari tabel pelat (PBI 1971) diperoleh :

Clx = 28
Cly = 20
Ctx = 64

Cty = 56

Momen perlu :

Mlx (+) = 0,001.Clx.qU.lx²
= 0,001.28.10,489.3500
= 3,598 kNm

Mly (+) = 0,001.Cly.qU.lx²
= 0,001.20.15,084.3500
= 3,696 kNm

Mtx (-) = 0,001.Ctx.qU.lx²
= 0,001.64.10,489.3500
= 8,223 kNm

Mty (-) = 0,001.Cty.qU.lx²
= 0,001.56.15,084.3500
= 10,348 kNm

a) Penulangan pada arah bentang lx :

Tulangan lapangan Mlx (+) = 3,598 kNm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$

= 6,2028 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{3,598}{0,9.1000.95^2}$$

= 0,4429 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0{,}4429}{0{,}85.20{,}75}}\right\}.95$$

$$= 2{,}416 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75.2{,}416.1000}{390}$$

$$= 177{,}580 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1{,}4}{390}.1000.95$$

$$= 554{,}167 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 554,167 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.10^2.1000}{554{,}167}$$

$$= 141{,}726 \text{ mm}$$

$$s < 2.h = 2.120$$

$$= 240 \text{ mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi s = 141,726 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.10^2.1000}{141{,}726}$$

$$= 554{,}167 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø10 – 100, Luas = 785,398> As **Ok**

Tulangan lapangan Mtx (-) = 8,223 kNm

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{8{,}223}{0{,}9.1000.95^2}$$

$= 1{,}012$ MPa $< K_{maks}$ (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0{,}85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 1{,}012}{0{,}85.20{,}75}}\right\}.95$$

$= 5{,}619$ mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75.5{,}619.1000}{390}$$

$= 412{,}947$ mm²

$$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1{,}4}{390}.1000.95$$

$= 554{,}167$ mm²

Dipilih yang besar, jadi As,u = 554,167 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.10^2.1000}{554{,}167}$$

$= 141{,}726$ mm

$s < 2.h = 2.120$

$= 240$ mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 141,726 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{141,726}$$

$$= 554,167 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø10 – 100, Luas = 785,398> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 554,167

= 110,833 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.120

= 240 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 240 mm

Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{240}$$

$$= 209,440 \text{ mm}$$

s < 5.h = 5.120

= 600 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 209,440 mm

Luas tulangan bagi :

$$Asb = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{209,440}$$

$$= 240,00 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = Ø8 – 150, Luas = 335,103> Asb **Ok**

Penentuan nilai ds :

ds' = ds + D
= 25 + 10
= 35 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds'
= 120 – 35
= 85 mm

b) Penulangan pada arah bentang ly :

Tulangan lapangan Mly (+) = *3,696 kNm*

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2} = \frac{3,696}{0,9.1000.85^2}$$

= 0,568 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0,568}{0,85.20,75}}\right\}.85$$

= 2,785 mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.2,785.1000}{390}$$

= 204,635 mm²

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$= \frac{1,4}{390}.1000.85$

$= 495,833 \text{ mm}^2$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 495,833 mm²

Jarak tulangan pokok :

s $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$

$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{495,833}$

$= 158,400$ mm

s < 2.h $= 2.120$

$= 240$ mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 158,400 mm

Luas tulangan pokok :

As $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$

$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{158,400}$

$= 495,833 \text{ mm}^2$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø10 – 100, Luas = 785,398> As **Ok**

Tulangan lapangan Mty (-) = 10,348 kNm

Faktor momen pikul K :

$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$

$= \frac{10,348}{0,9.1000.85^2}$

$= 1,591 \text{ MPa} < K_{maks}$ (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{}}\right\}.d$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 1,591}{\frac{0,85.f'c}{0,85.20,75}}}\right\}.85$$

$$= 8,050 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.8,050.1000}{390}$$

$$= 591,607 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1,4}{390}.1000.85$$

$$= 495,833 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 591,607 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{591,607}$$

$$= 132,689 \text{ mm}$$

$$s < 2.h = 2.120$$

$$= 240 \text{ mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi s = 132,689 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{132,689}$$

$$= 591,607 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = ∅10 – 100, Luas = 785,398> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 591,067

= 118,321 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.120

= 240 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 240 mm

Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{240}$$

= 209,333 mm

s < 5.h = 5.120

= 600 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 209,333 mm

Luas tulangan bagi :

$$Asb = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{209,333}$$

= 240,122 mm²

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = ∅8 – 150, Luas = 335,103> Asb **Ok**

D. Pelat P4

Data Perencanaan :

Ix	=	6000	mm
Iy	=	7400	mm
h	=	200	mm
Sb	=	20	mm
D	=	10	mm
Dp	=	8	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	240	MPa
Mux	=	39,829	kNm
Muy	=	64,428	kNm

Penentuan nilai ds :

ds = Sb + (Ø/2)
= 20 + (19/2)
= 29,5 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds
= 200 – 25
= 175 mm

Koefisien momen pelat :

Ci = Iy/Ix
= 7400/6000
= 1,23

Dari tabel pelat (PBI 1971) diperoleh :

Clx = 28
Cly = 20

Ctx = 64

Cty = 56

Momen perlu :

Mlx (+) = 0,001.Clx.qU.lx²

= 0,001.28.39,829.6000

= 40,148 kNm

Mly (+) = 0,001.Cly.qU.lx²

= 0,001.20.64,428.6000

= 46,388 kNm

Mtx (-) = 0,001.Ctx.qU.lx²

= 0,001.64.39,829.6000

= 91,766 kNm

Mty (-) = 0,001.Cty.qU.lx²

= 0,001.56.64,428.6000

= 129,886 kNm

a) Penulangan pada arah bentang lx :

Tulangan lapangan Mlx (+) = 40,148 kNm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$

= 6,2028 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{40,148}{0,9.1000.170,5^2}$$

= 1,535 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 1,535}{\frac{0,85.f'c}{0,85.20,75}}}\right\}.170,5$$

$$= 15,542 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.15,542.1000}{390}$$

$$= 1142,196 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1,4}{390}.1000.170,5$$

$$= 994,583 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 1142,196 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3,14.19^2.1000}{1142,196}$$

$$= 248,231 \text{ mm}$$

$$s < 2.h = 2.200$$

$$= 400 \text{ mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi s = 248,231 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.19^2.1000}{248,231}$$

$$= 1142,196 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø19 – 50, Luas = 5670,575> As **Ok**

Tulangan lapangan Mtx (-) *= 91,766 kNm*

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2} = \frac{91,766}{0,9.1000.170,5^2}$$

$= 3,507$ MPa $< K_{maks}$ (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.3,507}{0,85.20,75}}\right\}.170,5$$

$= 38,181$ mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy} = \frac{0,85.20,75.38,181.1000}{390}$$

$= 2805,912$ mm²

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d = \frac{1,4}{390}.1000.170,5$$

$= 994,583$ mm²

Dipilih yang besar, jadi As,u = 2805,912 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u} = \frac{1/4.3,14.19^2.1000}{2805,912}$$

$= 101,047$ mm

$s < 2.h = 2.200$

= 400 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 101,047 mm

Luas tulangan pokok :

As $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$

$= \frac{1/4.3,14.19^2.1000}{101,047}$

= 2805,912 mm²

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø19 – 50, Luas = 5670,575> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 2805,912

= 561,182 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.200

= 400 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 400 mm

Jarak tulangan bagi :

s $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$

$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{400}$

= 282,743 mm

s < 5.h = 5.200

= 1000 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 282,743 mm

Luas tulangan bagi :

Asb $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$

$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{282,743}$

= 400 mm²

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = Ø12 – 100, Luas = 1130,973> Asb **Ok**

Penentuan nilai ds :

ds' = ds + D

= 29,5 + 19

= 48,5 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds'

= 200 – 48,5

= 151,5 mm

b) Penulangan pada arah bentang ly :

Tulangan lapangan Mly (+) = 46,388 kNm

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{46,388}{0,9.1000.151,5^2}$$

$= 2,246$ MPa $< K_{maks}$ (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.2,246}{0,85.20,75}}\right\}.151,5$$

$= 20,704$ mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.20,704.1000}{390}$$

$= 1521,515$ mm²

$As,u = \frac{1,4}{}.b.d$

$$= \frac{1,4}{fy}.1000.151,5$$

$$= \frac{1,4}{390}.1000.151,5$$

$$= 883,750 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 1521,515 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3,14.19^2.1000}{1521,515}$$

$$= 186,346 \text{ mm}$$

$$s < 2.h = 2.200$$

$$= 400 \text{ mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi s = 186,346 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.19^2.1000}{186,346}$$

$$= 1521,515 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø19 – 50, Luas = 5670,575> As **Ok**

Tulangan lapangan Mty (-) = 129,886 kNm

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{129,886}{0,9.1000.151,5^2}$$

$$= 6,288 \text{ MPa} < K_{maks} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0{,}85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 6{,}288}{0{,}85.20{,}75}}\right\}.151{,}5$$

$$= 70{,}338 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75.70{,}338.1000}{390}$$

$$= 5169{,}079 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1{,}4}{390}.1000.151{,}5$$

$$= 883{,}750 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 5169,079 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.19^2.1000}{5169{,}079}$$

$$= 54{,}823 \text{ mm}$$

$$s < 2.h = 2.200$$

$$= 400 \text{ mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi s = 54,823 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.109^2.1000}{}$$

54,823

= 5169,079 mm²

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø19 – 50, Luas = 5670,575> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 5169,079

= 1033,816 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.200

= 400 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 1033,816 mm

Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$$

$$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{1033,816}$$

= 109,343 mm

s < 5.h = 5.200

= 1000 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 109,343 mm

Luas tulangan bagi :

$$Asb = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{109,343}$$

= 1034,340 mm²

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = Ø12 – 100, Luas = 1130,973> Asb **Ok**

E. Pelat P5

Data Perencanaan :

Ix	=	2750	mm
Iy	=	3000	mm
h	=	180	mm
Sb	=	20	mm
D	=	10	mm
Dp	=	8	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	240	MPa
Mux	=	12,779	kNm
Muy	=	13,649	kNm

Penentuan nilai ds :

ds = Sb + (Ø/2)
= 20 + (12/2)
= 26 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds
= 180 – 26
= 154 mm

Koefisien momen pelat :

Ci = Iy/Ix
= 3000/2750
= 1,09

Dari tabel pelat (PBI 1971) diperoleh :

Clx = 25
Cly = 21
Ctx = 59
Cty = 54

Momen perlu :

Mlx (+) = 0,001.Clx.qU.lx²
= 0,001.25.12,779.2750
= 2,416 kNm

Mly (+) = 0,001.Cly.qU.lx²
= 0,001.21.13,649.2750
= 2,168 kNm

Mtx (-) = 0,001.Ctx.qU.lx²
= 0,001.59.12,779.2750
= 5,702 kNm

Mty (-) = 0,001.Cty.qU.lx²
= 0,001.54.13,649.2750
= 5,574 kNm

a) Penulangan pada arah bentang lx :

Tulangan lapangan Mlx (+) = 2,416 kNm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$

= 6,2028 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{2,416}{0,9.1000.154^2}$$

= 0,113 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

a $= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$

$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0,113}{0,85.20,75}}\right\}.154$

$= 0,991$ mm

Luas tulangan pokok perlu :

As,u $= \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$

$= \frac{0,85.20,75.0,991.1000}{390}$

$= 72,865\ mm^2$

As,u $= \frac{1,4}{fy}.b.d$

$= \frac{1,4}{390}.1000.156$

$= 898,333\ mm^2$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 898,333 mm^2

Jarak tulangan pokok :

s $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$

$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{898,333}$

$= 125,897$ mm

s < 2.h $= 2.180$

$= 360$ mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 125,897 mm

Luas tulangan pokok :

As $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$

$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{125,897}$

$= 898,333\ mm^2$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø12 – 100, Luas = 1130,973> As **Ok**

Tulangan lapangan Mtx (-) = 5,702 kNm

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{5,702}{0,9.1000.156^2}$$

$$= 0,267 \text{ MPa} < K_{maks} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0,267}{0,85.20,75}}\right\}.156$$

$$= 2,350 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.2,350.1000}{390}$$

$$= 172,725 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1,4}{390}.1000.156$$

$$= 898,333 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 898,333 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{898,333}$$

= 125,897 mm

s < 2.h = 2.180

= 360 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 125,897 mm

Luas tulangan pokok :

As = $\frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$

= $\frac{1/4.3,14.12^2.1000}{125,897}$

= 898,333 mm²

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø12 – 100, Luas = 1130,973> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 898,333

= 179,667 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.180

= 360 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 360 mm

Jarak tulangan bagi :

s = $\frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$

= $\frac{1/4.3,14.8^2.1000}{360}$

= 139,626 mm

s < 5.h = 5.180

= 900 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 139,626 mm

Luas tulangan bagi :

Asb = $\frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$

= $\frac{1/4.3,14.8^2.1000}{139,626}$

= 360,00 mm²

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = Ø8 – 125, Luas = 402,124 > Asb **Ok**

Penentuan nilai ds :

ds' = ds + D

= 26 + 12

= 38 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds'

= 180 – 38

= 142 mm

b) Penulangan pada arah bentang ly :

Tulangan lapangan Mly (+) = *2,168 kNm*

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{2,168}{0,9.1000.142^2}$$

= 0,119 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0,119}{0,85.20,75}}\right\}.142$$

= 0,965 mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.0,965.1000}{390}$$

= 70,913 mm²

As,u $= \frac{1,4}{fy}.b.d$

$= \frac{1,4}{390}.1000.142$

$= 828,333\ mm^2$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 828,333 mm²

Jarak tulangan pokok :

s $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$

$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{828,333}$

$= 136,536$ mm

s < 2.h $= 2.180$

$= 360$ mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 136,536 mm

Luas tulangan pokok :

As $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$

$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{136,536}$

$= 828,333\ mm^2$

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø12 – 100, Luas = 1130,973> As **Ok**

Tulangan lapangan Mty (-) = 5,574 kNm

Faktor momen pikul K :

$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$

$= \frac{5,574}{0,9.1000.142^2}$

$= 0,307\ MPa < K_{maks}$ (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0{,}85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0{,}307}{0{,}85.20{,}75}}\right\}.142$$

$$= 2{,}495 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75.2{,}495.1000}{390}$$

$$= 183{,}340 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1{,}4}{390}.1000.142$$

$$= 828{,}333 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 828,333 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.12^2.1000}{828{,}333}$$

$$= 136{,}467 \text{ mm}$$

$$s < 2.h = 2.180$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Dipilih yang kecil, jadi s = 136,467 mm

Luas tulangan pokok :

$$As = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3{,}14.12^2.1000}{}$$

136,467

= 828,333 mm²

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø12 – 100, Luas = 1130,973> As **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 828,333

= 165,667 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.180

= 360 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 360 mm

Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{360}$$

= 139,556 mm

s < 5.h = 5.180

= 900 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 139,556 mm

Luas tulangan bagi :

$$Asb = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{s}$$

$$= \frac{1/4.3,14.8^2.1000}{139,556}$$

= 360,183 mm²

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = Ø8 – 125, Luas = 402,124> Asb **Ok**

1.5.2 Perhitungan balok induk

A. Balok B1 45 x 75

Data Perencanaan :

b	=	450	mm
h	=	750	mm
Sb	=	40	mm
D	=	19	mm
dp	=	10	mm
dt	=	16	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	568,516	kNm
$Vu_{tump.}$	=	293,717	kNm
$Vu_{lap.}$	=	267,717	kNm
Tu	=	63,206	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 10 + (19/2)

= 59,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris kedua terhadap tepi serat beton tarik

ds_2 = D/2 + Snv+ D/2
= 19/2 + 19 + 19/2
= 38 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)
= 40 + 10 + (19/2)
= 59,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' = ds'_1
= 59,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds = $ds_1 + (ds_2/2)$
= 59,5 + (38/2)
= 78,5 mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$
$$= \frac{(450-2.59,5)}{(19+40)} + 1$$
= 6,61 batang ≈ 7 batang

Tinggi efektif penampang balok :

d = h – ds
= 750 – 78,5
= 671,50 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$
$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$
= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

K = $\frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$

= $\frac{568,516}{0,9.450.671,5^2}$

= 3,113 MPa < K_{maks} (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

a = $\left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$

= $\left\{1-\sqrt{1-\frac{2.3,113}{0,85.20,75}}\right\}.671,5$

= 131,375 mm

Luas tulangan Tarik perlu :

As,u = $\frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$

= $\frac{0,85.20,75.131,375.450}{390}$

= 2673,607 mm²

As,u = $\frac{\sqrt{fc}.fy.b.d}{4}$

= $\frac{20,75}{4}$.390.450.671,5

= 882,354 mm²

As,u = $\frac{1,4}{fy}$.b.d

= $\frac{1,4}{390}$.450.671,5

= 1084,731 mm²

Dipilih yang besar :

As,u = 2673,607 mm

Jumlah tulangan Tarik :

n $= \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$

$= \frac{2673,607}{¼.3,14.19^2}$

$= 9,43$ Batang $\approx$ 10 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 10 D19, Luas 2835,29 mm^2> As,u **Ok**

Tekan As' = 5 D19, Luas 1417,64 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$

$= \frac{2835,29 - 1417,64}{450.671,5}$

$= 0,469\%$

Rasio tulangan minimal :

$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$

$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$

$= 0,292\%$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$

$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$

$= 0,359\%$

Sehingga diambil yang terbesar :

$\rho_{min} = 0,359\% < \rho$ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

$$a = \frac{As.fy}{0,85.f'c.b}$$

$$= \frac{2835,29.390}{0,85.20,75.450}$$

= 139,320 mm

Momen nominal aktual :

Mn = As.fy.(d - a/2)

= 2835,29.390.(671,5-139,320/2)

= 665,492 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn

= 0,9.665,492

= 598,943 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

$$\varepsilon y = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{390}{200000}$$

= 0,002

Regangan tekan beton :

$$\varepsilon cu' = \frac{a}{\beta_1.(d-a).\varepsilon y}$$

$$= \frac{139,320}{0,85.(671,5-139,320).0,002}$$

= 0,0006 <εc' **Ok**

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d
= 1/6.√20,75.450.671,5
= 229,412 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d
= 0,75.229,412
= 172,059 kN

ΦVc/2 = 172,059/2
= 86,030 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$
$$= \frac{(293,793-172,059)}{0,75}$$
= 162,312 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d
= 2/3.√20,75.450.671,5
= 917,648 kN

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d
= 1/3.√20,75.450.671,5
= 458,824 kN

Jika = Vs < 1/3.√f'c.b.d, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$
$$= \frac{162,312.1000}{390.671,5}$$
= 1007,148 mm^2

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$
$$= \frac{450.1000}{3.390}$$

$= 625{,}00\ mm^2$

$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

$= \frac{75.\sqrt{20}.75.450.1000}{1200.390}$

$= 533{,}814\ mm^2$

Dipilih yang besar :

$Av,u = 1007{,}148\ mm^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 4 kaki dengan Ø10

$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

$= \frac{4.1/4.\ 3{,}14.10.1000}{1007{,}147}$

$= 311{,}930\ mm$

Jadi dipakai begel :

s = 4 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 671,5/2

= 335,750 mm> s **Ok**

s < 600 = 600 mm> s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

$Vc = 1/6.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 1/6.\sqrt{20}.75.450.671{,}5$

$= 229{,}412\ kN$

$\Phi Vc = \Phi.1/6.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 0{,}75.229{,}412$

$= 172{,}059\ kN$

$\Phi Vc/2 = 172{,}059/2$

$= 86{,}030\ kN$

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{}$

Φ

$= \frac{(267{,}717-172{,}059)}{0{,}75}$

$= 127{,}544$ kN

$Vs_{maks} = 2/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 2/3.\sqrt{20{,}75}.450.671{,}5$

$= 917{,}648$ kN

$Vs_{min} = 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 1/3.\sqrt{20{,}75}.450.671{,}5$

$= 458{,}824$ kN

Jika $= Vs < 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$

$= \frac{127{,}544.1000}{390.671{,}5}$

$= 791{,}412$ mm^2

$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$

$= \frac{450.1000}{3.390}$

$= 625{,}00$ mm^2

$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

$= \frac{75.\sqrt{20{,}75}.450.1000}{1200.390}$

$= 533{,}814$ mm^2

Dipilih yang besar :

$Av,u = 791{,}412$ mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 4 kaki dengan Ø10

$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

$= \frac{4.1/4.\ 3{,}14.10.1000}{}$

$$= \frac{791{,}412}{}$$

$= 396{,}961$ mm

Jadi dipakai begel :

s = 4 kaki Ø10 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 671,5/2

= 335,750 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

A0h = (b.2-Sb).(h-2.Sb)

= (450 - 2.40).(750 - 2.40)

= 247900 mm^2

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}

= 2.{(450-2.40)+(750-2.40)}

= 2080 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ

= 63,206/0,75

= 84,274 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h

= 450.750

= 337500 mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)

= 2.(450.750)

= 2400 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka $= \frac{\Phi.\sqrt{f'c}.(Acp^2)}{12 \quad (Pcp)}$

$= \frac{0{,}75.\sqrt{20{,}75}.(337500^2)}{12 \quad (2400)}$

= 13,512 < Tu (Perlu tulangan torsi)

Luas begel torsi :

A0 = 0,85.A0h

= 0,85.247900

= 210715 mm^2

Avt/s = $\frac{Tn}{2.0,85.A_{0h}.fy.\cot^2\theta}$

= $\frac{84,274}{2.0,85.247900.390}$

= 0,513 mm

Tulangan torsi perlu :

At,u = Avt/s.ph.$\frac{fyv}{fy}$.$\cot^2\theta$

= 0,513.2080.$\frac{240}{390}$

= 656,320 mm^2

Tulangan lentur yang diterpasang :

Ast = 15 D19 mm

= Ast.1/4.π.D^2

= 15.1/4.3,14.19^2

= 4252,931 mm^2

Kontrol luas tulangan lentur dan torsi :

At + Ast = 656,320+4252,931

= 4909,251 mm^2

$\frac{b}{6fyv}$ = $\frac{450}{6.240}$

= 0,313 mm < Avt/s **Ok**

$\frac{\{5.\sqrt{f'c}.Acp}{12.fy} - \frac{(Avt/s).Ph.fyv\}}{fy}$

= $\frac{\{5.\sqrt{20,75.337500}}{11.390} - \frac{(0,513).2080.240\}}{390}$

= 986,186 mm^2 < At + Ast **Ok**

Jumlah tulangan torsi :

n = $\frac{At,u}{¼.\pi.D^2}$

= $\frac{656,320}{¼.3,14.16^2}$

= 3,266 Batang ≈ 4 batang

Jadi dipakai tulangan torsi di kanan – kiri :

At = 4 D16, Luas 804,248 mm^2> At,u **Ok**

B. Balok B1A 60 x 95

Data Perencanaan :

b	=	600	mm
h	=	950	mm
Sb	=	40	mm
D	=	22	mm
dp	=	10	mm
dt	=	19	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	741,345	kNm
$Vu_{tump.}$	=	407,073	kNm
$Vu_{lap.}$	=	348,060	kNm
Tu	=	266,988	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 10 + (22/2)

= 61 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris kedua terhadap tepi serat beton tarik

ds_2 = D/2 + Snv+ D/2

= 22/2 + 22 + 22/2

= 44 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)
= 40 + 10 + (22/2)
= 61 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' = ds'_1
= 61 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds = $ds_1 + (ds_2/2)$
= 61 + (44/2)
= 83 mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$
$$= \frac{(600-2.61)}{(22+40)} + 1$$
= 8,71 batang ≈ 9 batang

Tinggi efektif penampang balok :

d = h – ds
= 950 – 83
= 867,00 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$
$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$
= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$= \frac{741{,}345}{0{,}9.600.867^2}$

$= 1{,}826 \text{ MPa} < K_{maks}$ (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0{,}85.f'c}}\right\}.d$

$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.1{,}826}{0{,}85.20{,}75}}\right\}.867$

$= 94{,}981$ mm

Luas tulangan Tarik perlu :

$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$

$= \frac{0{,}85.20{,}75.94{,}981.600}{390}$

$= 2577{,}267 \text{ mm}^2$

$As,u = \frac{\sqrt{fc}}{4}.fy.b.d$

$= \frac{20{,}75}{4}.390.600.867$

$= 1518{,}990 \text{ mm}^2$

$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$

$= \frac{1{,}4}{390}.600.867$

$= 1867{,}385 \text{ mm}^2$

Dipilih yang besar :

$As,u = 2577{,}267$ mm

Jumlah tulangan Tarik :

$n = \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$

$= \frac{2577{,}267}{¼.3{,}14.22^2}$

= 6,78 Batang ≈ 10 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 10 D22, Luas 3801,33 mm^2> As,u **Ok**

Tekan As' = 5 D22, Luas 1900,66 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$$

$$= \frac{3801,33 - 1900,66}{600.867}$$

$$= 0,365\%$$

Rasio tulangan minimal :

$$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,292\%$$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,359\%$$

Sehingga diambil yang terbesar :

ρ_{min} = 0,359%<ρ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

a = $\frac{As.fy}{0,85.f'c.b}$

= $\frac{3801,33.390}{0,85.20,75.600}$

= 140,091 mm

Momen nominal aktual :

Mn = As.fy.(d - a/2)

= 3801,33.390.(867-140,091/2)

= 1181,499 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn

= 0,9.1181,499

= 1063,349 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

εy = $\frac{fy}{Es}$

= $\frac{390}{200000}$

= 0,002

Regangan tekan beton :

εcu' = $\frac{a}{\beta_1.(d-a).\varepsilon y}$

= $\frac{140,091}{0,85.(867-140,091).0,002}$

= 0,0005< εc' **Ok**

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.600.867

= 394,937 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.394,937

= 296,203 kN

ΦVc/2 = 296,203 /2

= 148,101 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$

$$= \frac{(407,073-296,203)}{0,75}$$

= 147,827 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.600.867

= 1579,749 kN

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.600.867

= 789,875 kN

Jika = Vs < 1/3.√f'c.b.d, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{147,827.1000}{390.867}$$

= 710,432 mm^2

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{600.1000}{3.390}$$

= 833,333 mm^2

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

= $\frac{75.\sqrt{20,75.600.1000}}{1200.390}$

= 711,753 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 711,753 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 4 kaki dengan Ø10

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{4.1/4.\ 3,14.10.1000}{711,753}$

= 441,338 mm

Jadi dipakai begel :

s = 4 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 867/2

= 433,500 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.600.867

= 394,937 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.394,937

= 296,203 kN

ΦVc/2 = 296,203 /2

= 148,101 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(348,060-296,203)}{0,75}$

= 69,143 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.600.867

= 1579,749 kN

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.600.867

= 789,875 kN

Jika = Vs < 1/3.√f'c.b.d, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{69,143.1000}{390.867}$$

= 332,289 mm^2

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{600.1000}{3.390}$$

= 833,333 mm^2

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\sqrt{20,75}.600.1000}{1200.390}$$

= 711,753 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 833,333 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 4 kaki dengan Ø10

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$

$$= \frac{4.1/4.\ 3,14.10.1000}{833,333}$$

= 376,991 mm

Jadi dipakai begel :

s = 4 kaki Ø10 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 867/2

= 433,500 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

A0h = (b.2-Sb).(h-2.Sb)

= (600 - 2.40).(950 - 2.40)

= 452400 mm^2

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}

= 2.{(600-2.40)+(950-2.40)}

= 2780 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ

= 266,988/0,75

= 355,984 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h

= 600.950

= 570000mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)

= 2.(600.950)

= 3100 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka $= \frac{\Phi.\sqrt{f'c}.(Acp^2)}{12 \quad (Pcp)}$

$= \frac{0,75.\sqrt{20,75}.(570000^2)}{12 \quad (3100)}$

= 29,839< Tu (Perlu tulangan torsi)

Luas begel torsi :

A0 = 0,85.A0h

= 0,85.452400

= 384540 mm^2

Avt/s = $\frac{Tn}{2.0,85.A_{0h}.fy.\cot^2\theta}$

= $\frac{355,984}{2.0,85.452400.390}$

= 1,187 mm

Tulangan torsi perlu :

At,u = Avt/s.ph.$\frac{fyv}{fy}$.$\cot^2\theta$

= 1,187.2780.$\frac{240}{390}$

= 2030,420 mm^2

Tulangan lentur yang diterpasang :

Ast = 15 D22 mm

= Ast.1/4.π.D^2

= 15.1/4.3,14.22^2

= 5701,991 mm^2

Kontrol luas tulangan lentur dan torsi :

At + Ast = 2030,420 + 5701,991

= 7732,410 mm^2

$\frac{b}{6fyv}$ = $\frac{600}{6.240}$

= 0,417 mm < Avt/s **Ok**

$\{\frac{5.\sqrt{f'c}.Acp}{12.fy} - \frac{(Avt/s).Ph.fyv}{fy}\}$

$= \{\frac{5.\sqrt{20,75.570000}}{12.390} - (1,187).\frac{2780.240}{390}\}$

= 743,591 mm^2 < At + Ast **Ok**

Jumlah tulangan torsi :

n = $\frac{At,u}{}$

$\frac{1}{4}.\pi.D^2$

$= \underline{2030,420}$

$\frac{1}{4}.3,14.19^2$

$= 7,165$ Batang $\approx$ 8 batang

Jadi dipakai tulangan torsi di kanan – kiri :

At = 8 D19, Luas 2268,230 mm^2> At,u**Ok**

C. Balok B2 40 x 65

Data Perencanaan :

b	=	400	mm
h	=	650	mm
Sb	=	40	mm
D	=	19	mm
dp	=	10	mm
dt	=	16	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	387,376	kNm
$Vu_{tump.}$	=	242,024	kNm
$Vu_{lap.}$	=	190,892	kNm
Tu	=	59,846	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 10 + (19/2)

= 59,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris kedua terhadap tepi serat beton tarik

ds_2 = D/2 + Snv+ D/2

= 19/2 + 19 + 19/2

= 38 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)
= 40 + 10 + (19/2)
= 59,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' = ds'_1
= 59,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds = $ds_1 + (ds_2/2)$
= 59,5 + (38/2)
= 78,5 mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$
$$= \frac{(600-2.59,5)}{(19+40)} + 1$$
= 5,76 batang ≈ 6 batang

Tinggi efektif penampang balok :

d = h – ds
= 650 – 78,5
= 571,50 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$
$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$
= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$= \frac{387,376}{0,9.400.571,5^2}$

$= 3,295$ MPa $< K_{maks}$ (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.3,295}{0,85.20,75}}\right\}.571,5$$

$= 119,179$ mm

Luas tulangan Tarik perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.119,179.400}{390}$$

$= 2155,914$ mm²

$$As,u = \frac{\sqrt{fc}.fy.b.d}{4}$$

$$= \frac{20,75.390.400.571,5}{4}$$

$= 667,514$ mm²

$$As,u = \frac{1,4.b.d}{fy}$$

$$= \frac{1,4.400.571,5}{390}$$

$= 820,615$ mm²

Dipilih yang besar :

As,u = 2155,914 mm

Jumlah tulangan Tarik :

$$n = \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$$

$$= \frac{2155,914}{¼.3,14.19^2}$$

= 7,60 Batang ≈ 8 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 8 D19, Luas 2268,23 mm^2> As,u **Ok**

Tekan As' = 4 D19, Luas 1134,11 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$$

$$= \frac{2268,23 - 1134,11}{400.571,5}$$

$$= 0,496\%$$

Rasio tulangan minimal :

$$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,292\%$$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,359\%$$

Sehingga diambil yang terbesar :

ρ_{min} = 0,359%<ρ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

a = $\frac{As.fy}{0,85.f'c.b}$

= $\frac{2268,23.390}{0,85.20,75.400}$

= 125,388 mm

Momen nominal aktual :

Mn = As.fy.(d - a/2)

= 2268,23.390.(571,5-125,388 /2)

= 450,095 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn

= 0,9.450,095

= 405,085 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

εy = $\frac{fy}{Es}$

= $\frac{390}{200000}$

= 0,002

Regangan tekan beton :

εcu' = $\frac{a}{\beta_1.(d-a).\varepsilon y}$

= $\frac{125,388}{0,85.(867-125,388).0,002}$

= 0,0007< εc' **Ok**

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.400.571,5

= 173,554 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.173,554

= 130,165 kN

ΦVc/2 = 130,165 /2

= 65,083 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$

$$= \frac{(242,024-130,165)}{0,75}$$

= 149,145 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.400.571,5

= 694,215 kN

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.400.571,5

= 347,108 kN

Jika = Vs < 1/3.√f'c.b.d, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{149,145.1000}{390.571,5}$$

= 1087,379 mm^2

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{400.1000}{3.390}$$

= 555,556 mm^2

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$= \frac{75.\sqrt{20,75.400.1000}}{1200.390}$

$= 474,502 \text{ mm}^2$

Dipilih yang besar :

Av,u $= 1087,379 \text{ mm}^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 4 kaki dengan Ø10

s,u $= \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

$= \frac{4.1/4.\ 3,14.10.1000}{1087,379}$

$= 288,914$ mm

Jadi dipakai begel :

s = 4 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 571,5/2

= 285,750 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc $= 1/6.\sqrt{f'c.b.d}$

$= 1/6.\sqrt{20,75.400.571,5}$

$= 173,554$ kN

ΦVc $= \Phi.1/6.\sqrt{f'c.b.d}$

$= 0,75.173,554$

$= 130,165$ kN

ΦVc/2 $= 130,165/2$

$= 65,083$ kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs $= \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

$= \frac{(190,892-130,165)}{0,75}$

$= 80,969$ kN

$Vs_{maks} = 2/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 2/3.\sqrt{20},75.400.571,5$

$= 694,215$ kN

$Vs_{min} = 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 1/3.\sqrt{20},75.400.571,5$

$= 347,108$ kN

Jika = Vs < $1/3.\sqrt{f'c}.b.d$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$

$= \frac{80,969.1000}{390.571,5}$

$= 590,324\ mm^2$

$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$

$= \frac{400.1000}{3.390}$

$= 555,324\ mm^2$

$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

$= \frac{75.\sqrt{20},75.400.1000}{1200.390}$

$= 474,502\ mm^2$

Dipilih yang besar :

$Av,u = 590,324\ mm^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 4 kaki dengan Ø10

$s,u = \frac{n.1/4.\pi.dp^2.S}{Av,u}$

$= \frac{4.1/4.3,14.10.1000}{590,324}$

= 532,181 mm

Jadi dipakai begel :

s = 4 kaki Ø10 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 571,5/2

= 285,75 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

A0h = (b.2-Sb).(h-2.Sb)

= (400 - 2.40).(650 - 2.40)

= 182400 mm^2

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}

= 2.{(400-2.40)+(650-2.40)}

= 1780 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ

= 59,846/0,75

= 79,795 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h

= 400.650

= 260000 mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)

= 2.(400.650)

= 2100 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka $= \frac{\Phi.\sqrt{f'c}.(Acp^2)}{12 \quad (Pcp)}$

$= \frac{0,75.\sqrt{20,75}.(260000^2)}{12 \quad (2100)}$

= 9,165< Tu (Perlu tulangan torsi)

Luas begel torsi :

A0 = 0,85.A0h

= 0,85.182400

= 155040 mm^2

Avt/s = $\frac{Tn}{2.0,85.A_{0h}.fy.\cot^2\theta}$

= $\frac{79,795}{2.0,85.182400.390}$

= 0,660 mm

Tulangan torsi perlu :

At,u = Avt/s.ph.$\frac{fyv}{fy}$.$\cot^2\theta$

= 0,660.1780.$\frac{240}{390}$

= 722,773 mm^2

Tulangan lentur yang diterpasang :

Ast = 12 D19 mm

= Ast.1/4.π.D^2

= 12.1/4.3,14.29^2

= 3402,345 mm^2

Kontrol luas tulangan lentur dan torsi :

At,u + Ast = 722,773 + 3402,345

= 4125,118 mm^2

$\frac{b}{6fyv}$ = $\frac{400}{6.240}$

= 0,278 mm < Avt/s **Ok**

$\{\frac{5.\sqrt{f'c}.Acp}{12.fy} - \frac{(Avt/s).Ph.fyv}{fy}\}$

= $\{\frac{5.\sqrt{20,75}.260000}{12.390} - (0,660).\frac{1780.240}{390}\}$

= 542,565 mm^2 < At + Ast **Ok**

Jumlah tulangan torsi :

n = $\frac{At,u}{}$

$\frac{1}{4}.\pi.D^2$

$= \frac{722,773}{\frac{1}{4}.3,14.16^2}$

$= 3,597$ Batang $\approx$ 4 batang

Jadi dipakai tulangan torsi di kanan – kiri :

At = 4 D16, Luas 804,248 mm^2> At,u **Ok**

D. Balok B3 25 x 35

Data Perencanaan :

b	=	250	mm
h	=	350	mm
Sb	=	40	mm
D	=	12	mm
dp	=	8	mm
dt	=	10	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	57,565	kNm
$Vu_{tump.}$	=	45,322	kNm
$Vu_{lap.}$	=	44,464	kNm
Tu	=	5,730	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (12/2)

= 54 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris kedua terhadap tepi serat beton tarik

ds_2 = D/2 + Snv+ D/2

= 12/2 + 12 + 12/2

= 24 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)
= 40 + 8 + (12/2)
= 54 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' = ds'_1
= 54 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds = $ds_1 + (ds_2/2)$
= 54 + (24/2)
= 66 mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$
$$= \frac{(250-2.54)}{(12+40)} + 1$$
= 3,73 batang ≈ 4 batang

Tinggi efektif penampang balok :

d = h – ds
= 350 – 66
= 284 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$
$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$
= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$= \frac{57,565}{0,9.250.284^2}$

$= 3,172$ MPa $< K_{maks}$ (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$

$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.3,172}{0,85.20,75}}\right\}.284$

$= 56,746$ mm

Luas tulangan Tarik perlu :

$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$

$= \frac{0,85.20,75.56,746.250}{390}$

$= 641,570$ mm²

$As,u = \frac{\sqrt{fc}}{4}.fy.b.d$

$= \frac{20,75}{4}.390.250.284$

$= 207,321$ mm²

$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$

$= \frac{1,4}{390}.250.284$

$= 254,872$ mm²

Dipilih yang besar :

$As,u = 641,570$ mm

Jumlah tulangan Tarik :

$n = \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$

$= \frac{641,570}{¼.3,14.12^2}$

= 5,67 Batang ≈ 6 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 6 D19, Luas 678,58 mm^2> As,u **Ok**

Tekan As' = 3 D19, Luas 339,29 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$$

$$= \frac{678,58 - 339,29}{250.284}$$

$$= 0,478\%$$

Rasio tulangan minimal :

$$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,292\%$$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,359\%$$

Sehingga diambil yang terbesar :

ρ_{min} = 0,359%<ρ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

a = $\frac{As.fy}{0,85.f'c.b}$

= $\frac{678,58.390}{0,85.20,75.250}$

= 60,019 mm

Momen nominal aktual :

Mn = As.fy.(d - a/2)

= 678,58.390.(284-60,019/2)

= 67,218 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn

= 0,9.67,218

= 60,496 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

εy = $\frac{fy}{Es}$

= $\frac{390}{200000}$

= 0,002

Regangan tekan beton :

εcu' = $\frac{a}{\beta_1.(d-a).\varepsilon y}$

= $\frac{125,388}{0,85.(284-60,019).0,002}$

= 0,0006< εc' **Ok**

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.250.284
= 53,903 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d
= 0,75.53,903
= 40,428 kN

ΦVc/2 = 130,165 /2
= 40,428 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$
$$= \frac{(45,322-40,428)}{0,75}$$
= 6,526 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d
= 2/3.√20,75.250.284
= 215,614 kN

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d
= 1/3.√20,75.250.284
= 107,807 kN

Jika = Vs < 1/3.√f'c.b.d, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$
$$= \frac{6,526.1000}{390.284}$$
= 95,744 mm^2

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$
$$= \frac{250.1000}{3.390}$$
= 347,222 mm^2

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

= $\frac{75.\sqrt{20,75}.250.1000}{1200.390}$

= 296,564 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 347,222 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{4.1/4.\ 3,14.8.1000}{347,222}$

= 289,529 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 284/2

= 142,00 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.$\sqrt{}$f'c.b.d

= 1/6.$\sqrt{}$20,75.250.284

= 53,903 kN

ΦVc = Φ.1/6.$\sqrt{}$f'c.b.d

= 0,75.53,903

= 40,428 kN

ΦVc/2 = 40,428 /2

= 20,214 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(44,464-40,428)}{0,75}$

= 5,382 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.250.284

= 215,614 kN

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.250.284

= 107,807 kN

Jika = Vs < 1/3.√f'c.b.d, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{5,382.1000}{390.284}$$

= 78,960 mm^2

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{250.1000}{3.390}$$

= 347,222 mm^2

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\sqrt{20,75}.250.1000}{1200.390}$$

= 296,564 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 347,222 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$

$$= \frac{2.1/4.\ 3,14.8.1000}{347,222}$$

= 289,529 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 125 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 284/2

= 142,00 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

A0h = (b.2-Sb).(h-2.Sb)

= (250 - 2.40).(350 - 2.40)

= 45900 mm^2

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}

= 2.{(250-2.40)+(350-2.40)}

= 880 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ

= 5,730/0,75

= 7,640 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h

= 250.350

= 87500 mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)

= 2.(250.350)

= 1200 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka $= \frac{\Phi.\sqrt{f'c}.(Acp^2)}{12 \quad (Pcp)}$

$= \frac{0,75.\sqrt{20,75}.(87500^2)}{12 \quad (1200)}$

= 1,816< Tu (Perlu tulangan torsi)

Luas begel torsi :

A_0 = 0,85.A0h

= 0,85.45900

= 39015 mm^2

Avt/s = $\frac{Tn}{2.0,85.A_{0h}.fy.\cot^2\theta}$

= $\frac{7,640}{2.0,85.45900.390}$

= 0,251 mm

Tulangan torsi perlu :

At,u = Avt/s.ph.$\frac{fyv}{fy}$.$\cot^2\theta$

= 0,251.880.$\frac{240}{390}$

= 135,955 mm^2

Tulangan lentur yang diterpasang :

Ast = 9 D12 mm

= Ast.1/4.π.D^2

= 9.1/4.3,14.12^2

= 1017,876 mm^2

Kontrol luas tulangan lentur dan torsi :

At,u + Ast = 135,955 + 1017,876

= 1153,831 mm^2

$\frac{b}{6fyv}$ = $\frac{250}{6.240}$

= 0,174 mm < Avt/s **Ok**

$\{\frac{5.\sqrt{f'c}.Acp}{12.fy} - \frac{(Avt/s).Ph.fyv}{fy}\}$

= $\{\frac{5.\sqrt{20,75.87500}}{12.390} - \frac{(0,251).880.240}{390}\}$

= 289,880 mm^2 < At + Ast **Ok**

Jumlah tulangan torsi :

n = $\frac{At,u}{}$

$\frac{1}{4}.\pi.D^2$

$= \underline{135,995}$

$\frac{1}{4}.3,14.10^2$

$= 1,732$ Batang $\approx$ 2 batang

Jadi dipakai tulangan torsi di kanan – kiri :

At = 2 D10, Luas 157,080 mm^2 > At,u **Ok**

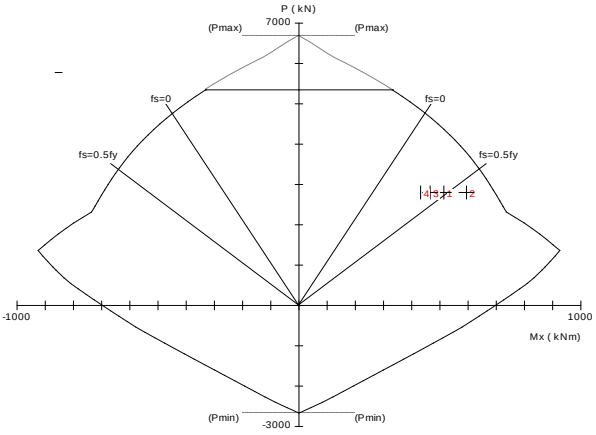
1.5.3 Perhitungan kolom

A. Kolom K1 65 x 65

Data Perencanaan :

b	=	650	mm
h	=	650	mm
Sb	=	40	mm
D	=	22	mm
dp	=	10	mm
d	=	589	mm
ds	=	61	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Pu	=	2802,17	Mpa
Mu	=	594,522	kNm
$Vu_{tump.}$	=	382,321	kNm
$Vu_{lap.}$	=	285,656	kNm

a) Desain Tulangan tekan



Gambar 1.9 Analisis spColumn K1

Sumber : spColumn v4.50 (2009)

Dari analisis menggunakan program spColumn di dapat :

As = 20 D22, Luas 7602,654 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Kolom

Menurut SNI 2847:2013Pasal 21.6.3.1, Luas tulangan memanjang Ast, tidak boleh kurang dari sebagai berikut :

$\rho = \frac{As}{b.d}$

$= \frac{7602,654}{650.589}$

$= 1,986\%$

ρ_{min} = 1,00% < ρ **Ok**

ρ_{maks} = 6,00% > ρ **Ok**

c) Kontrol Beban Aksial Kolom

Menurut SNI 2847:2013, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur

Dimana :

Ag = b.h

= 650.650

= 422500 mm^2

Ast = ρ.Ag

= 1,986.422500

= 8390,026 mm^2

ϕPn = 0,8. Φ.0,85.f'c.(Ag-Ast)+fy.Ast

= 0,8.0,65.0,85.20,75.(422500-8390,026) +390.8390,026

= 5499,507 kN > Pu **Ok**

d) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = $(1+\frac{Pu}{14.Ag}).\frac{\sqrt{f'c}}{6}.b.d$

= $(1+\frac{2802,172}{14.422500}).\frac{\sqrt{20,75}}{6}.650.589$

= 428,358 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(382,321-0,75.428,358)}{0,75}$

= 81,403 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.650.589

= 1162,643 kN> Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 581,322 kN

Jika = Vs <Vs_{min}, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

Av,u = $\frac{Vs.S}{fy.d}$

= $\frac{81,403.1000}{390.589}$

= 575,855 mm^2

Av,u = $\frac{b.S}{3.fy}$

= $\frac{650.1000}{3.390}$

= 902,778 mm^2

Av,u = $\frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

= $\frac{75.\sqrt{20,75}.650.1000}{1200.390}$

= 771,065 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 902,778 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.\ 3,14.10.1000}{902,778}$

= 173,996 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.22

= 352 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 284/2

= 142,00 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = $(1\frac{+Pu}{14.Ag}).\frac{\sqrt{f'c}}{6}.b.d$

= $(1\frac{+2802,172}{14.422500}).\frac{\sqrt{20,75}}{6}.650.589$

= 428,358 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(285,656-0,75.428,358)}{0,75}$

= -47,484 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.650.589

= 1162,643 kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.650.589

= 581,322 kN

Jika = Vs < Vs_{min}, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

Av,u = $\frac{Vs.S}{fy.d}$

= $\frac{-47,484.1000}{390.589}$

= -335,907 mm^2

Av,u = $\frac{b.S}{3.fy}$

= $\frac{650.1000}{3.390}$

= 902,778 mm^2

Av,u = $\frac{75.\sqrt{f'c.b.S}}{1200.fy}$

= $\frac{75.\sqrt{20,75.650.1000}}{1200.390}$

= 771,065 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 902,778 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.\ 3,14.10.1000}{902,778}$

= 173,996 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.22

= 352 mm > s **Ok**

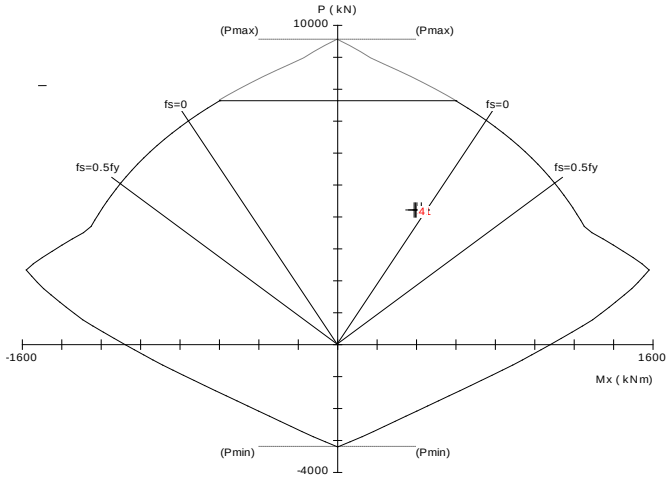
s < 48.dp	= 48.10	
	= 480 mm > s	**Ok**
s < d/2	= 589/2	
	= 294,50 mm > s	**Ok**
s < 600	= 600 mm > s	**Ok**

B. Kolom K1A 80 x 80

Data Perencanaan :

b	=	800	mm
h	=	800	mm
Sb	=	40	mm
D	=	22	mm
dp	=	10	mm
d	=	739	mm
ds	=	61	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Pu	=	4217,15	Mpa
Mu	=	424,346	kNm
$Vu_{tump.}$	=	390,876	kNm
$Vu_{lap.}$	=	327,862	kNm

a) Desain Tulangan tekan



Gambar 1.10Analisis spColumn K1A

Sumber : spColumn v4.50 (2009)

Dari analisis menggunakan program spColumn di dapat :

As = 24 D22, Luas 9123,185 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Kolom

Menurut SNI 2847:2013Pasal 21.6.3.1, luas tulangan memanjang Ast, tidak boleh kurang dari sebagai berikut :

$\rho = \frac{As}{b.d}$

$= \frac{9123,185}{800.739}$

$= 1,543\%$

$\rho_{min} = 1,00\% < \rho$ **Ok**

$\rho_{maks} = 6,00\% > \rho$ **Ok**

c) Kontrol Beban Aksial Kolom

Menurut SNI 2847:2013,kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur

Dimana :

Ag = b.h

= 800.800

= 640000 mm^2

Ast = ρ.Ag

= 1,543.640000

= 9876,249 mm^2

ϕPn = 0,8. Φ.0,85.f'c.(Ag-Ast)+fy.Ast

= 0,8.0,65.0,85.20,75.(640000-9876,249)

+390.9876,249

= 7782,083 kN > Pu **Ok**

d) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = $(1+\frac{Pu}{14.Ag}).\frac{\sqrt{f'c}.b.d}{6}$

= $(1+\frac{4217,156}{14.640000}).\frac{\sqrt{20,75}.800.739}{6}$

= 660,094 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(390,876-0,75.660,094)}{0,75}$

= -138,926 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.800.739

= 1795,363 kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 897,681 kN

Jika = Vs < Vs_{min}, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

Av,u = $\frac{Vs.S}{fy.d}$

= $\frac{-138,926.1000}{390.739}$

= -783,301 mm^2

Av,u = $\frac{b.S}{3.fy}$

= $\frac{800.1000}{3.390}$

= 1111,111 mm^2

Av,u = $\frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

= $\frac{75.\sqrt{20,75}.850.1000}{1200.390}$

= 949,003 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 1111,111 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 4 kaki dengan Ø10

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{4.1/4.\ 3,14.10.1000}{1111,111}$

= 141,372 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.22

= 352 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 738/2

= 369,50 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = $(1+\frac{Pu}{14.Ag}).\frac{\sqrt{f'c}}{6}.b.d$

= $(1+\frac{4217,156}{14.640000}).\frac{\sqrt{20,75}}{6}.800.739$

= 660,094 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(327,862-0,75.660,094)}{0,75}$

= -222,945 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.800.739

= 1795,363 kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.800.739

= 897,681 kN

Jika = $Vs < Vs_{min}$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{-222,945.1000}{390.739}$$

$= -1257,019 mm^2$

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{800.1000}{3.390}$$

$= 1111,111 mm^2$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\sqrt{20,75}.800.1000}{1200.390}$$

$= 949,003 mm^2$

Dipilih yang besar :

Av,u = $1111,111 mm^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 4 kaki dengan Ø10

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$

$$= \frac{4.1/4.\ 3,14.10.1000}{1111,111}$$

= 282,743 mm

Jadi dipakai begel :

s = 4 kaki Ø10 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.22

= 352 mm > s **Ok**

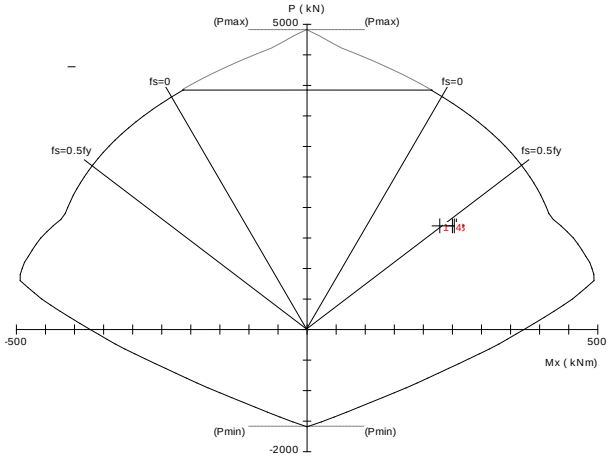
s < 48.dp	= 48.10	
	= 480 mm > s	**Ok**
s < d/2	= 739/2	
	= 369,50 mm > s	**Ok**
s < 600	= 600 mm > s	**Ok**

C. Kolom K1B 60 x 60

Data Perencanaan :

b	=	600	mm
h	=	600	mm
Sb	=	40	mm
D	=	19	mm
dp	=	10	mm
d	=	540,5	mm
ds	=	59,5	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Pu	=	1697,90	Mpa
Mu	=	256,734	kNm
$Vu_{tump.}$	=	237,728	kNm
$Vu_{lap.}$	=	217,885	kNm

a) Desain Tulangan tekan



Gambar 1.11Analisis spColumn K1B

Sumber : spColumn v4.50 (2009)

Dari analisis menggunakan program spColumn di dapat :

As = 16 D19, Luas 4536,46 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan memanjang Ast, tidak boleh kurang dari sebagai berikut :

$\rho = \frac{As}{b.d}$

$= \frac{4536,46}{600.540,5}$

$= 1,399\%$

ρ_{min} = 1,00% < ρ **Ok**

ρ_{maks} = 6,00% > ρ **Ok**

c) Kontrol Beban Aksial Kolom

Menurut SNI 2847:2013, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur

Dimana :

Ag = b.h

= 600.600

= 360000 mm^2

Ast = ρ.Ag

= 1,399.360000

= 5035,848 mm^2

ϕPn = 0,8. Φ.0,85.f'c.(Ag-Ast)+fy.Ast

= 0,8.0,65.0,85.20,75.(360000-5035,848) +390.5035,848

= 4276,824 kN > Pu **Ok**

d) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

$Vc = (1+\frac{Pu}{}).\sqrt{f'c}.b.d$

$$= (1+\frac{14.Ag}{1697,900}).\sqrt{\frac{6}{20,75}}.600.540,5$$

$$= (1+\frac{14.360000}{1697,900}).\sqrt{\frac{6}{20,75}}.600.540,5$$

$$= 329,154 \text{ kN}$$

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$

$$= \frac{(237,728-0,75.329,154)}{0,75}$$

$$= -12,183 \text{ kN}$$

$$Vs_{maks} = 2/3.\sqrt{f'c}.b.d$$

$$= 2/3.\sqrt{20,75}.600.540,5$$

$$= 984,838 \text{ kN} > Vs \quad \text{(Memenuhi)}$$

$$Vs_{min} = 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$$

$$= 492,419 \text{ kN}$$

Jika = $Vs < Vs_{min}$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{-12,183.1000}{390.540,5}$$

$$= -93,918 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{600.1000}{3.390}$$

$$= 833,333 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\sqrt{20,75}.600.1000}{1200.390}$$

$$= 711,753 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar :

$$Av,u = 833,333 \text{ mm}^2$$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$

$$= \frac{2.1/4.\ 3,14.10.1000}{833,333}$$

= 188,496 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.19

= 304 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 540,5/2

= 270,25 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

$$Vc = (1+\frac{Pu}{14.Ag}).\frac{\sqrt{f'c}}{6}.b.d$$

$$= (1+\frac{1697,900}{14.360000}).\frac{\sqrt{20,75}}{6}.600.540,5$$

= 329,154 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$

$$= \frac{(217,885-0,75.329,154)}{0,75}$$

= -38,640 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.600.540,5

= 984,838 kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.600.540,5

= 492,419 kN

Jika = $Vs < Vs_{min}$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

Av,u = $\frac{Vs.S}{fy.d}$

= $\frac{-38,640.1000}{390.540,5}$

= -297,875 mm^2

Av,u = $\frac{b.S}{3.fy}$

= $\frac{600.1000}{3.390}$

= 833,333 mm^2

Av,u = $\frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

= $\frac{75.\sqrt{20,75}.600.1000}{1200.390}$

= 711,753 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 833,333 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

s,u = $\frac{n.1/4.\pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.3,14.10.1000}{833,333}$

= 188,496 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.19

= 352 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 540,5/2

= 270,25 mm > s **Ok**

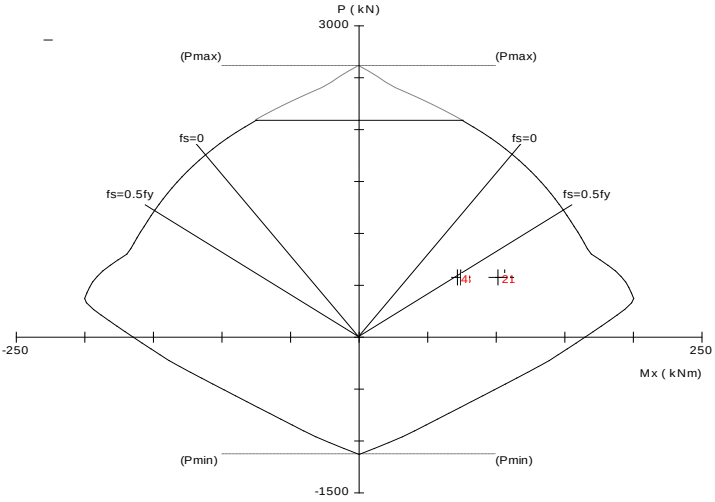
s < 600 = 600 mm > s **Ok**

D. Kolom K2 40 x 40

Data Perencanaan :

b	=	400	mm
h	=	400	mm
Sb	=	40	mm
D	=	16	mm
dp	=	10	mm
d	=	342	mm
ds	=	58	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Pu	=	576,687	Mpa
Mu	=	106,152	kNm
$Vu_{tump.}$	=	51,854	kNm
$Vu_{lap.}$	=	49,888	kNm

a) Desain Tulangan tekan



Gambar 1.12Analisis spColumn K2

Sumber : spColumn v4.50 (2009)

Dari analisis menggunakan program spColumn di dapat :

As = 16 D16, Luas 3216,991 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan memanjang Ast, tidak boleh kurang dari sebagai berikut :

$\rho = \frac{As}{b.d}$

$= \frac{3216,991}{400.342}$

$= 2,352\%$

$\rho_{min} = 1,00\% < \rho$ **Ok**

$\rho_{maks} = 6,00\% > \rho$ **Ok**

c) Kontrol Beban Aksial Kolom

Menurut SNI 2847:2013, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur

Dimana :

Ag = b.h

= 400.400

= 160000 mm^2

Ast = ρ.Ag

= 2,352.160000

= 3762,562 mm^2

ϕPn = 0,8. Φ.0,85.f'c.(Ag-Ast)+fy.Ast

= 0,8.0,65.0,85.20,75.(160000-3762,562)

+390.3762,562

= 2195,979 kN > Pu **Ok**

d) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = $(1+\frac{Pu}{14.Ag}).\frac{\sqrt{f'c}}{6}.b.d$

= $(1+\frac{576,687}{14.160000}).\frac{\sqrt{20,75}}{6}.400.342$

= 130,597 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(51,854-0,75.130,597)}{0,75}$

= -61,459 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.400.342

= 415,436 kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 207,718 kN

Jika = Vs < Vs_{min}, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

Av,u = $\frac{Vs.S}{fy.d}$

= $\frac{-61,459.1000}{390.342}$

= -748,766 mm^2

Av,u = $\frac{b.S}{3.fy}$

= $\frac{400.1000}{3.390}$

= 555,556 mm^2

Av,u = $\frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

= $\frac{75.\sqrt{20,75}.400.1000}{1200.390}$

= 474,502 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 555,556 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.\ 3,14.10.1000}{555,556}$

= 282,743 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.16

= 256 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 342/2

= 171 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = $(1\frac{+Pu}{14.Ag}).\frac{\sqrt{f'c}}{6}.b.d$

= $(1\frac{+576,687}{14.160000}).\frac{\sqrt{20,75}}{6}.400.342$

= 130,597 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(49,888-0,75.130,597)}{0,75}$

= -64,080 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.400.342

= 415,436 kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.400.342

= 207,718 kN

Jika = Vs < Vs_{min}, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{-64,080.1000}{390.342}$$

= -780,702 mm^2

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{400.1000}{3.390}$$

= 555.556 mm^2

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\sqrt{20,75}.400.1000}{1200.390}$$

= 474,502 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 555,556 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$

$$= \frac{2.1/4.\ 3,14.10.1000}{555,556}$$

= 282,743 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.16

= 256 mm > s **Ok**

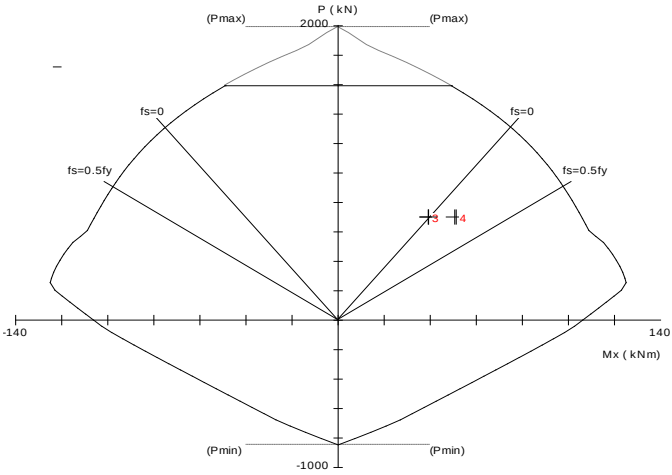
s < 48.dp	= 48.10	
	= 480 mm > s	**Ok**
s < d/2	= 342/2	
	= 171 mm > s	**Ok**
s < 600	= 600 mm > s	**Ok**

E. Kolom KLF 35 x 35

Data Perencanaan :

b	=	350	mm
h	=	350	mm
Sb	=	40	mm
D	=	16	mm
dp	=	10	mm
d	=	292	mm
ds	=	58	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Pu	=	699,706	Mpa
Mu	=	51,243	kNm
$Vu_{tump.}$	=	63,877	kNm
$Vu_{lap.}$	=	62,852	kNm

a) Desain Tulangan tekan



Gambar 1.13 Analisis spColumn KLF
Sumber : spColumn v4.50 (2009)

Dari analisis menggunakan program spColumn di dapat :

As = 12 D16, Luas 2412,743 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan memanjang Ast, tidak boleh kurang dari sebagai berikut :

$\rho = \frac{As}{b.d}$

$= \frac{2412,743}{350.292}$

$= 2,361\%$

$\rho_{min} = 1,00\% < \rho$ **Ok**

$\rho_{maks} = 6,00\% > \rho$ **Ok**

c) Kontrol Beban Aksial Kolom

Menurut SNI 2847:2013, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur

Dimana :

Ag = b.h

= 350.350

= 122500 mm^2

Ast = ρ.Ag

= 2,361.122500

= 2891,987 mm^2

ϕPn = 0,8. Φ.0,85.f'c.(Ag-Ast)+fy.Ast

= 0,8.0,65.0,85.20,75.(122500-2891,987) +390.2891,987

= 1683,480 kN > Pu **Ok**

d) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

$$Vc = \frac{(1+Pu)}{14.Ag}.\frac{\sqrt{f'c}}{6}.b.d$$

$$= \frac{(1+699,706)}{14.122500}.\frac{\sqrt{20,75}}{6}.350.292$$

$$= 109,247 \text{ kN}$$

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$

$$= \frac{(63,877-0,75.109,247)}{0,75}$$

$$= -24,077 \text{ kN}$$

$$Vs_{maks} = 2/3.\sqrt{f'c}.b.d$$

$$= 2/3.\sqrt{20,75}.350.292$$

$$= 310,362 \text{ kN} > Vs \quad \text{(Memenuhi)}$$

$$Vs_{min} = 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$$

$$= 155,181 \text{ kN}$$

Jika = $Vs < Vs_{min}$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{-24,077.1000}{390.292}$$

$$= -343,572 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{350.1000}{3.390}$$

$$= 486,111 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\sqrt{20,75}.350.1000}{1200.390}$$

$$= 415,189 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar :

Av,u = 486,111 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.\ 3,14.10.1000}{486,111}$

= 323,135 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.16

= 256 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 292/2

= 146 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = $(1\frac{+Pu}{14.Ag}).\frac{\sqrt{f'c}.b.d}{6}$

= $(1\frac{+699,706}{14.122500}).\frac{\sqrt{20,75}.350.292}{6}$

= 109,247 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(62,852-0,75.109,247)}{0,75}$

= -25,444 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.350.292

= 310,362 kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = $1/3.\sqrt{f'c}.b.d$

= $1/3.\sqrt{20}.75.350.292$

= 155,181 kN

Jika = $Vs < Vs_{min}$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

Av,u = $\frac{Vs.S}{fy.d}$

= $\frac{-25,444.1000}{390.292}$

= -363,073 mm^2

Av,u = $\frac{b.S}{3.fy}$

= $\frac{350.1000}{3.390}$

= 486,111 mm^2

Av,u = $\frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

= $\frac{75.\sqrt{20}.75.350.1000}{1200.390}$

= 415,189 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 486,111 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

s,u = $\frac{n.1/4.\pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.3,14.10.1000}{555,556}$

= 282,743 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 125 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.16

	= 256 mm > s	**Ok**
s < 48.dp	= 48.10	
	= 480 mm > s	**Ok**
s < d/2	= 292/2	
	= 146 mm > s	**Ok**
s < 600	= 600 mm > s	**Ok**

1.6 Perhitungan Struktur Sekunder

1.6.1 Perhitungan balok anak

A. Balok B4 25 x 40

Data Perencanaan :

b	=	250	mm
h	=	400	mm
Sb	=	40	mm
D	=	16	mm
dp	=	8	mm
dt	=	12	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	88,500	kNm
$Vu_{tump.}$	=	65,181	kNm
$Vu_{lap.}$	=	63,771	kNm
Tu	=	8,029	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (16/2)

= 56 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris kedua terhadap tepi serat beton tarik

ds_2 = D/2 + Snv+ D/2

= 16/2 + 16 + 16/2

= 32 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (16/2)

= 56 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' = ds'_1

= 56 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds = $ds_1 + (ds_2/2)$

= 56 + (32/2)

= 72 mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$

$$= \frac{(350-2.56)}{(16+40)} + 1$$

= 3,46 batang ≈ 3 batang

Tinggi efektif penampang balok :

d = h – ds

= 400 – 72

= 328 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$

= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$= \frac{88,500}{0,9.250.328^2}$

$= 3,656$ MPa $< K_{maks}$ (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.3,656}{0,85.20,75}}\right\}.328$$

$= 77,038$ mm

Luas tulangan Tarik perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.77,038.250}{390}$$

$= 870,995$ mm²

$$As,u = \frac{\sqrt{fc}.fy.b.d}{4}$$

$$= \frac{20,75.390.250.328}{4}$$

$= 239,441$ mm²

$$As,u = \frac{1,4.b.d}{fy}$$

$$= \frac{1,4.250.328}{390}$$

$= 294,359$ mm²

Dipilih yang besar :

$As,u = 870,995$ mm

Jumlah tulangan Tarik :

$$n = \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$$

$$= \frac{870,995}{¼.3,14.16^2}$$

= 4,33 Batang ≈ 5 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 5 D16, Luas 1005,31 mm^2> As,u **Ok**

Tekan As' = 3 D19, Luas 502,65 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$$

$$= \frac{1005,31 - 502,65}{250.328}$$

$$= 0,613\%$$

Rasio tulangan minimal :

$$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,292\%$$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,359\%$$

Sehingga diambil yang terbesar :

ρ_{min} = 0,359%<ρ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

a = As.fy
0,85.f'c.b
= 1005,31.390
0,85.20,75.250
= 88,918 mm

Momen nominal aktual :

Mn = As.fy.(d - a/2)
= 1005,31.390.(328-88,918/2)
= 111,168 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn
= 0,9.111,168
= 100,051 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

εy = fy
Es
= 390
200000
= 0,002

Regangan tekan beton :

εcu' = a
β_1.(d-a).εy
= 88,918
0,85.(328-88,918).0,002
= 0,0009< εc' **Ok**

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d
= 1/6.√20,75.250.328

= 62,255 kN

ΦVc = Φ.1/6.$\sqrt{f'c}$.b.d

= 0,75.62,255

= 46,691 kN

$\Phi Vc/2$ = 46,691 /2

= 23,345 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

$= \frac{(65,181-46,691)}{0,75}$

= 24,653 kN

Vs_{maks} = 2/3.$\sqrt{f'c}$.b.d

= 2/3.$\sqrt{20}$,75.250.328

= 249,019 kN

Vs_{min} = 1/3.$\sqrt{f'c}$.b.d

= 1/3.$\sqrt{20}$,75.250.328

= 124,509 kN

Jika = Vs < 1/3.$\sqrt{f'c}$.b.d, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$

$= \frac{24,653.1000}{390.328}$

= 313,178 mm^2

$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$

$= \frac{250.1000}{3.390}$

= 347,222 mm^2

$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

$= \frac{75.\sqrt{20},75.250.1000}{}$

1200.390

= 296,564 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 347,222 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.\ 3,14.8.1000}{347,222}$

= 289,529 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 328/2

= 164 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.250.328

= 62,255 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.62,255

= 46,691 kN

ΦVc/2 = 46,691 /2

= 23,345 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(63,771-46,691)}{0,75}$

= 22,773 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d
= 2/3.√20,75.250.328
= 249,019 kN

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d
= 1/3.√20,75.250.328
= 124,509 kN

Jika = Vs < 1/3.√f'c.b.d, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d} = \frac{22,773.1000}{390.328} = 289,296 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy} = \frac{250.1000}{3.390} = 347,222 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy} = \frac{75.\sqrt{20,75}.250.1000}{1200.390} = 296,564 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar :

Av,u = 347,222 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u} = \frac{4.1/4.\ 3,14.8.1000}{347,222} = 289,529 \text{ mm}$$

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 328/2

= 164 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

A0h = (b.2-Sb).(h-2.Sb)

= (250 - 2.40).(400 - 2.40)

= 54400 mm^2

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}

= 2.{(250-2.40)+(400-2.40)}

= 980 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ

= 8,029/0,75

= 10,705 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h

= 250.400

= 100000 mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)

= 2.(250+400)

= 1300 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka = $\frac{\Phi.\sqrt{f'c}.(Acp^2)}{12 \quad (Pcp)}$

= $\frac{0,75.\sqrt{20,75}.(100000^2)}{12 \qquad (1300)}$

= 2,190< Tu (Perlu tulangan torsi)

Luas begel torsi :

A_0 = 0,85.A0h

= 0,85.54400

= 46240 mm^2

Avt/s = $\frac{Tn}{2.0,85.A_{0h}.fy.\cot^2\theta}$

= $\frac{10,705}{2.0,85.54400.390}$

= 0,297 mm

Tulangan torsi perlu :

At,u = Avt/s.ph.$\frac{fyv}{fy}$.$\cot^2\theta$

= 0,297.980.$\frac{240}{390}$

= 179,003 mm^2

Tulangan lentur yang diterpasang :

Ast = 8 D16 mm

= Ast.1/4.π.D^2

= 8.1/4.3,14.16^2

= 1507,964 mm^2

Kontrol luas tulangan lentur dan torsi :

At,u + Ast = 179,003+1507,964

= 1686,968 mm^2

$\frac{b}{6fyv}$ = $\frac{250}{6.240}$

= 0,174 mm < Avt/s **Ok**

$\{\frac{5.\sqrt{f'c}.Acp}{12.fy} - \frac{(Avt/s).Ph.fyv}{fy}\}$

= $\{\frac{5.\sqrt{20,75.100000}}{12.390} - \frac{(0,297).980.240}{390}\}$

= 307,665 mm^2 < At + Ast **Ok**

Jumlah tulangan torsi :

n = $\frac{At,u}{¼.\pi.D^2}$

$= \underline{179{,}003}$

$¼.3{,}14.12^2$

$= 1{,}584$ Batang $\approx$ 2 batang

Jadi dipakai tulangan torsi di kanan – kiri :

At = 2 D12, Luas 226,195 mm^2> At,u **Ok**

B. Balok B5 20 x 35

Data Perencanaan :

b	=	200	mm
h	=	350	mm
Sb	=	40	mm
D	=	12	mm
dp	=	8	mm
dt	=	10	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	17,649	kNm
$Vu_{tump.}$	=	20,799	kNm
$Vu_{lap.}$	=	19,755	kNm
Tu	=	1,105	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (12/2)

= 54 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris kedua terhadap tepi serat beton tarik

ds_2 = D/2 + Snv+ D/2

= 12/2 + 12 + 12/2

= 24 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)
= 40 + 8 + (12/2)
= 54 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' = ds'_1
= 54 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds = $ds_1 + (ds_2/2)$
= 54 + (24/2)
= 66 mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$
$$= \frac{(200-2.54)}{(12+40)} + 1$$
= 2,77 batang ≈ 3 batang

Tinggi efektif penampang balok :

d = h – ds
= 350 – 66
= 284 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$
$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$
= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$
$$= \frac{17,649}{0,9.200.284^2}$$

= 1,216 MPa < K_{maks} (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.1,216}{0,85.20,75}}\right\}.284$$

= 20,300 mm

Luas tulangan Tarik perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.20,300.200}{390}$$

= 183,612 mm²

$$As,u = \frac{\sqrt{fc}.fy.b.d}{4}$$

$$= \frac{20,75.390.200.284}{4}$$

= 165,857 mm²

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1,4}{390}.200.284$$

= 203,897 mm²

Dipilih yang besar :

As,u = 203,897 mm

Jumlah tulangan Tarik :

$$n = \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$$

$$= \frac{203,897}{¼.3,14.12^2}$$

= 1,80 Batang ≈ 2 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 4 D12, Luas 452,39 mm^2> As,u **Ok**
Tekan As' = 2 D12, Luas 226,19 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$$

$$= \frac{452,39 - 226,19}{200.284}$$

$$= 0,398\%$$

Rasio tulangan minimal :

$$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,292\%$$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,359\%$$

Sehingga diambil yang terbesar :

ρ_{min} = 0,359%<ρ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

$$a = \frac{As.fy}{}$$

$$0,85.f'c.b$$
$$= \frac{452,39.390}{0,85.20,75.200}$$
$$= 50,016 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual :

Mn = As.fy.(d - a/2)
= 452,39.390.(284-50,016/2)
= 45,694 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn
= 0,9.45,694
= 41,125 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

$$\varepsilon y = \frac{fy}{Es}$$
$$= \frac{390}{200000}$$
$$= 0,002$$

Regangan tekan beton :

$$\varepsilon cu' = \frac{a}{\beta_1.(d-a).\varepsilon y}$$
$$= \frac{88,918}{0,85.(284-50,016).0,002}$$
$$= 0,0005 < \varepsilon c' \quad \textbf{Ok}$$

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d
= 1/6.√20,75.200.284
= 43,123 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d
= 0,75.43,123
= 32,342 kN
ΦVc/2 = 32,342 /2
= 16,171 kN
Jika = ΦVc /2 <Vu <ΦVc, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$
$$= \frac{200.1000}{3.390}$$
$$= 277{,}778 \text{ mm}^2$$
$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$
$$= \frac{75.\sqrt{20}.75.200.1000}{1200.390}$$
$$= 237{,}251 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar :

Av,u = 277,778 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$
$$= \frac{2.1/4.\ 3{,}14.8.1000}{277{,}778}$$
$$= 361{,}911 \text{ mm}$$

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 284/2
= 142 mm > s **Ok**
s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d
= 1/6.√20,75.200.284
= 43,123 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d
= 0,75.43,123
= 32,342 kN

ΦVc/2 = 32,342 /2
= 16,171 kN

Jika = ΦVc /2 < Vu <ΦVc, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$
$$= \frac{200.1000}{3.390}$$
$$= 277,778 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$
$$= \frac{75.\sqrt{20,75}.200.1000}{1200.390}$$
$$= 237,251 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar :

Av,u = 277,778 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$
$$= \frac{4.1/4.\ 3,14.8.1000}{277,778}$$
= 361,911 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 125 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 284/2
= 142 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

A0h = (b.2-Sb).(h-2.Sb)
= (200 - 2.40).(350 - 2.40)
= 32400 mm^2

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}
= 2.{(200-2.40)+(350-2.40)}
= 780 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ
= 1,105/0,75
= 1,473 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h
= 200.350
= 70000 mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)
= 2.(200+350)
= 1100 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka $= \frac{\Phi.\sqrt{f'c}.(Acp^2)}{12 \quad (Pcp)}$

$= \frac{0,75.\sqrt{20,75}.(70000^2)}{12 \qquad (1100)}$

= 1,473 > Tu (Tidak perlu tulangan torsi)

C. Balok Konsol BK 35 x 50

Data Perencanaan :

b	=	350	mm
h	=	500	mm
Sb	=	40	mm
D	=	19	mm
dp	=	8	mm
dt	=	16	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	149,602	kNm
$Vu_{tump.}$	=	92,507	kNm
$Vu_{lap.}$	=	23,695	kNm
Tu	=	34,509	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (19/2)

= 57,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (19/2)

= 57,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' = ds'_1

= 57,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds = ds_1

= 57,5 mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$

$$= \frac{(350-2.57,5)}{(19+40)} + 1$$

= 4,98 batang ≈ 5 batang

Tinggi efektif penampang balok :

d = h – ds

= 500 – 57,5

= 442,50 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$

= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{149,602}{0,9.350.442,50^2}$$

= 2,425 MPa < K_{maks} (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.2,425}{0,85.f'c}}\right\}.442,5$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.2,425}{0,85.20,75}}\right\}.442,5$$

$= 65,735$ mm

Luas tulangan Tarik perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.65,735.350}{390}$$

$= 1040,485$ mm²

$$As,u = \frac{\sqrt{fc}.fy.b.d}{4}$$

$$= \frac{20,75.390.350.442,5}{4}$$

$= 452,237$ mm²

$$As,u = \frac{1,4.b.d}{fy}$$

$$= \frac{1,4.350.442,5}{390}$$

$= 555,962$ mm²

Dipilih yang besar :

$As,u = 1040,485$ mm

Jumlah tulangan Tarik :

$$n = \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$$

$$= \frac{1040,485}{¼.3,14.19^2}$$

$= 3,67$ Batang ≈ 4 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 5 D19, Luas 1417,64 mm^2 > As,u **Ok**

Tekan As' = 3 D19, Luas 708,82 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$$

$$= \frac{1417,64 - 708,82}{350.442,5}$$

$$= 0,458\%$$

Rasio tulangan minimal :

$$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,292\%$$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,359\%$$

Sehingga diambil yang terbesar :

ρ_{min} = 0,359%<ρ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

$$a = \frac{As.fy}{0,85.f'c.b}$$

$$= \frac{1417,64.390}{0,85.20,75.350}$$

$$= 89,563 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual :

$$Mn = As.fy.(d - a/2)$$

$$= 1417,64.390.(442,5-89,563 /2)$$

= 219,891 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn

= 0,9.219,891

= 197,902 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

$$\varepsilon y = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{390}{200000}$$

= 0,002

Regangan tekan beton :

$$\varepsilon cu' = \frac{a}{\beta_1.(d-a).\varepsilon y}$$

$$= \frac{89,563}{0,85.(442,5-89,563).0,002}$$

= 0,0006< εc' **Ok**

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.350.442,5

= 117,582 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.117,582

= 88,186 kN

ΦVc/2 = 88,186 /2

= 44,093 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$Vs = \frac{(Vu - \Phi.Vc)}{\Phi}$

$= \frac{(92{,}507 - 88{,}186)}{0{,}75}$

$= 5{,}761$ kN

$Vs_{maks} = 2/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 2/3.\sqrt{20{,}75}.350.442{,}5$

$= 470{,}326$ kN

$Vs_{min} = 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 1/3.\sqrt{20{,}75}.350.442{,}5$

$= 235{,}163$ kN

Jika = Vs < $1/3.\sqrt{f'c}.b.d$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$

$= \frac{5{,}761.1000}{390.442{,}5}$

$= 54{,}248\ mm^2$

$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$

$= \frac{350.1000}{3.390}$

$= 486{,}111\ mm^2$

$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

$= \frac{75.\sqrt{20{,}75}.350.1000}{1200.390}$

$= 415{,}189\ mm^2$

Dipilih yang besar :

$Av,u = 486{,}111\ mm^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{}$

$$\frac{Av,u}{} = \frac{2.1/4.\ 3,14.8.1000}{486,111}$$

= 206,807 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 442,5/2

= 221,250 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.350.442,5

= 117,582 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.117,582

= 88,186 kN

ΦVc/2 = 88,186 /2

= 44,093 kN

Jika = Vu <ΦVc/2, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{350.1000}{3.390}$$

= 486,111 mm^2

$$Av,u = \frac{75.\ \sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\ \sqrt{20,75}.2350.1000}{1200.390}$$

= 415,189 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 486,111 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.\ 3,14.8.1000}{486,111}$

= 206,807 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 442,5/2

= 221,250 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

A0h = (b.2-Sb).(h-2.Sb)

= (350 - 2.40).(500 - 2.40)

= 113400 mm^2

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}

= 2.{(350-2.40)+(500-2.40)}

= 1380 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ

= 34,509/0,75

= 46,012 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h

= 350.500

= 175000 mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)

= 2.(350+500)

= 1700 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka = $\frac{\Phi.\sqrt{f'c.(Acp^2)}}{12 \quad (Pcp)}$

= $\frac{0,75.\sqrt{20,75.(175000^2)}}{12 \qquad (1700)}$

= 5,125< Tu (Perlu tulangan torsi)

Luas begel torsi :

A_0 = 0,85.A0h

= 0,85.113400

= 96390 mm^2

Avt/s = $\frac{Tn}{2.0,85.A_{0h}.fy.\cot^2\theta}$

= $\frac{46,012}{2.0,85.113400.390}$

= 0,612 mm

Tulangan torsi perlu :

At,u = Avt/s.ph.$\frac{fyv}{fy}$.$\cot^2\theta$

= 0,612.1380.$\frac{240}{390}$

= 519,721 mm^2

Tulangan lentur yang diterpasang :

Ast = 8 D19 mm

= Ast.1/4.π.D^2

= 8.1/4.3,14.19^2

= 2126,466 mm^2

Kontrol luas tulangan lentur dan torsi :

At,u + Ast = 519,721+2126,466

= 2646,187 mm^2

$\frac{b}{6fyv}$ = $\frac{350}{6.240}$

= 0,243 mm < Avt/s **Ok**

$\{\frac{5.\sqrt{f'c}.Acp}{12.fy} - \frac{(Avt/s).Ph.fyv}{fy}\}$

$= \{\frac{5.\sqrt{20,75}.175000}{12.390} - \frac{(0,612).1380.240}{390}\}$

= 331,949 mm^2 < At + Ast **Ok**

Jumlah tulangan torsi :

$n = \frac{At,u}{¼.\pi.D^2}$

$= \frac{519,721}{¼.3,14.16^2}$

= 2,586 Batang ≈ 3 batang

Jadi dipakai tulangan torsi di kanan – kiri :

At = 4 D16, Luas 804,248 mm^2> At,u **Ok**

D. Balok Listplank BL 25 x 40

Data Perencanaan :

b	=	250	mm
h	=	400	mm
Sb	=	40	mm
D	=	16	mm
dp	=	8	mm
dt	=	12	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	85,476	kNm
$Vu_{tump.}$	=	45,326	kNm
$Vu_{lap.}$	=	34,095	kNm
Tu	=	8,859	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (16/2)

= 56 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (16/2)

= 56 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' $= ds'_1$

$= 56$ mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds $= ds_1$

$= 56$ mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$

$$= \frac{(250-2.56)}{(16+40)} + 1$$

$= 3{,}46$ batang ≈ 4 batang

Tinggi efektif penampang balok :

$d = h - ds$

$= 400 - 56$

$= 344{,}00$ mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0{,}85.20{,}75.(600+390-225.0{,}85)}{(600+390)^2}$$

$= 5{,}498$ MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{85{,}476}{0{,}9.250.344^2}$$

$= 3{,}210$ MPa $< K_{maks}$ (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0{,}85.f'c}}\right\}.d$$

$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.3,210}{0,85.20,75}}\right\}.344$

$= 69,668$ mm

Luas tulangan Tarik perlu :

As,u $= \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$

$= \frac{0,85.20,75.69,668.250}{390}$

$= 787,672$ mm²

As,u $= \frac{\sqrt{fc}.fy.b.d}{4}$

$= \frac{20,75.390.250.344}{4}$

$= 251,121$ mm²

As,u $= \frac{1,4}{fy}.b.d$

$= \frac{1,4}{390}.250.344$

$= 308,718$ mm²

Dipilih yang besar :

As,u = 787,672 mm

Jumlah tulangan Tarik :

n $= \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$

$= \frac{787,672}{¼.3,14.16^2}$

$= 3,92$ Batang ≈ 4 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 4 D16, Luas 804,25 mm^2 > As,u **Ok**

Tekan As' = 2 D16, Luas 402,12 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$$

$$= \frac{804,25 - 402,12}{250.344}$$

$$= 0,468\%$$

Rasio tulangan minimal :

$$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,292\%$$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,359\%$$

Sehingga diambil yang terbesar :

ρ_{min} = 0,359%<ρ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

$$a = \frac{As.fy}{0,85.f'c.b}$$

$$= \frac{804,25.390}{0,85.20,75.250}$$

$$= 71,134 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual :

$$Mn = As.fy.(d - a/2)$$

$$= 804,25.390.(344-71,134 /2)$$

= 96,742 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn

= 0,9.96,742

= 87,068 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

$$\varepsilon y = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{390}{200000}$$

= 0,002

Regangan tekan beton :

$$\varepsilon cu' = \frac{a}{\beta_1.(d-a).\varepsilon y}$$

$$= \frac{89,563}{0,85.(344-71,134).0,002}$$

= 0,0006 < εc' **Ok**

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.250.344

= 65,291 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.65,291

= 48,969 kN

ΦVc/2 = 48,969 /2

= 24,484 kN

Jika = ΦVc/2 < Vu <ΦVc, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{b.S}{}$$

$$= \frac{3.fy}{250.1000}$$
$$= \frac{}{3.390}$$

$= 347{,}222\ mm^2$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\sqrt{20{,}75}.250.1000}{1200.390}$$

$= 296{,}564\ mm^2$

Dipilih yang besar :

$Av,u = 347{,}222\ mm^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$

$$= \frac{2.1/4.\ 3{,}14.8.1000}{347{,}222}$$

$= 289{,}529\ mm$

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 344/2

= 172 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

$Vc = 1/6.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 1/6.\sqrt{20{,}75}.250.344$

$= 65{,}291\ kN$

$\Phi Vc = \Phi.1/6.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 0{,}75.65{,}291$

$= 48{,}969\ kN$

$\Phi Vc/2 = 48{,}969\ /2$

$= 24{,}484\ kN$

Jika = ΦVc/2 <Vu <ΦVc, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

Av,u = $\frac{b.S}{3.fy}$

= $\frac{250.1000}{3.390}$

= 347,222 mm^2

Av,u = $\frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

= $\frac{75.\sqrt{20},75.250.1000}{1200.390}$

= 296,564 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 347,222 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

s,u = $\frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.\ 3,14.8.1000}{347,222}$

= 289,529 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 344/2

= 172 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

A0h = (b.2-Sb).(h-2.Sb)

= (250 - 2.40).(400 - 2.40)

= 54400 mm^2

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}

= 2.{(250-2.40)+(400-2.40)}

= 980 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ

= 8,859/0,75

= 11,812 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h

= 250.400

= 100000 mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)

= 2.(250+400)

= 1300 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka $= \frac{\Phi.\sqrt{f'c}.(Acp^2)}{12\ (Pcp)}$

$= \frac{0,75.\sqrt{20,75}.(100000^2)}{12\ (1300)}$

= 2,190< Tu (Perlu tulangan torsi)

Luas begel torsi :

A_0 = 0,85.A0h

= 0,85.54400

= 46240 mm^2

Avt/s $= \frac{Tn}{2.0,85.A_{0h}.fy.\cot^2\theta}$

$= \frac{11,812}{2.0,85.54400.390}$

= 0,327 mm

Tulangan torsi perlu :

At,u $= Avt/s.ph.\frac{fyv}{fy}.\cot^2\theta$

$= 0{,}327.980.\frac{240}{390}$

$= 197{,}508\ mm^2$

Tulangan lentur yang diterpasang :

Ast $= 6\ D16\ mm$

$= Ast.1/4.\pi.D^2$

$= 6.1/4.3{,}14.16^2$

$= 1206{,}372\ mm^2$

Kontrol luas tulangan lentur dan torsi :

At,u + Ast $= 197{,}508 + 1206{,}372$

$= 1403{,}879\ mm^2$

$\frac{b}{6fyv} = \frac{250}{6.240}$

$= 0{,}174\ mm < Avt/s$ **Ok**

$\{\frac{5.\sqrt{f'c.Acp}}{12.fy} - \frac{(Avt/s).Ph.fyv}{fy}\}$

$= \{\frac{5.\sqrt{20{,}75.100000}}{12.390} - \frac{(0{,}327).980.240}{390}\}$

$= 289{,}161\ mm^2 < At + Ast$ **Ok**

Jumlah tulangan torsi :

n $= \frac{At,u}{¼.\pi.D^2}$

$= \frac{197{,}508}{¼.3{,}14.12^2}$

$= 1{,}747$ Batang ≈ 2 batang

Jadi dipakai tulangan torsi di kanan – kiri :

At $= 2\ D12$, Luas $226{,}195\ mm^2 > At,u$ **Ok**

E. Balok BLF1 25 x 40

Data Perencanaan :

b	=	250	mm
h	=	400	mm
Sb	=	40	mm
D	=	16	mm
dp	=	8	mm
dt	=	12	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	16,952	kNm
$Vu_{tump.}$	=	26,515	kNm
$Vu_{lap.}$	=	14,650	kNm
Tu	=	5,492	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (16/2)

= 56 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (16/2)

= 56 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' = ds'_1

= 56 mm

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds = ds_1

= 56 mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$

$$= \frac{(250-2.56)}{(16+40)} + 1$$

= 3,46 batang ≈ 4 batang

Tinggi efektif penampang balok :

d = h – ds

= 400 – 56

= 344,00 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$

= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{16,952}{0,9.250.344^2}$$

= 0,637 MPa < K_{maks} (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.0,637}{0,85.f'c}}\right\}.344$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.0,637}{0,85.20,75}}\right\}.344$$

$$= 12,650 \text{ mm}$$

Luas tulangan Tarik perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.12,650.250}{390}$$

$$= 143,026 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{\sqrt{fc}.fy.b.d}{4}$$

$$= \frac{20,75.390.250.344}{4}$$

$$= 251,121 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1,4}{390}.250.344$$

$$= 308,718 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar :

$As,u = 308,718$ mm

Jumlah tulangan Tarik :

$$n = \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$$

$$= \frac{78308,718}{¼.3,14.16^2}$$

$= 1,54$ Batang ≈ 2 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 4 D16, Luas 804,25 mm^2 > As,u **Ok**

Tekan As' = 2 D16, Luas 402,12 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$$

$$= \frac{804,25 - 402,12}{250.344}$$

$$= 0,468\%$$

Rasio tulangan minimal :

$$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,292\%$$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,359\%$$

Sehingga diambil yang terbesar :

ρ_{min} = 0,359%<ρ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

$$a = \frac{As.fy}{0,85.f'c.b}$$

$$= \frac{804,25.390}{0,85.20,75.250}$$

$$= 71,134 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual :

$$Mn = As.fy.(d - a/2)$$

$$= 804,25.390.(344-71,134 /2)$$

= 96,742 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn

= 0,9.96,742

= 87,068 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

$$\varepsilon y = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{390}{200000}$$

= 0,002

Regangan tekan beton :

$$\varepsilon cu' = \frac{a}{\beta_1.(d-a).\varepsilon y}$$

$$= \frac{89,563}{0,85.(344-71,134).0,002}$$

= 0,0006 < εc' **Ok**

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.250.344

= 65,291 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.65,291

= 48,969 kN

ΦVc/2 = 48,969 /2

= 24,484 kN

Jika = ΦVc/2 < Vu <ΦVc, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{b.S}{}$$

$$= \frac{3.fy}{250.1000}$$
$$= \frac{}{3.390}$$
$$= 347{,}222 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$
$$= \frac{75.\sqrt{20}{,}75.250.1000}{1200.390}$$
$$= 296{,}564 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar :

$Av,u = 347{,}222 \text{ mm}^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$
$$= \frac{2.1/4.\ 3{,}14.8.1000}{347{,}222}$$
$$= 289{,}529 \text{ mm}$$

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 344/2
= 172 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

$Vc = 1/6.\sqrt{f'c}.b.d$
$= 1/6.\sqrt{20}{,}75.250.344$
$= 65{,}291 \text{ kN}$

$\Phi Vc = \Phi.1/6.\sqrt{f'c}.b.d$
$= 0{,}75.65{,}291$
$= 48{,}969 \text{ kN}$

$\Phi Vc/2 = 48{,}969 /2$
$= 24{,}484 \text{ kN}$

Jika = Vu <ΦVc/2, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

Av,u = $\frac{b.S}{3.fy}$

= $\frac{250.1000}{3.390}$

= 347,222 mm^2

Av,u = $\frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

= $\frac{75.\sqrt{20}.75.250.1000}{1200.390}$

= 296,564 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 347,222 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

s,u = $\frac{n.1/4.\pi.dp^2.S}{Av,u}$

= $\frac{2.1/4.3,14.8.1000}{347,222}$

= 289,529 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 344/2

= 172 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

A0h = (b.2-Sb).(h-2.Sb)

= (250 - 2.40).(400 - 2.40)

= 54400 mm^2

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}

= 2.{(250-2.40)+(400-2.40)}

= 980 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ

= 5,492/0,75

= 7,323 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h

= 250.400

= 100000 mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)

= 2.(250+400)

= 1300 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka $= \frac{\Phi.\sqrt{f'c}.(Acp^2)}{12 \quad (Pcp)}$

$= \frac{0,75.\sqrt{20,75}.(100000^2)}{12 \qquad (1300)}$

= 2,190 < Tu (Perlu tulangan torsi)

Luas begel torsi :

A_0 = 0,85.A0h

= 0,85.54400

= 46240 mm^2

$Avt/s = \frac{Tn}{2.0,85.A_{0h}.fy.\cot^2\theta}$

$= \frac{7,323}{2.0,85.54400.390}$

= 0,203 mm

Tulangan torsi perlu :

$At,u = Avt/s.ph.\frac{fyv}{fy}.\cot^2\theta$

= 0,203.980.$\frac{240}{}$

390

= 122,442 mm^2

Tulangan lentur yang diterpasang :

Ast = 6 D16 mm

= Ast.1/4.π.D^2

= 6.1/4.3,14.16^2

= 1206,372 mm^2

Kontrol luas tulangan lentur dan torsi :

At,u + Ast = 122,442 +1206,372

= 1328,813 mm^2

$\frac{b}{6fyv} = \frac{250}{6.240}$

= 0,174 mm < Avt/s **Ok**

$\{\frac{5.\sqrt{f'c.Acp}}{12.fy} - \frac{(Avt/s).Ph.fyv}{fy}\}$

$= \{\frac{5.\sqrt{20,75.100000}}{12.390} - \frac{(0,203).980.240}{390}\}$

= 364,227 mm^2 < At + Ast **Ok**

Jumlah tulangan torsi :

$n = \frac{At,u}{¼.\pi.D^2}$

$= \frac{122,442}{¼.3,14.12^2}$

= 1,747 Batang ≈ 2 batang

Jadi dipakai tulangan torsi di kanan – kiri :

At = 2 D12, Luas 226,195 mm^2> At,u **Ok**

F. Balok BLF2 25 x 40

Data Perencanaan :

b	=	300	mm
h	=	450	mm
Sb	=	40	mm
D	=	19	mm
dp	=	8	mm
dt	=	16	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Mu	=	66,492	kNm
$Vu_{tump.}$	=	107,795	kNm
$Vu_{lap.}$	=	74,986	kNm
Tu	=	37,955	kNm

a) Desain Tulangan Lentur

Penentuan nilai ds :

Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama terhadap tepi serat beton tarik

ds_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (19/2)

= 57,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan baris pertama terhadap tepi serat beton tekan

ds'_1 = Sb + dp+ (D/2)

= 40 + 8 + (19/2)

= 57,5 mm

Jarak antara titik berat tulangan tekan terhadap tepi serat beton tekan :

ds' = ds'_1

= 57,5 m

Jarak antara titik berat tulangan tarik terhadap tepi serat beton tarik :

ds = ds_1

= 57,5 mm

Jumlah tulangan maksimal per baris :

$$m = \frac{(b-2.ds_1)}{(D+Sn)} + 1$$

$$= \frac{(300-2.57,5)}{(19+40)} + 1$$

= 4,14 batang ≈ 4 batang

Tinggi efektif penampang balok :

d = h – ds

= 450 – 57,5

= 392,5 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$

= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{66,492}{0,9.300.392,5^2}$$

= 1,599 MPa < K_{maks} (Tul. tunggal)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.1,599}{0,85.f'c}}\right\}.392,5$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.1,599}{0,85.20,75}}\right\}.392,5$$

= 37,351 mm

Luas tulangan Tarik perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.37,351.300}{390}$$

= 506,751 mm²

$$As,u = \frac{\sqrt{fc}.fy.b.d}{4}$$

$$= \frac{20,75.390.300.392,5}{4}$$

= 343,831 mm²

$$As,u = \frac{1,4.b.d}{fy}$$

$$= \frac{1,4.300.392,5}{390}$$

= 422,692 mm²

Dipilih yang besar :

As,u = 506,751 mm

Jumlah tulangan Tarik :

$$n = \frac{As,u}{¼.\pi.D^2}$$

$$= \frac{506,751}{¼.3,14.19^2}$$

= 1,79 Batang ≈ 2 batang

Jadi dipakai tulangan :

Tarik, As = 4 D19, Luas 1134,11 mm^2> As,u **Ok**

Tekan As' = 2 D19, Luas 567,06 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Balok Terpasang :

Syarat rasio tulangan $\rho < \rho_{maks}$ dan $\rho > \rho_{min}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1, jumlah tulangan tidak boleh kurang sari persamaan sebagai berikut :

Rasio tulangan terpasang :

$$\rho = \frac{As-As'}{b.d}$$

$$= \frac{1134,11 - 567,06}{300.392,5}$$

$$= 0,482\%$$

Rasio tulangan minimal :

$$\rho_{min} = 0,25\frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= 0,25\frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,292\%$$

Tetapi tidak kurang dari persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{fc}}{fy}$$

$$= \frac{\sqrt{20,75}}{390}$$

$$= 0,359\%$$

Sehingga diambil yang terbesar :

ρ_{min} = 0,359%<ρ **Ok**

Rasio tulangan maksimal :

ρ_{miaks} = 2,500% >ρ **Ok**

c) Kontrol Momen Rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

$$a = \frac{As.fy}{0,85.f'c.b}$$

$$= \frac{1134,11.390}{0,85.20,75.300}$$

$$= 83,592 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual :

$$Mn = As.fy.(d - a/2)$$

$$= 1134,11.390.(392,5-83,592/2)$$

= 155,118 kNm

Momen rencana :

Mr = Φ.Mn

= 0,9.155,118

= 139,606 kNm > Mu **Ok**

d) Kontrol Regangan Tekan Beton

Kontrol regangan beton :

εc' = 0,003

Regangan Tarik baja pada saat leleh :

$$\varepsilon y = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{390}{200000}$$

= 0,002

Regangan tekan beton :

$$\varepsilon cu' = \frac{a}{\beta_1.(d-a).\varepsilon y}$$

$$= \frac{88,918}{0,85.(392,5-83,592).0,002}$$

= 0,0007< εc' **Ok**

e) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.300.392,5

= 89,396 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.89,396

= 67,047 kN

ΦVc/2 = 67,047/2

= 33,524 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{}$$

Φ

$= \frac{(107{,}795-67{,}047)}{0{,}75}$

$= 54{,}331$ kN

$Vs_{maks} = 2/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 2/3.\sqrt{20{,}75}.300.392{,}5$

$= 357{,}585$ kN

$Vs_{min} = 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 1/3.\sqrt{20{,}75}.300.392{,}5$

$= 178{,}792$ kN

Jika $= Vs < 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$

$= \frac{54{,}331.1000}{390.392{,}5}$

$= 576{,}757$ mm^2

$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$

$= \frac{300.1000}{3.390}$

$= 416{,}667$ mm^2

$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

$= \frac{75.\sqrt{20{,}75}.300.1000}{1200.390}$

$= 355{,}876$ mm^2

Dipilih yang besar :

$Av,u = 416{,}667$ mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

$= \frac{2.1/4.\ 3{,}14.8.1000}{}$

416,667

= 241,274 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 392,5/2

= 196,25 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = 1/6.√f'c.b.d

= 1/6.√20,75.300.392,5

= 89,396 kN

ΦVc = Φ.1/6.√f'c.b.d

= 0,75.89,396

= 67,047 kN

ΦVc/2 = 67,047/2

= 33,524 kN

Jika = Vu >ΦVc, maka

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$

$$= \frac{(74,986-67,047)}{0,75}$$

= 10,585 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.300.392,5

= 357,585 kN

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.300.392,5

= 178,792 kN

Jika = Vs < 1/3.√f'c.b.d, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{}$$

$$= \frac{fy.d}{10,585.1000}$$
$$= \frac{}{390.392,5}$$
$$= 112,369 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$
$$= \frac{300.1000}{3.390}$$
$$= 416,667 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$
$$= \frac{75.\sqrt{20}.75.300.1000}{1200.390}$$
$$= 355,876 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar :

$Av,u = 416,667 \text{ mm}^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø8

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$
$$= \frac{4.1/4.\ 3,14.8.1000}{416,667}$$
$$= 241,274 \text{ mm}$$

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø8 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < d/2 = 392,5/2
= 196,250 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

f) Desain Tulangan Torsi

Luas daerah begel terluar :

$A_0h = (b.2\text{-}Sb).(h\text{-}2.Sb)$
$= (300 - 2.40).(450 - 2.40)$
$= 54400 \text{ mm}^2$

Keliling batas begel terluar :

Ph = 2.{(b-2.Sb)+(h-2.Sb)}

= 2.{(300-2.40)+(450-2.40)}

= 1180 mm^2

Kuat torsi nominal :

Tn = Tu/Φ

= 37,955/0,75

= 50,607 kNm

Luas penampang keseluruhan :

Acp = b.h

= 300.450

= 135000 mm^2

Keliling penampang keseluruhan :

Pcp = 2.(b+h)

= 2.(300+450)

= 1500 mm^2

Kontrol dimensi penampang :

Maka $= \frac{\Phi.\sqrt{f'c}.(Acp^2)}{12 \quad (Pcp)}$

$= \frac{0,75.\sqrt{20,75}.(135000^2)}{12 \qquad (1500)}$

= 3,459< Tu (Perlu tulangan torsi)

Luas begel torsi :

A_0 = 0,85.A0h

= 0,85.81400

= 69190 mm^2

$Avt/s = \frac{Tn}{2.0,85.A_{0h}.fy.\cot^2\theta}$

$= \frac{50,607}{2.0,85.81400.390}$

= 0,938 mm

Tulangan torsi perlu :

$At,u = Avt/s.ph.\frac{fyv}{}.\cot^2\theta$

$$= 0{,}938.1180.\frac{240}{390}$$

$= 680{,}924\ mm^2$

Tulangan lentur yang diterpasang :

Ast $= 6\ D19\ mm$

$= Ast.1/4.\pi.D^2$

$= 6.1/4.3{,}14.19^2$

$= 1701{,}172\ mm^2$

Kontrol luas tulangan lentur dan torsi :

At,u + Ast $= 680{,}924 + 1701{,}172$

$= 2382{,}096\ mm^2$

$\frac{b}{6fyv} = \frac{300}{6.240}$

$= 0{,}208\ mm < Avt/s$ **Ok**

$$\left\{\frac{5.\sqrt{f'c}.Acp}{12.fy} - \frac{(Avt/s).Ph.fyv}{fy}\right\}$$

$$= \left\{\frac{5.\sqrt{20{,}75}.135000}{12.390} - \frac{(0{,}938).1180.240}{390}\right\}$$

$= -23{,}921\ mm^2 < At + Ast$ **Ok**

Jumlah tulangan torsi :

$$n = \frac{At,u}{¼.\pi.D^2}$$

$$= \frac{680{,}924}{¼.3{,}14.19^2}$$

$= 3{,}388$ Batang ≈ 4 batang

Jadi dipakai tulangan torsi di kanan – kiri :

At $= 4\ D16$, Luas $804{,}248\ mm^2 > At,u$ **Ok**

1.6.2 Perhitungan tangga

Data Perencanaan :

I	=	3000	mm
T	=	2000	mm
h_{bordes}	=	150	mm
h_{tangga}	=	150	mm
Sb	=	20	mm
D	=	12	mm
Dp	=	10	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
Mu_{bordes}	=	5,188	kNm
Mu_{tangga}	=	2,260	kNm

a) Penulangan Bordes

Penentuan nilai ds :

ds = Sb + (Ø/2)

= 20 + (12/2)

= 26 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds

= 150 – 26

= 124 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$$

= 5,4981 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2} = \frac{5,188}{0,9.1000.124^2}$$

= 0,375 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.\ 0,375}{0,85.20,75}}\right\}.124$$

= 2,664 mm

Luas tulangan pokok perlu :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy} = \frac{0,85.20,75.2,664.1000}{390}$$

= 120,498 mm²

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d = \frac{1,4}{390}.1000.124$$

= 445,128 mm²

Dipilih yang besar, jadi As,u = 445,128 mm²

Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u} = \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{445,128}$$

= 254,078 mm

s < 3.h = 2.150

= 450 mm

Dipilih yang kecil :

s = 254,078 mm

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø12 – 150, Luas 753,982 mm² > As,u**Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u
= 20% . 445,128
= 89,026 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h
= 0,002.1000.150
= 300 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 300 mm

Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$$

$$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{300}$$

= 261,799 mm

s < 5.h = 5.150
= 750 mm

s < 450 mm = 450 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 261,799 mm

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = Ø10 – 150, Luas = 523,599 > Asb,u**Ok**

b) Penulangan Tangga

Penentuan nilai ds :

ds = Sb + (Ø/2)
= 20 + (12/2)
= 26 mm

Tinggi efektif penampang pelat :

d = h – ds
= 150 – 26

= 124 mm

Faktor momen pikul maksimal :

$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$

$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$

= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$

$= \frac{2,2601}{0,9.1000.124^2}$

= 0,184 MPa < K_{maks} (Memenuhi)

Ketentuan nilai a :

$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$

$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.0,184}{0,85.20,75}}\right\}.124$

= 1,299 mm

Luas tulangan pokok perlu :

$A_{s,u} = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$

$= \frac{0,85.20,75.1,299.1000}{390}$

= 58,726 mm²

$A_{s,u} = \frac{1,4}{fy}.b.d$

$= \frac{1,4}{390}.1000.124$

$= 445,128 \text{ mm}^2$

Dipilih yang besar, jadi As,u = 445,128 mm²

Jarak tulangan pokok :

s $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,u}$

$= \frac{1/4.3,14.12^2.1000}{445,128}$

$= 254,078$ mm

s < 3.h $= 2.150$

$= 450$ mm

Dipilih yang kecil :

s $= 254,078$ mm

Jadi dipakai tulangan pokok :

As = Ø12 – 150, Luas 753,982 mm² > As,u **Ok**

Luas tulangan bagi perlu :

Asb ,u = 20%.As,u

= 20% . 445,128

= 89,026 mm²

Asb ,u = 0,002.b.h

= 0,002.1000.150

= 300 mm²

Dipilih yang besar, jadi Asb,u = 300 mm

Jarak tulangan bagi :

s $= \frac{1/4.\pi.D^2.S}{As,b}$

$= \frac{1/4.3,14.10^2.1000}{300}$

$= 261,799$ mm

s < 5.h $= 5.150$

= 750 mm

s < 450 mm = 450 mm

Dipilih yang kecil, jadi s = 261,799 mm

Jadi dipakai tulangan bagi :

Asb = Ø10 – 150, Luas = 523,599> Asb,u **Ok**

1.6.3 Perhitungan balok lift

A. Balok Perletakan Mesin Lift

Data Perencanaan :

1) Profil WF 300.150.6,5.9

h	=	300	mm
h_w	=	282	mm
h_f	=	291	mm
b_f	=	150	mm
t_w	=	6,5	mm
t_f	=	9	mm
z_x	=	522,08	cm^3
fy	=	240	MPa
fu	=	370	MPa
E	=	200.000	MPa

Beban terfaktor :

Pu = 1,4DLp

= 1,4.62,034

= 86,85 kN

qu = 1,4DLq

= 1,4.8,86

= 12,40 kN

Gaya – gaya dalam :

Mu = 1/4.pu.l + 1/8.qu.l^2

= 1/4.85,85.3,38 + 1/8.12,40.$3,38^2$

= 91,10 kNm

Persyaratan tekuk lokal :

- Penampang sayap

  1/2.bf.tf < 0,38√E/fy

  1/2.150.9 < 0,38√200.000/240

  8,33 < 10,97 (Penampang kompak)

- Penampang badan

  h/tw < 3,76√E/fy

  300/6,5 < 3,76√200.000/240

  43,38 < 108,54 Penampang kompak

Kuat lentur penampang pada kondisi plastis :

Mp = zx.fy

= 522,08.240

= 125.30 kNm

Kekuatan lentur nominal :

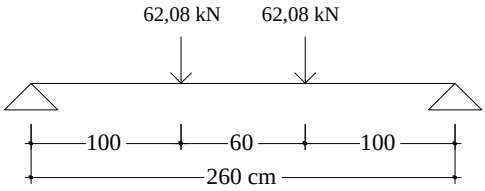
ϕMn = ϕMp

= 0,9.125,30

= 112,77 kNm > Mu **Ok**

2) Kontrol balok penumpu BLF2

Dari analisis SAP 2000 didapatkan reaksi joint pada balok perletakan mesin R = 62,08 kN



Gambar 1.14 Reaksi balok perletakan mesin lift
Sumber : Autocad (2007)

Didapatkan Mu = 64,77 kNm (Hasil analisis SAP 2000)

3) Cek momen rencana

Tinggi blok tegangan tekan beton persegi ekivalen :

a = As.fy

$0,85.f'c.b$

$= \frac{1134,11.390}{0,85.20,75.300}$

$= 83,592$ mm

Momen nominal aktual :

Mn $= As.fy.(d - a/2)$

$= 1134,11.390.(392,5-83,592/2)$

$= 155,118$ kNm

Momen rencana :

Mr $= \Phi.Mn$

$= 0,9.155,118$

$= 139,606$ kNm $>$ Mu **Ok**

1.7 Perhitungan Struktur Bawah

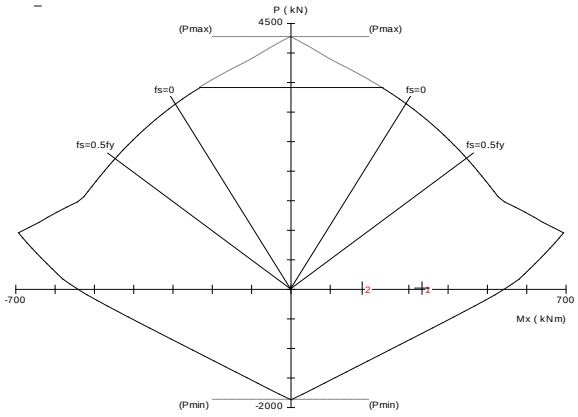
1.7.1 Perhitungan sloof

A. Sloof S1 40 x 65

Data Perencanaan :

b	=	400	mm
h	=	650	mm
Sb	=	40	mm
D	=	22	mm
dp	=	10	mm
d	=	589	mm
ds	=	61	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Pu	=	24,788	kNm
Mu	=	333,235	kNm
$Vu_{tump.}$	=	245,607	kNm
$Vu_{lap.}$	=	226,165	kNm

a) Desain Tulangan Lentur



Gambar 1.15 Analisis spColumn S1

Sumber : spColumn v4.50 (2009)

Dari analisis menggunakan program spColumn di dapat :

As = 14 D22, Luas 5321,858 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Sloof

$\rho = \frac{As}{b.d}$

$= \frac{5321,858}{400.589}$

$= 2,259\%$

$\rho_{min} = 1,00\% < \rho$ **Ok**

$\rho_{maks} = 6,00\% > \rho$ **Ok**

c) Kontrol Beban Aksial Sloof

Kapasitas beban aksial sloof tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur :

Dimana :

Ag = b.h

= 400.650

= 260000 mm^2

Ast = ρ.Ag

= 2,259.260000

= 5873,018 mm^2

ϕPn = 0,8. Φ.0,85.f'c.(Ag-Ast)+fy.Ast

= 0,8.0,65.0,85.20,75.(260000-5873,018) +390.5873,018

= 3521,774 kN > Pu **Ok**

d) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

$Vc = (1+\frac{Pu}{}).\sqrt{f'c}.b.d$

$$= (1+\frac{14.Ag}{24,788}).\sqrt{20,75}.\frac{6}{400.589}$$

$$= 180,086 \text{ kN}$$

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$

$$= \frac{(245,6070,75.180,086)}{0,75}$$

$$= 147,390\text{kN}$$

$$Vs_{maks} = 2/3.\sqrt{f'c}.b.d$$

$$= 2/3.\sqrt{20,75}.400.589$$

$$= 715,473 \text{ kN} > Vs \quad \text{(Memenuhi)}$$

$$Vs_{min} = 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$$

$$= 1/3.\sqrt{20,75}.400.589$$

$$= 357,736 \text{ kN}$$

Jika $= Vs < Vs_{min}$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{147,390.1000}{390.589}$$

$$= 1042,655 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{400.1000}{3.390}$$

$$= 555,556 \text{ mm}^2$$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$= \frac{75.\sqrt{20,75}.400.1000}{1200.390}$

$= 474,655 \text{ mm}^2$

Dipilih yang besar :

Av,u $= 1042,655 \text{ mm}^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

s,u $= \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$

$= \frac{2.1/4.\ 3,14.10.1000}{1042,655}$

$= 150,653$ mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.22

= 352 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 589/2

= 294,5 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

$Vc = \left(1+\frac{Pu}{14.Ag}\right).\frac{\sqrt{f'c}}{6}.b.d$

$= \left(1+\frac{24,788}{14.260000}\right).\frac{\sqrt{20,75}}{6}.400.589$

$= 180,086$ kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

$= \frac{(226,165-0,75.180,086)}{}$

$$= \frac{}{0{,}75}$$

$= 121{,}467$ kN

Vs_{maks} $= 2/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 2/3.\sqrt{20{,}75}.400.589$

$= 715{,}473$ kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} $= 1/3.\sqrt{f'c}.b.d$

$= 1/3.\sqrt{20{,}75}.400.589$

$= 357{,}736$ kN

Jika $= Vs < Vs_{min}$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{121{,}467.1000}{390.589}$$

$= 859{,}275$ mm^2

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{400.1000}{3.390}$$

$= 555{,}556$ mm^2

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\sqrt{20{,}75}.400.1000}{1200.390}$$

$= 474{,}502$ mm^2

Dipilih yang besar :

$Av,u = 859{,}275$ mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$

$$= \frac{2.1/4.\ 3{,}14.10.1000}{859{,}275}$$

$= 182{,}805$ mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.22

= 352 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 589/2

= 294,5 mm > s **Ok**

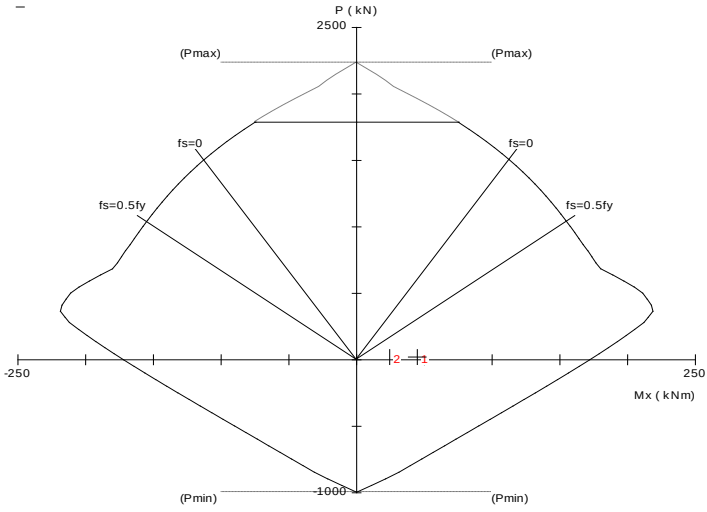
s < 600 = 600 mm > s **Ok**

B. Sloof S2 30 x 45

Data Perencanaan :

b	=	300	mm
h	=	550	mm
Sb	=	40	mm
D	=	19	mm
dp	=	10	mm
d	=	390,5	mm
ds	=	59,5	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
fyv	=	240	MPa
Pu	=	20,919	Mpa
Mu	=	44,783	kNm
$Vu_{tump.}$	=	43,589	kNm
$Vu_{lap.}$	=	38,304	kNm

a) Desain Tulangan Lentur



Gambar 1.16 Analisis spColumn S2

Sumber : spColumn v4.50 (2009)

Dari analisis menggunakan program spColumn di dapat :

As = 10 D19, Luas 2835,287 mm^2

b) Kontrol Rasio Tulangan Sloof

$\rho = \frac{As}{b.d}$

$= \frac{2835,287}{300.390,5}$

$= 2,420\%$

ρ_{min} = 1,00% < ρ **Ok**

ρ_{maks} = 6,00% > ρ **Ok**

c) Kontrol Beban Aksial Sloof

Kapasitas beban aksial sloof tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur :

Dimana :

Ag = b.h

= 300.450

= 135000 mm^2

Ast = ρ.Ag

= 2,420.135000

= 3267,297 mm^2

ϕPn = 0,8. Φ.0,85.f'c.(Ag-Ast)+fy.Ast

= 0,8.0,65.0,85.20,75.(135000-3267,297) +390.3267,297

= 1870,794 kN > Pu **Ok**

d) Desain Tulangan Geser

Tumpuan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

Vc = $(1+\frac{Pu}{14.Ag}).\frac{\sqrt{f'c}.b.d}{6}$

= $(1+\frac{20,919}{14.135000}).\frac{\sqrt{20,75}.300.390,5}{6}$

= 89,925 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

Vs = $\frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$

= $\frac{(43,589.0,75.89,925)}{0,75}$

= -31,806 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.300.390,5

= 355,762 kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.300.390,5

= 177,881 kN

Jika = Vs < Vs_{min}, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

Av,u = $\frac{Vs.S}{fy.d}$

= $\frac{-31,806.1000}{390.390,5}$

= -339,376 mm^2

Av,u = $\frac{b.S}{3.fy}$

= $\frac{300.1000}{3.390}$

= 416,667 mm^2

Av,u = $\frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$

= $\frac{75.\sqrt{20,75}.300.1000}{}$

1200.390

= 355,876 mm^2

Dipilih yang besar :

Av,u = 416,667 mm^2

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$

$$= \frac{2.1/4.\ 3,14.10.1000}{416,667}$$

= 376,991 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 100 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.19

= 304 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 390,5/2

= 195,25 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

Lapangan

Gaya geser yang ditahan oleh beton (Vc) :

$$Vc = \left(1+\frac{Pu}{14.Ag}\right).\frac{\sqrt{f'c}}{6}.b.d$$

$$= \left(1+\frac{20,919}{14.135000}\right).\frac{\sqrt{20,75}}{6}.300.390,5$$

= 89,925 kN

Gaya geser yang ditahan begel (Vs) :

$$Vs = \frac{(Vu-\Phi.Vc)}{\Phi}$$

$$= \frac{(38,304-0,75.89,925)}{0,75}$$

= -38,853 kN

Vs_{maks} = 2/3.√f'c.b.d

= 2/3.√20,75.300.390,5

= 355,762 kN > Vs (Memenuhi)

Vs_{min} = 1/3.√f'c.b.d

= 1/3.√20,75.300.390,5

= 177,881 kN

Jika = $Vs < Vs_{min}$, maka

Luas begel perlu per meter panjang balok :

$$Av,u = \frac{Vs.S}{fy.d}$$

$$= \frac{-38,853.1000}{390.390,5}$$

$= -414,565\ mm^2$

$$Av,u = \frac{b.S}{3.fy}$$

$$= \frac{300.1000}{3.390}$$

$= 416,667\ mm^2$

$$Av,u = \frac{75.\sqrt{f'c}.b.S}{1200.fy}$$

$$= \frac{75.\sqrt{20,75}.300.1000}{1200.390}$$

$= 355,876\ mm^2$

Dipilih yang besar :

Av,u = $416,667\ mm^2$

Spasi begel perlu:

Dipilih begel = 2 kaki dengan Ø10

$$s,u = \frac{n.1/4.\ \pi.dp^2.S}{Av,u}$$

$$= \frac{2.1/4.\ 3,14.10.1000}{416,667}$$

= 376,991 mm

Jadi dipakai begel :

s = 2 kaki Ø10 – 150 mm

Dikontrol spasi begel :

s < 16.D = 16.29

= 304 mm > s **Ok**

s < 48.dp = 48.10

= 480 mm > s **Ok**

s < d/2 = 390,5/2

= 195,25 mm > s **Ok**

s < 600 = 600 mm > s **Ok**

1.7.2 Perhitungan pondasi

A. Tiang Pancang

Data Perencanaan

D (dimensi) = Uk. 30x30 cm

F (safety faktor) =3

Tabel 1.14Perhitungan daya dukung 1 tiang

h (m)	N-SPT	N'	Np	Ns	Qp (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)	Qa (ton)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	14	8,00	7,00	11,30	18,84	30,14	10,05
4	5	10	11,67	8,00	16,49	41,45	57,93	19,31
6	7	11	11,00	8,75	15,54	66,41	81,95	27,32
8	9	12	11,50	9,40	16,25	93,45	109,70	36,57
10	8	11,5	12,00	9,75	16,96	120,11	137,06	45,69
12	10	12,5	12,67	10,14	17,90	148,57	166,46	55,49
16	13	14	14,00	10,63	19,78	179,69	199,47	66,49
14	16	15,5	15,67	11,17	22,14	213,52	235,66	78,55
18	20	17,5	17,33	11,80	24,49	250,95	275,44	91,81
20	23	19	19,17	12,45	27,08	291,16	318,25	106,08
22	27	21	21,00	13,17	29,67	335,04	364,71	121,57
24	31	23	21,33	13,92	30,14	382,60	412,74	137,58
26	25	20	21,17	14,36	29,91	425,11	455,02	151,67
28	26	20,5	20,00	14,77	28,26	468,61	496,87	165,62
30	24	19,5	16,67	15,06	23,55	510,45	534,00	178,00

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

Berdasarkan tabel di atas didapatkan nilai daya dukung ijin 1 tiang yaitu 106,08 ton

1) Perhitungan Kebutuhan Tiang Pondasi

Kebutuhan tiang pada setiap joint dihitung berdasarkan gaya pada joint yang didapatkan dari hasil output SAP 2000 dan daya dukung ijin tiang yang telah ditetapkan. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

$$np = \frac{Pu}{Qa}$$

Keterangan :

np = Kebutuhan tiang
Pu = Gaya aksial yang terjadi pada joint
Qa = Daya dukung ijin tiang

Tabel 1.15Kebutuhan tiang pada titik joint

Titik joint	Pu (ton)	np	Jumlah tiang
256	57,346	0,541	3
257	65,180	0,614	3
314	35,590	0,335	3
407	178,989	1,687	4
408	127,670	1,204	4
409	131,689	1,241	4
410	156,973	1,480	4
411	164,594	1,552	4
412	164,506	1,551	4
413	190,310	1,794	4
415	139,207	1,312	4
417	38,567	0,364	3
418	33,607	0,317	3
419	20,870	0,197	3

420	114,847	1,083	4
422	71,350	0,673	3
423	52,865	0,498	3
426	48,077	0,453	3
427	259,489	2,446	5
430	360,477	3,398	6
464	331,226	3,122	6
465	350,324	3,302	6
466	355,680	3,353	6
467	326,666	3,079	6
468	148,359	1,399	4
469	124,691	1,175	4
470	120,297	1,134	4
473	106,301	1,002	3
474	99,364	0,937	3
475	58,806	0,554	3
489	22,752	0,214	3
490	185,798	1,751	4
496	118,772	1,120	4
511	351,682	3,315	6
512	342,232	3,226	6
517	344,900	3,251	6
518	174,517	1,645	4
519	37,494	0,353	3
520	347,916	3,280	6
522	268,170	2,528	5
523	292,288	2,755	5
524	370,780	3,495	6
525	279,597	2,635	5
526	167,954	1,583	4
545	276,398	2,606	5
551	332,432	3,134	6
554	430,030	4,054	7
558	231,522	2,182	5
559	384,782	3,627	6
560	333,529	3,144	6
561	84,365	0,795	3
562	289,018	2,724	5
563	77,111	0,727	3
572	47,261	0,446	3
573	21,972	0,207	3

Sumber : Hasil perhitungan (2018)

2) Efisiensi Tiang Kelompok

Perhitungan efisiensi tiang kelompok menggunakan rumus Converse – Labbare :

$$Eg = \frac{1-\theta.(n'-1).m+(m-1).n}{90}$$

Keterangan :

Eg = Efisiensi tiang kelompok
θ = arc tg (D/s) (derajat)
D = ukuran penampang tiang
s = Jarak antar tiang (as ke as)
n = jumlah tiang dalam kelompok
m = jumlah baris tiang
n' = jumlah tiang dalam 1 baris

Perhitungan jarak antar tiang :

s = 3,5D
= 3,5.0,30
= 1,05 m

θ = arc tg $\frac{D}{s}$

= arc tg $\frac{0,30}{1,05}$

= 15,95

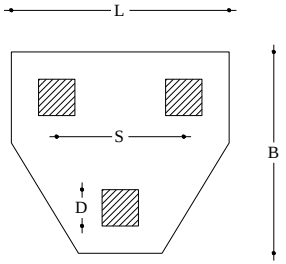
Cek kemungkinan keruntuhan blok kelompok tiang :

s/D = 1,05/0,30
= 3,50 > 2,0 (Aman)

a) Tiang Pancang (P1)

Data Perencanaan :

n	=	3	mm
m	=	2	mm
n’	=	2	mm
Pu	=	99,364	ton



Gambar 1.17 Sketsa Tiang pancang P1
Sumber : Autocad (2007)

Efisiensi tiang kelompok :

$$Eg = \frac{1-\theta.(n'-1).m+(m-1).n}{90}$$

$$= \frac{1-\theta.(2-1).2+(2-1).3}{90}$$

$$= 0,82$$

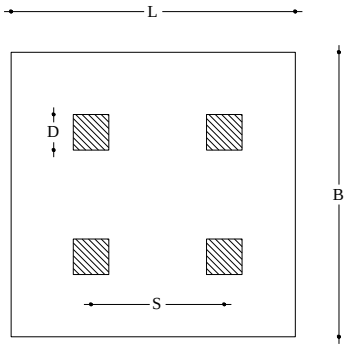
Kapasitas daya dukung kelompok tiang ijin :

$$Qg = Eg.n.Qa$$

= 0,82.3.106,08
= 261,862> Pu **Ok**

b) Tiang Pancang (P2)
Data Perencanaan :

n	=	4	mm
m	=	2	mm
n’	=	2	mm
Pu	=	190,310	ton



Gambar 1.18 Sketsa Tiang pancang P2
Sumber : Autocad (2007)

Efisiensi tiang kelompok :

$$Eg = \frac{1-\theta.(n'-1).m+(m-1).n}{90}$$

$$= \frac{1-\theta.(2-1).2+(2-1).3}{90}$$

= 0,82

Kapasitas daya dukung kelompok tiang ijin :

Qg = Eg.n.Qa

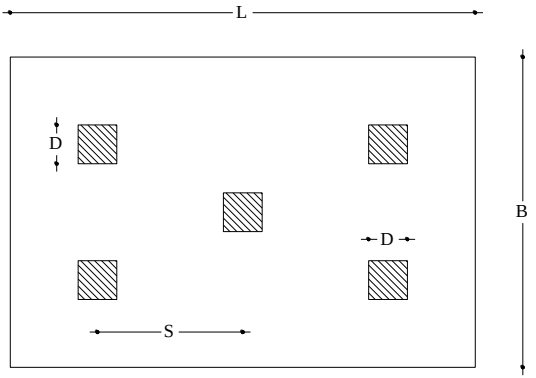
= 0,82.4.106,08

= 349,150> Pu **Ok**

c) Tiang Pancang (P3)

Data Perencanaan :

n	=	5	mm
m	=	2	mm
n’	=	2	mm
Pu	=	292,288	ton



Gambar 1.19Sketsa Tiang pancang P3
Sumber : Autocad (2007)

Efisiensi tiang kelompok :

$$Eg = \frac{1-\theta.(n'-1).m+(m-1).n}{90}$$

$$= \frac{1-\theta.(2-1).2+(2-1).3}{90}$$

= 0,82

Kapasitas daya dukung kelompok tiang ijin :

Qg = Eg.n.Qa

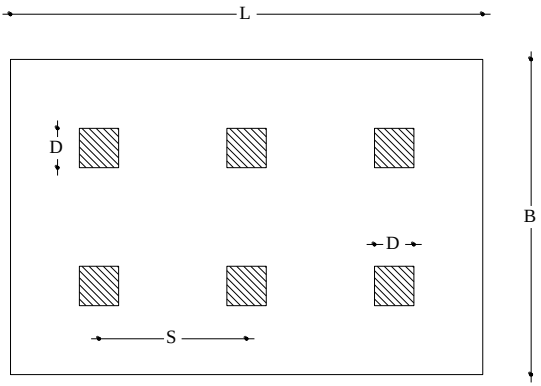
= 0,82.5.106,08

= 436,437> Pu Ok

d) Tiang Pancang (P4)

Data Perencanaan :

n	=	6	mm
m	=	2	mm
n’	=	3	mm
Pu	=	370,780	ton



Gambar 1.20Sketsa Tiang pancang P4
Sumber : Autocad (2007)

Efisiensi tiang kelompok :

$$Eg = \frac{1-\theta.(n'-1).m+(m-1).n}{90}$$

$$= \frac{1-\theta.(2-1).2+(2-1).3}{90}$$

= 0,82

Kapasitas daya dukung kelompok tiang ijin :

Qg = Eg.n.Qa

= 0,82.5.106,08

= 504,930> Pu Ok

B. Pile cape

a) Pile Cape P1

Data Perencanaan :

B	=	2000	mm
L	=	2000	mm
hf	=	600	mm
ht	=	650	mm
σt	=	1040,31	kN
γt	=	17	kN/m^3
γc	=	24	kN/m^3
bk	=	800	mm
hk	=	800	mm
Sb	=	75	mm
D	=	19	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
Pu	=	1164,75	kNm
Mu	=	255,678	kNm

Perhitungan beban :

q = berat pondasi + berat tanah

= hf.γc+ht.γt

= 600.24+650.17

= 25,45 kN/m^2

Tegangan yang terjadi pada tanah :

σ_{maks} = $\frac{Pu}{B.L} + \frac{Mux}{1/6.B.L^2} + q$

= $\frac{1164,75}{}$ + $\frac{255,678}{}$ + 25,45

$$= \frac{2000.2000}{1/6.2000.2000^2}$$

$= 508{,}398\ kN/m^2 < \sigma t$ (Aman)

$\sigma_{min} = \frac{Pu}{B.L} - \frac{Mux}{1/6.B.L^2} - q$

$= \frac{1164{,}75}{2000.2000} - \frac{255{,}678}{1/6.2000.2000^2} - 25{,}45$

$= 124{,}881\ kN/m^2$

Kontrol tegangan geser 1 arah :

ds $= Sb+(D/2)$

$= 75+(19/2)$

$= 84{,}50$ mm

d $= h-ds$

$= 600 - 84{,}5$

$= 515{,}50$ mm

a $= \frac{B}{2} - \frac{bk}{2} - d$

$= \frac{2000}{2} - \frac{800}{2} - 515{,}5$

$= 84{,}50$ mm

$\sigma a = \sigma_{min} + \frac{(L-a).(\sigma_{maks} - \sigma_{min})}{L}$

$= 124{,}881 + \frac{(2000-84{,}50).(508{,}398-124{,}881)}{2}$

$= 492{,}194\ kN/m^2$

Gaya tekan ke atas dari tanah :

Vu $= a.B.\frac{(\sigma_{maks}+\sigma a)}{2}$

$= 84{,}50.2000.\frac{(508{,}398)+492{,}194)}{2}$

$= 84{,}55$ kN

Gaya geser yang ditahan beton :

$\Phi.Vc = \phi.\frac{\sqrt{f'c}}{6}.B.d$

$= 0{,}75.\frac{\sqrt{20{,}75}}{6}.2000.515{,}50$

6

= 587,054 kN > Vu (Aman)

Kontrol tegangan geser 2 arah (geser pons) :

bk = hk

= 800 mm

bk+d = hk+d

= 800+515,50

= 1315,500 mm

Gaya tekan ke atas (geser pons) :

$Vu = \{B^2-(bk+d).(hk+d)\}.\frac{(\sigma_{maks}+\sigma_{min})}{2}$

$= \{2000^2-(1315,500).(1315,500\}.\frac{(508,398+124,881)}{2}$

= 718,600 kN

$\beta c = \frac{hk}{bk}$

$= \frac{800}{800}$

= 1,00

b0 = 2.{(bk+d)+(hk+d)}

= 2.{(1315)+(1315}

= 5262,00 mm

Gaya geser yang ditahan beton :

$Vc = \frac{1+2}{\beta c}.\sqrt{f'c}.\frac{b0.d}{6}$

$= \frac{1+2}{\beta c}.\sqrt{20,75}.\frac{5262.515,500}{6}$

= 6178,152 kNm

$Vc = \frac{2+\alpha s.d}{b0}.\sqrt{f'c}.\frac{b0.d}{12}$

$= \frac{2+40.515,5}{}.\sqrt{20,75}.\frac{5262,00.515,5}{}$

5262 12

= 6094,399 kN

Vc = 1/3.√f'c.b0.d

= 1/3.√20,75.5262.515,5

= 4118,768 kN

Dipilih Vc yang terkecil :

Vc = 4118,768 kN

Φ.Vc = 0,75.4118,768

= 3089,076 kN > Vu (Aman)

Hitungan penulangan pondasi :

ds = Sb+D+(D/2)

= 75+19+(19/2)

= 103,5 mm

d = h-ds

= 600 – 103,5

= 496,50 mm

x = $\frac{B}{2}-\frac{bk}{2}-d$

= $\frac{2000}{2}-\frac{800}{2}$

= 0,60 m

σx = $\sigma_{min}+\frac{(B-x).(\sigma_{maks}-\sigma_{min})}{B}$

= $124,881+\frac{(2000-0,60).(508,398-124,881)}{2000}$

= 393,343 kN/m^2

Mu = ½.σx.x^2+1/3.(σ_{maks}-σx).x^2

= ½.393,343.0,60^2+1/3.(508,398-393,343).0,60^2

= 84,608 kNm

Faktor momen pikul maksimal :

K_{maks} = $\frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$

= $\frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{}$

$$= \frac{(600+390)^2}{5,498 \text{ MPa}}$$

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{84,608}{0,9.1000.496,5^2}$$

$= 0,381$ MPa $< K_{maks}$ **Ok**

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.0,381}{0,85.20,75}}\right\}.496,5$$

$= 10,854$ mm

Luas tulangan :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.10,854.1000}{390}$$

$= 490,863$ mm²

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1,4}{390}.1000.496,5$$

$= 1782,308$ mm²

Dipilih yang besar :

$As,u = 1782,308$ mm

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4.\ \pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.\ 3,14.19.1000}{1782,308}$$

= 159,080 mm

s <(2.hf) = 2.600

= 1200 mm > s **Ok**

s < 450 = 450 mm > s **Ok**

Dipilih yang kecil :

s = 159,080 mm

Jadi dipakai tulangan :

As = D19 – 100, Luas 2835,29 mm^2> As,u **Ok**

Kuat Dukung Pondasi

Pu_{maks} = ϕ.0,85.f'c.A_1

= 0,70.0,85.20,75.800.800

= 7901,600 > Pu (Aman)

b) Pile Cape P2

Data Perencanaan :

B	=	2000	mm
L	=	2000	mm
hf	=	600	mm
ht	=	650	mm
σt	=	1040,31	kN
γt	=	17	kN/m^3
γc	=	24	kN/m^3
bk	=	800	mm
hk	=	800	mm
Sb	=	75	mm
D	=	19	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
Pu	=	2270,47	kNm
Mu	=	321,848	kNm

Perhitungan beban :

q = berat pondasi + berat tanah

= hf.γc+ht.γt

= 600.24+650.17

= 25,45 kN/m^2

Tegangan yang terjadi pada tanah :

σ_{maks} $= \frac{Pu}{B.L} + \frac{Mux}{1/6.B.L^2} + q$

$= \frac{2270,47}{2000.2000} + \frac{321,848}{1/6.2000.2000^2} + 25,45$

$= 834,42\ kN/m^2 < \sigma t$ (Aman)

σ_{min} $= \frac{Pu}{B.L} - \frac{Mux}{1/6.B.L^2} - q$

$= \frac{2270,47}{2000.2000} - \frac{321,848}{1/6.2000.2000^2} - 25,45$

$= 351,680\ kN/m^2$

Kontrol tegangan geser 1 arah :

ds $= Sb+(D/2)$

$= 75+(19/2)$

$= 84,50$ mm

d $= h-ds$

$= 600 - 84,5$

$= 515,50$ mm

a $= \frac{B}{2} - \frac{bk}{2} - d$

$= \frac{2000}{2} - \frac{800}{2} - 515,5$

$= 84,50$ mm

$\sigma a = \sigma_{min} + \frac{(L-a).(\sigma_{maks} - \sigma_{min})}{L}$

$= 351,680 + \frac{(2000-84,50).(834,452-351,680)}{2}$

$= 814,055\ kN/m^2$

Gaya tekan ke atas dari tanah :

Vu $= a.B.\frac{(\sigma_{maks}+\sigma a)}{2}$

$= 84,50.2000.\frac{(834,452+814,055)}{2}$

$= 139,299$ kN

Gaya geser yang ditahan beton :

$\Phi.Vc = \phi.\frac{\sqrt{f'c}}{6}.B.d$

$= 0,75.\frac{\sqrt{20,75}}{6}.2000.515,50$

$= 587,054$ kN > Vu (Aman)

Kontrol tegangan geser 2 arah (geser pons) :

bk = hk

= 800 mm

bk+d = hk+d

= 800+515,50

= 1315,500 mm

Gaya tekan ke atas (geser pons) :

$Vu = \{B^2-(bk+d).(hk+d)\}.\frac{(\sigma_{maks}+\sigma_{min})}{2}$

$= \{2000^2-(1315,500).(1315,500\}.\frac{(834,453+351,680)}{2}$

= 1345,940 kN

$\beta c = \frac{hk}{bk}$

$= \frac{800}{800}$

= 1,00

b0 = 2.{(bk+d)+(hk+d)}

= 2.{(1315)+(1315}

= 5262,00 mm

Gaya geser yang ditahan beton :

$Vc = \frac{1+2}{\beta c}.\sqrt{f'c}.\frac{b0.d}{6}$

$= \frac{1+2}{1}.\sqrt{20,75}.\frac{5262.515,500}{6}$

= 6178,152 kNm

Vc = $\frac{2+\alpha s.d}{b0}.\sqrt{f'c}.\frac{b0.d}{12}$

= $\frac{2+40.515,5}{5262}.\sqrt{20,75}.\frac{5262,00.515,5}{12}$

= 6094,399 kN

Vc = 1/3.$\sqrt{f'c}$.b0.d

= 1/3.$\sqrt{20,75}$.5262.515,5

= 4118,768 kN

Dipilih Vc yang terkecil :

Vc = 4118,768 kN

Φ.Vc = 0,75.4118,768

= 3089,076 kN > Vu (Aman)

Hitungan penulangan pondasi :

ds = Sb+D+(D/2)

= 75+19+(19/2)

= 103,5 mm

d = h-ds

= 600 – 103,5

= 496,50 mm

x = $\frac{B-bk}{2\ \ 2}$-d

= $\frac{2000-800}{2\quad 2}$

= 0,60 m

σx = $\sigma_{min}+\frac{(B-x).(\sigma_{maks}-\sigma_{min})}{B}$

= $351,680+\frac{(2000-0,60).(834,452-351,680)}{2000}$

= 689,621 kN/m^2

Mu = ½.σx.x^2+1/3.(σ_{maks}-σx).x^2

= ½.689,621.$0,60^2$+1/3.(834,452-689,621).$0,60^2$

= 141,512 kNm

Faktor momen pikul maksimal :

K_{maks} $= \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$

$= \frac{382.0,85.20,75.(600+390-225.0,85)}{(600+390)^2}$

$= 5,498$ MPa

Faktor momen pikul K :

$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$

$= \frac{141,512}{0,9.1000.496,5^2}$

$= 0,7176$ MPa $< K_{maks}$ **Ok**

Ketentuan nilai a :

$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$

$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.0,7176}{0,85.20,75}}\right\}.496,5$

$= 20,628$ mm

Luas tulangan :

$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$

$= \frac{0,85.20,75.20,628.1000}{390}$

$= 932,900 mm^2$

$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$

$= \frac{1,4}{390}.1000.496,5$

$= 1782,308 mm^2$

Dipilih yang besar :

As,u $= 1782,308$ mm

Jarak tulangan :

s = $\frac{1/4.\ \pi.D^2.S}{As,u}$

= $\frac{1/4.\ 3,14.19.1000}{1782,308}$

= 159,080 mm

s <(2.hf) = 2.600

= 1200 mm > s **Ok**

s < 450 = 450 mm > s **Ok**

Dipilih yang kecil :

s = 159,080 mm

Jadi dipakai tulangan :

As = D19 – 100, Luas 2835,29 mm^2> As,u **Ok**

Kuat Dukung Pondasi

Pu_{maks} = ϕ.0,85.f'c.A_1

= 0,70.0,85.20,75.800.800

= 7901,600 > Pu (Aman)

c) Pile Cape P3

Data Perencanaan :

B	=	2000	mm
L	=	2800	mm
hf	=	800	mm
ht	=	650	mm
σt	=	1040,31	kN
γt	=	17	kN/m^3
γc	=	24	kN/m^3
bk	=	800	mm
hk	=	800	mm
Sb	=	75	mm
D	=	19	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
Pu	=	3488,05	kNm
Mu	=	327,567	kNm

Perhitungan beban :

q = berat pondasi + berat tanah

= hf.γc+ht.γt

= 800.24+650.17

= 30,25 kN/m^2

Tegangan yang terjadi pada tanah :

σ_{maks} = $\frac{Pu}{B.L} + \frac{Mux}{1/6.B.L^2} + q$

= $\frac{3488,05}{2000.2000} + \frac{327,567}{1/6.2000.2000^2} + 30,25$

= 778,460 kN/m^2 < σt (Aman)

σ_{min} = $\frac{Pu}{B.L} - \frac{Mux}{1/6.B.L^2} - q$

= $\frac{3488,05}{2000.2000} - \frac{327,567}{1/6.2000.2000^2} - 30,25$

= 527,771 kN/m^2

Kontrol tegangan geser 1 arah :

ds = Sb+(D/2)

= 75+(19/2)

= 84,50 mm

d = h-ds

= 800 – 84,5

= 715,50 mm

a = $\frac{L}{2} - \frac{hk}{2} - d$

= $\frac{2800}{2} - \frac{800}{2} - 715,5$

= 284,50 mm

σa = $\sigma_{min} + \frac{(L-a).(\sigma_{maks} - \sigma_{min})}{L}$

= 778,460 + $\frac{(2000-84,50).(778,460-527,771)}{2}$

= 752,989 kN/m^2

Gaya tekan ke atas dari tanah :

Vu $= a.B.\frac{(\sigma_{maks}+\sigma a)}{2}$

$= 284{,}50.2000.\frac{(778{,}460+527{,}771)}{2}$

$= 435{,}697$ kN

Gaya geser yang ditahan beton :

$\Phi.Vc = \phi.\frac{\sqrt{f'c}}{6}.B.d$

$= 0{,}75.\frac{\sqrt{20{,}75}}{6}.2000.715{,}50$

$= 814{,}814$ kN > Vu (Aman)

Kontrol tegangan geser 2 arah (geser pons) :

bk = hk

= 800 mm

bk+d = hk+d

= 800+715,50

= 1515,500 mm

Gaya tekan ke atas (geser pons) :

$Vu = \{B.L-(bk+d).(hk+d)\}.\frac{(\sigma_{maks}+\sigma_{min})}{2}$

$= \{2000.2000-(1515{,}500).(1515{,}500\}.\frac{(778{,}460+527{,}771)}{2}$

= 2157,411 kN

$\beta c = \frac{hk}{bk}$

$= \frac{800}{800}$

= 1,00

b0 = 2.{(bk+d)+(hk+d)}

= 2.{(1515)+(1515}

= 6062,00 mm

Gaya geser yang ditahan beton :

Vc = $\frac{1+2}{\beta c}.\sqrt{f'c}.\frac{b0.d}{6}$

= $\frac{1+2}{1}.\sqrt{20,75}.\frac{6062.715,500}{6}$

= 9878,81 kNm

Vc = $\frac{2+\alpha s.d}{b0}.\sqrt{f'c}.\frac{b0.d}{12}$

= $\frac{2+40.715,5}{6062}.\sqrt{20,75}.\frac{6062,00.715,5}{12}$

= 11066,266 kN

Vc = 1/3.$\sqrt{f'c}$.b0.d

= 1/3.$\sqrt{20,75}$.6062.715,5

= 6585,873 kN

Dipilih Vc yang terkecil :

Vc = 6585,873 kN

Φ.Vc = 0,75.6585,873

= 4939,4049 kN > Vu (Aman)

Hitungan penulangan pondasi :

Tulangan sejajar sisi panjang

ds = Sb+(D/2)

= 75+(19/2)

= 84,5 mm

d = h-ds

= 800 – 84,5

= 715,5 mm

x = $\frac{L}{2}-\frac{hk}{2}$

= $\frac{2800}{2}-\frac{800}{2}$

= 1,00 m

σx = $\sigma_{min}+\frac{(L-x).(\sigma_{maks}-\sigma_{min})}{L}$

= 527,771+$\frac{(2800-1,00).(778,460-527,771)}{}$

$$= 688{,}928 \text{ kN/m}^2$$

Mu $= \frac{1}{2}.\sigma x.x^2 + 1/3.(\underline{\sigma_{maks}} - \sigma x).x^2$

$= \frac{1}{2}.688{,}928.1{,}00^2 + 1/3.(778{,}460 - 688{,}928).1{,}00^2$

$= 374{,}308$ kNm

Faktor momen pikul maksimal :

$$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$$

$$= \frac{382.0{,}85.20{,}75.(600+390-225.0{,}85)}{(600+390)^2}$$

$= 5{,}498$ MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{374{,}308}{0{,}9.1000.715{,}5^2}$$

$= 0{,}9139$ MPa $< K_{maks}$ **Ok**

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0{,}85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.0{,}9139}{0{,}85.20{,}75}}\right\}.715{,}5$$

$= 38{,}090$ mm

Luas tulangan :

$$As,u = \frac{0{,}85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0{,}85.20{,}75.38{,}090.1000}{390}$$

$= 1722{,}589 \text{mm}^2$

$$As,u = \frac{1{,}4}{fy}.b.d$$

= 1,4.1000.715,5
390
= 2568,462 mm²

Dipilih yang besar :

As,u = 2568,462 mm

Jarak tulangan :

s = $\frac{1/4.\ \pi.D^2.S}{As,u}$
= $\frac{1/4.\ 3,14.19.1000}{2568,462}$
= 164,595 mm

s <(2.hf) = 2.800
= 1600 mm > s **Ok**

s < 450 = 450 mm > s **Ok**

Dipilih yang kecil :

s = 164,595 mm

Jadi dipakai tulangan :

As = D19 – 100, Luas 2835,29 mm^2> As,u **Ok**

Hitungan penulangan pondasi :

Tulangan sejajar sisi pendek

ds = Sb+D+(D/2)
= 75+19+(19/2)
= 103,50 mm

d = h-ds
= 800 – 103,50
= 696,50 mm

x = $\frac{B-bk}{2\ \ 2}$
= $\frac{2000-800}{2\ \ \ \ 2}$
= 0,60 m

Mu = ½.σ_{maks}.x^2
= ½.778,460.$0,60^2$

= 140,123 kNm

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2} = \frac{140,123}{0,9.1000.696,50^2}$$

= 0,3611 MPa < K_{maks} **Ok**

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.0,3611}{0,85.20,75}}\right\}.696,50$$

= 14,407 mm

Luas tulangan :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy} = \frac{0,85.20,75.14,407.1000}{390}$$

= 651,551mm²

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d = \frac{1,4}{390}.1000.696,50$$

= 2500,256 mm²

Dipilih yang besar :

As,u = 2500,256 mm²

Untuk jalur pusat selebar, B = 2,00 m

As,pusat = (2.B.As,u)/(L+B)

= (2.2000.2500,256)/(2800+2000)

= 2083,547 mm²

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4.\ \pi.D^2.S}{}$$

As,pusat

= 1/4. 3,14.19.1000

2083,547

= 136,080 mm

s <(2.hf) = 2.800

= 1600 mm > s **Ok**

s < 450 = 450 mm > s **Ok**

Dipilih yang kecil :

s = 136,030 mm

Jadi dipakai tulangan :

As = D19 – 100, Luas 2835,29 mm^2> As,u **Ok**

Untuk jalur tepi (diluar jalur pusat)

As,tepi = As,u-As,pusat

= 2500,256-2083,547

= 416,709 mm²

Jarak tulangan :

s = $\frac{1/4.\ \pi.D^2.S}{As,tepi}$

= $\frac{1/4.\ 3,14.19.1000}{416,709}$

= 680,399 mm

s <(2.hf) = 2.800

= 1600 mm > s **Ok**

s < 450 = 450 mm > s **Ok**

Dipilih yang kecil :

s = 450 mm

Jadi dipakai tulangan :

As = D19 – 100, Luas 2835,29 mm^2> As,u **Ok**

Kuat Dukung Pondasi

Pu_{maks} = ϕ.0,85.f'c.A_1

= 0,70.0,85.20,75.800.800

= 7901,600 > Pu (Aman)

d) Pile Cape P4

Data Perencanaan :

B	=	2000	mm
L	=	3000	mm
hf	=	800	mm
ht	=	650	mm
σt	=	1040,31	kN
γt	=	17	kN/m^3
γc	=	24	kN/m^3
bk	=	800	mm
hk	=	800	mm
Sb	=	75	mm
D	=	19	mm
f'c	=	20,75	MPa
fy	=	390	MPa
Pu	=	4217,17	kNm
Mu	=	311,584	kNm

Perhitungan beban :

q = berat pondasi + berat tanah

= hf.γc+ht.γt

= 800.24+650.17

= 30,25 kN/m^2

Tegangan yang terjadi pada tanah :

σ_{maks} = $\frac{Pu}{B.L} + \frac{Mux}{1/6.B.L^2} + q$

= $\frac{4217,17}{2000.3000} + \frac{311,584}{1/6.2000.3000^2} + 30,25$

= 836,974 $kN/m^2 < \sigma t$ (Aman)

σ_{min} $= \frac{Pu}{B.L} - \frac{Mux}{1/6.B.L^2} - q$

$= \frac{4217,17}{2000.3000} - \frac{311,584}{1/6.2000.3000^2} - 30,25$

$= 629,251\ kN/m^2$

Kontrol tegangan geser 1 arah :

ds $= Sb+(D/2)$

$= 75+(19/2)$

$= 84,50$ mm

d $= h-ds$

$= 800 - 84,5$

$= 715,50$ mm

a $= \frac{L}{2} - \frac{hk}{2} - d$

$= \frac{3000}{2} - \frac{800}{2} - 715,5$

$= 384,50$ mm

$\sigma a = \sigma_{min} + \frac{(L-a).(\sigma_{maks} - \sigma_{min})}{L}$

$= 836,974 + \frac{(3000-384,5).(836,974-629,251)}{2}$

$= 810,351\ kN/m^2$

Gaya tekan ke atas dari tanah :

Vu $= a.B.\frac{(\sigma_{maks}+\sigma a)}{2}$

$= 384,50.2000.\frac{(836,974+810,351)}{2}$

$= 633,397$ kN

Gaya geser yang ditahan beton :

$\Phi.Vc = \phi.\frac{\sqrt{f'c}}{6}.B.d$

$= 0,75.\frac{\sqrt{20,75}}{6}.2000.715,50$

= 814,814 kN > Vu (Aman)

Kontrol tegangan geser 2 arah (geser pons) :

bk = hk

= 800 mm

bk+d = hk+d

= 800+715,50

= 1515,500 mm

Gaya tekan ke atas (geser pons) :

$$Vu = \{B.L-(bk+d).(hk+d)\}.\frac{(\sigma_{maks}+\sigma_{min})}{2}$$

$$= \{2000.3000-(1515,500).(1515,500\}.\frac{(836,974+629,251)}{2}$$

= 2714,907 kN

$$\beta c = \frac{hk}{bk}$$

$$= \frac{800}{800}$$

= 1,00

b0 = 2.{(bk+d)+(hk+d)}

= 2.{(1515)+(1515}

= 6062,00 mm

Gaya geser yang ditahan beton :

$$Vc = \frac{1+2}{\beta c}.\sqrt{f'c}.\frac{b0.d}{6}$$

$$= \frac{1+2}{1}.\sqrt{20,75}.\frac{6062.715,500}{6}$$

= 9878,81 kNm

$$Vc = \frac{2+\alpha s.d}{b0}.\sqrt{f'c}.\frac{b0.d}{12}$$

$$= \frac{2+40.715,5}{6062}.\sqrt{20,75}.\frac{6062,00.715,5}{12}$$

= 11066,266 kN

Vc = 1/3.√f'c.b0.d
= 1/3.√20,75.6062.715,5
= 6585,873 kN

Dipilih Vc yang terkecil :

Vc = 6585,873 kN
Φ.Vc = 0,75.6585,873
= 4939,4049 kN > Vu (Aman)

Hitungan penulangan pondasi :

Tulangan sejajar sisi panjang

ds = Sb+(D/2)
= 75+(19/2)
= 84,5 mm

d = h-ds
= 800 – 84,5
= 715,5 mm

$x = \frac{L}{2} - \frac{hk}{2}$
$= \frac{3000}{2} - \frac{800}{2}$
= 1,10 m

$\sigma x = \sigma_{min} + \frac{(L-x).(\sigma_{maks} - \sigma_{min})}{L}$
$= 527{,}771 + \frac{(3000-1{,}10).(836{,}974-629{,}251)}{3000}$
= 760,809 kN/m^2

Mu = ½.σx.x^2+1/3.(σ$_{maks}$-σx).x^2
= ½.760,809.1,10^2+1/3.(836,974-760,809).1,10^2
= 491,010 kNm

Faktor momen pikul maksimal :

$K_{maks} = \frac{382.\beta_1.f'c.(600+fy-225.\beta_1)}{(600+fy)^2}$
$= \frac{382.0{,}85.20{,}75.(600+390-225.0{,}85)}{(600+390)^2}$

= 5,498 MPa

Faktor momen pikul K :

$$K = \frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$$

$$= \frac{491,010}{0,9.1000.715,5^2}$$

= 1,1989 MPa < K_{maks} **Ok**

Ketentuan nilai a :

$$a = \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{0,85.f'c}}\right\}.d$$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.1,1989}{0,85.20,75}}\right\}.715,5$$

= 50,411 mm

Luas tulangan :

$$As,u = \frac{0,85.f'c.a.b}{fy}$$

$$= \frac{0,85.20,75.50,411.1000}{390}$$

= 2279,822 mm²

$$As,u = \frac{1,4}{fy}.b.d$$

$$= \frac{1,4}{390}.1000.715,5$$

= 2568,462 mm²

Dipilih yang besar :

As,u = 2568,462 mm

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4.\ \pi.D^2.S}{As,u}$$

$$= \frac{1/4.\ 3,14.19.1000}{2568,462}$$

= 110,389 mm

s <(2.hf) = 2.800

= 1600 mm > s **Ok**

s < 450 = 450 mm > s **Ok**

Dipilih yang kecil :

s = 110,389 mm

Jadi dipakai tulangan :

As = D19 – 100, Luas 2835,29 mm^2> As,u **Ok**

Hitungan penulangan pondasi :

Tulangan sejajar sisi pendek

ds = Sb+D+(D/2)

= 75+19+(19/2)

= 103,50 mm

d = h-ds

= 800 – 103,50

= 696,50 mm

x = $\frac{B-bk}{2 \quad 2}$

= $\frac{2000-800}{2 \quad 2}$

= 0,60 m

Mu = $½.\sigma_{maks}.x^2$

= $½.836,974.0,60^2$

= 150,655 kNm

Faktor momen pikul K :

K = $\frac{Mu}{\Phi.b.d^2}$

= $\frac{150,655}{0,9.1000.696,50^2}$

= 0,3882 MPa < K_{maks} **Ok**

Ketentuan nilai a :

a = $\left\{1-\sqrt{1-\frac{2.K}{}}\right\}.d$

$$= \left\{1-\sqrt{1-\frac{2.0,3882}{0,85.f'c}}\right\}.\frac{696,50}{0,85.20,75}$$

= 15,502 mm

Luas tulangan :

As,u = $\frac{0.85.f'c.a.b}{fy}$

= $\frac{0,85.20,75.15,502.1000}{390}$

= 701,083 mm²

As,u = $\frac{1,4}{fy}$.b.d

= $\frac{1,4}{390}$.1000.696,50

= 2500,256 mm²

Dipilih yang besar :

As,u = 2500,256 mm²

Untuk jalur pusat selebar, B = 2,00 m

As,pusat = (2.B.As,u)/(L+B)

= (2.2000.2500,256)/(3000+2000)

= 2000,205 mm²

Jarak tulangan :

s = $\frac{1/4.\ \pi.D^2.S}{As,pusat}$

= $\frac{1/4.\ 3,14.19.1000}{2000,205}$

= 141,750 mm

s <(2.hf) = 2.800

= 1600 mm > s **Ok**

s < 450 = 450 mm > s **Ok**

Dipilih yang kecil :

s = 141,750mm

Jadi dipakai tulangan :

As = D19 – 100, Luas 2835,29 mm^2> As,u **Ok**

Untuk jalur tepi (diluar jalur pusat)

As,tepi = As,u-As,pusat

= 2500,256-2000,256

= 500,051 mm^2

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4.\ \pi.D^2.S}{As,tepi}$$

$$= \frac{1/4.\ 3,14.19.1000}{500,051}$$

= 566,99 mm

s <(2.hf) = 2.800

= 1600 mm > s **Ok**

s < 450 = 450 mm > s **Ok**

Dipilih yang kecil :

s = 450 mm

Jadi dipakai tulangan :

As = D19 – 100, Luas 2835,29 mm^2> As,u **Ok**

Kuat Dukung Pondasi

$Pu_{maks} = \phi.0,85.f'c.A_1$

= 0,70.0,85.20,75.800.800

= 7901,600 > Pu (Aman)