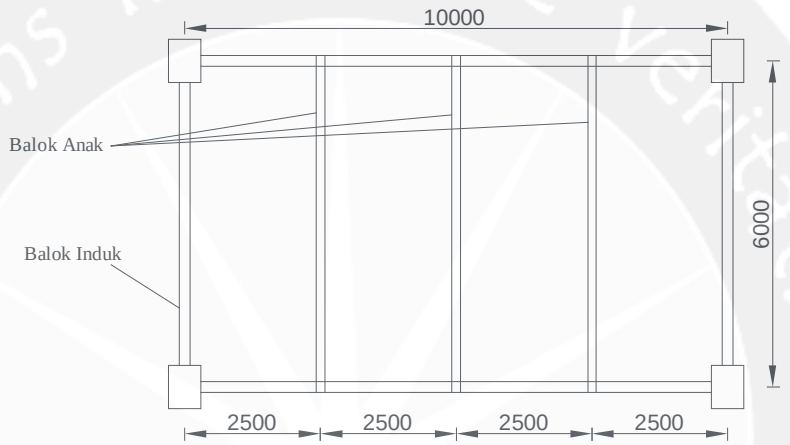
BAB III

PERHITUNGAN PELAT DAN TANGGA

3.1 Perencanaan Pelat

3.1.1 Perhitungan Tebal Plat Lantai



Gambar 3.1. Denah Plat Lantai

Direncanakan :

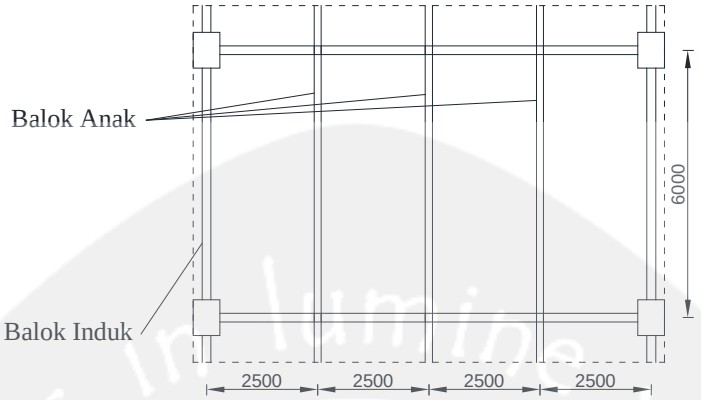
f'c = 25 MPa

f'y = 240 MPa (diameter ≤ 12 mm), fy = 420 MPa (diameter > 12 mm)

Menentukan tebal plat 2,5 x 6 m^2 :

$\frac{ly}{lx} = \frac{6000}{2500} = 2{,}4 \geq 2$, jadi dianggap sebagai struktur pelat satu arah.

Bentang plat (L) = 2500 mm



Gambar 3.2 Sketsa kedua ujung menerus

Sesuai tabel 9.5 (a) SNI 2847:2013, untuk kedua ujung menerus pada pelat masif satu arah adalah :

$$h_{min} = \frac{1}{28}.L\left(0{,}4 + \frac{fy}{700}\right)$$

$$h_{min} = \frac{1}{28}.2500\left(0{,}4 + \frac{240}{700}\right)$$

h_{min} = 66,33 mm

Digunakan pelat lantai dengan tebal = 120 mm dan 100 mm untuk pelat atap.

3.1.2 Perhitungan Pembebanan Pelat

1. Beban rencana Pelat lantai

   Beban Mati

Berat sendiri pelat lantai	= 0,12 x 24	= 2,88 kN/m^2
Berat pasir (30 mm)	= 0,03 x 16	= 0,48 kN/m^2
Berat ubin dan spesi (50 mm)	= 0,05 x 22	= 1,1 kN/m^2
Berat plafon dan penggantung		= 0,18 kN/m^2
	Q_{DL}	= 4, 64 kN/m^2

Beban Hidup (SNI 1727:2013) Q_{LL} = 1,92 kN/m^2

Beban terfaktor W_u = 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL}

= 1,2 x 4,64 + 1,6 x 1,92

= 8,64 kN/m^2

2. Beban rencana pelat atap

Beban Mati

Berat sendiri pelat lantai	= 0,10 x 24	= 2,4 kN/m^2
Berat spesi (20 mm)	= 0,02 x 22	= 0,44 kN/m^2
Berat plafon dan penggantung		= 0,18 kN/m^2
	Q_{DL}	= 3,02 kN/m^2

Beban Hidup (SNI 1727:20113) Q_{LL} = 0,96 kN/m^2

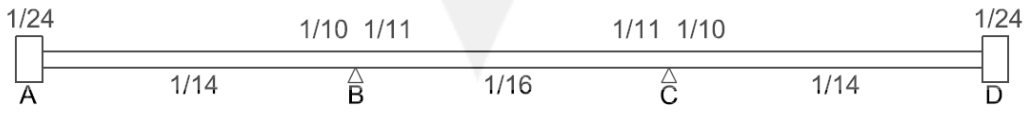
Beban terfaktor W_u = 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL}

= 1,2 x 3,02 + 1,6 x 0,96

= 5,16 kN/m^2

3.1.3 Perhitungan Momen Pelat

Berdasarkan pasal 8.3.3 SNI 2847:2013, koefisien momen pelat satu arah menerus (tiga bentang atau lebih) sebagai berikut :



Gambar 3.3. Momen Pelat (3 Bentang atau lebih)

Untuk menghitung momen terfakor digunakan rumus :

$M_u = C_m . (W_u . L)$, dengan C_m = koefisien momen

1. Momen Pelat Lantai

   M_u Tumpuan (titik A dan B) $= \frac{1}{24} . W_u . L^2 = \frac{1}{24} . 8,64 . 2,5^2 = 2,25$ kNm

   M_u Tumpuan (titik B dan C) $= \frac{1}{10} . W_u . L^2 = \frac{1}{10} . 8,64 . 2,5^2 = 5,40$ kNm

   M_u Lapangan (A-B dan C-D) $= \frac{1}{14} . W_u . L^2 = \frac{1}{14} . 8,64 . 2,5^2 = 3,86$ kNm

   M_u Lapangan (bentang B-C) $= \frac{1}{16} . W_u . L^2 = \frac{1}{16} . 8,64 . 2,5^2 = 3,38$ kNm

   Yang dipakai adalah momen terbesar, sehingga $M_u = 5,4$ kNm

2. Momen Pelat Atap

   M_u Tumpuan (titik A dan B) $= \frac{1}{24} . W_u . L^2 = \frac{1}{24} . 5,16 . 2,5^2 = 1,34$ kNm

   M_u Tumpuan (titik B dan C) $= \frac{1}{10} . W_u . L^2 = \frac{1}{10} . 5,16 . 2,5^2 = 3,23$ kNm

   M_u Lapangan (A-B dan C-D) $= \frac{1}{14} . W_u . L^2 = \frac{1}{14} . 5,16 . 2,5^2 = 2,30$ kNm

   M_u Lapangan (bentang B-C) $= \frac{1}{16} . W_u . L^2 = \frac{1}{16} . 5,16 . 2,5^2 = 2,02$ kNm

   Yang dipakai adalah momen terbesar, sehingga $M_u = 3,23$ kNm

3.1.4 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Digunakan : Tulangan pokok P10 = 78,54 mm^2

Tulangan susut P8 = 50,27 mm^2

Selimut beton untuk pelat = 20 mm

Tinggi efektif (d) = tebal plat – (selimut beton + 0,5 . diameter tulangan pokok)

Tinggi efektif (d) = 120 – (20 + 0,5.10) = 95 mm

1. Tulangan Pokok

M_u = 5,40 kNm

R_n $\frac{M_u}{0,9.b.d^2}$ $\frac{5,40.10^6}{0,9.1000.95^2}$

= = = 0,66

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f'c}{fy}\left(1-\sqrt{1-\frac{2R_n}{0,85 f'c}}\right) = \frac{0,85.25}{240}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.0,66}{0,85.25}}\right)$$

= 0,0028

ρ_{max} = 0,025 (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, maka digunakan ρ_{perlu} = 0,0028

$A_{S\ perlu}$ = 0,0028 . 1000 . 95 = 266 mm^2

Berdasarkan pasal 7.12.2.1 SNI 2847:2013, Luasan tulangan susut dan suhu menyediakan paling sedikit memiliki rasio tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut :

a. Slab dengan batang tulangan mutu fy = 280 MPa atau fy = 350 MPa adalah 0,002
b. Slab dengan batang tulangan mutu fy = 420 MPa adalah 0,0018

   Untuk slab dengan batang tulangan mutu 240 MPa, ρ = 0,002

$A_{S\ min}$ = 0,002 . 1000 . 120 = 240 mm^2

Karena $A_{S\ min} < A_{S\ perlu}$, maka digunakan $A_{S\ perlu}$ = 266 mm^2

digunakan tulangan P10 (A_v = 78,54 mm^2)

Spasi $= \frac{1000.LuasP10}{A_S} = \frac{1000.78{,}54}{266} = 295{,}26$ mm

Sesuai pasal 13.3.2 SNI 2847:2013, spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal slab maka digunakan spasi 200 mm

$A_s = \frac{1000.LuasP10}{spasi} = \frac{1000.78{,}54}{200}$

$= 392{,}7 \text{ mm}^2 > 266 \text{ mm}^2$ (OK)

Digunakan tulangan P10 – 200 mm ($A_s = 392{,}7$ mm^2)

2. Tulangan Susut dan Suhu

$A_{S\ perlu} = 0{,}002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan P8 ($A_s = 50{,}27$)

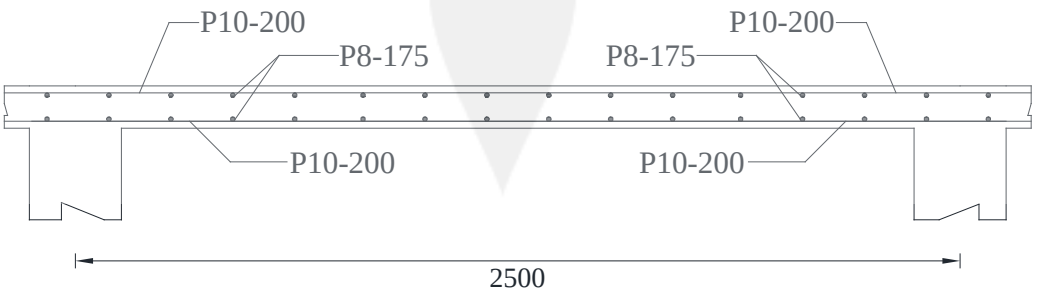
Spasi $= \frac{1000.LuasP8}{A_{sperlu}} = \frac{1000.50{,}27}{240} = 209{,}44$ mm

Dicoba spasi 175 mm

$A_S = \frac{1000.LuasP8}{spasi} = \frac{1000.50{,}27}{175}$

$= 287{,}23 \text{ mm}^2 > 240 \text{ mm}^2$ (OK)

Digunakan tulangan P8 – 175 ($A_s = 287{,}23$ mm^2)



Gambar 3.4 Sketsa penulangan pelat lantai

3.1.5 Perhitungan Tulangan Pelat Atap

Digunakan : Tulangan pokok P10 = 78,54 mm^2

Tulangan susut P8 = 20,27 mm^2

Selimut beton untuk pelat = 20 mm

Tinggi efektif (d) = tebal plat – (selimut beton + 0,5 . diameter tulangan pokok)

Tinggi efektif (d) = 100 – (20 + 0,5.10) = 75 mm

1. Tulangan Pokok

M_u = 3,23 kNm

$$R_n = \frac{M_u}{0{,}9.b.d^2} = \frac{3{,}23.10^6}{0{,}9.1000.75^2} = 0{,}64$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0{,}85\,f'c}{fy}\left(1-\sqrt{1-\frac{2R_n}{0{,}85\,f'c}}\right) = \frac{0{,}85.25}{240}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.0{,}64}{0{,}85.25}}\right)$$

$$= 0{,}0027$$

ρ_{max} = 0,025 (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, maka digunakan ρ_{perlu} = 0,0027

$A_{S\ perlu}$ = 0,0027 . 1000 . 75 = 202,15 mm^2

Untuk slab dengan batang tulangan mutu 240 MPa, ρ = 0,002

$A_{S\ min}$ = 0,002 . 1000 . 100 = 200 mm^2

Karena $A_{S\ min} > A_{S\ perlu}$, maka digunakan $A_{S\ min}$ = 200 mm^2

Digunakan P10

$$\text{Spasi} = \frac{1000.LuasP10}{A_S} = \frac{1000.78{,}54}{200} = 392{,}70 \text{ mm}$$

Dicoba spasi 200 mm

$$A_s = \frac{1000.LuasP10}{spasi} = \frac{1000.78,54}{200}$$

$=392,70\ mm^2 > 200\ mm^2$ (OK)

Digunakan tulangan P10 – 200 mm (A_s =392,70 mm)

2. Tulangan Susut dan Suhu

$A_{S\ min} = 0,002 . 1000 . 100 = 200\ mm^2$

Digunakan P8

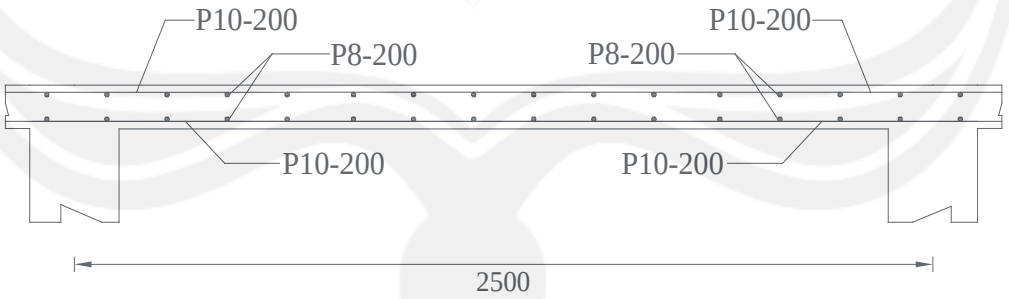
Spasi $= \frac{1000.LuasP8}{A_{sperlu}} = \frac{1000.50,27}{200} = 251,33$ mm

Spasi 200 mm

$$A_S = \frac{1000.LuasP8}{spasi} = \frac{1000.50,27}{200}$$

$= 251,33\ mm^2 > 200\ mm^2$ (OK)

Digunakan tulangan P8 – 200 (A_s = 251,33)



Gambar 3.5 Sketsa pelulangan pelat atap

3.2 Perencanaan Tangga

Pada Perencanaan Hotel ini direncanakan menggunakan 2 tipe tangga dengan ketinggian yang berbeda, yaitu tinggi tiga setengah meter, lima meter dan empat meter.

2.2.1 Perhitungan Tangga

2.2.1.1 Tangga Tipe IA (Tinggi 3,5 m)

1. Perencanaan Dimensi Tangga

   Hlt = 3,5 m

   Tinggi *optrede* (O) = 0,18 m

   Antrede = 0,26 m

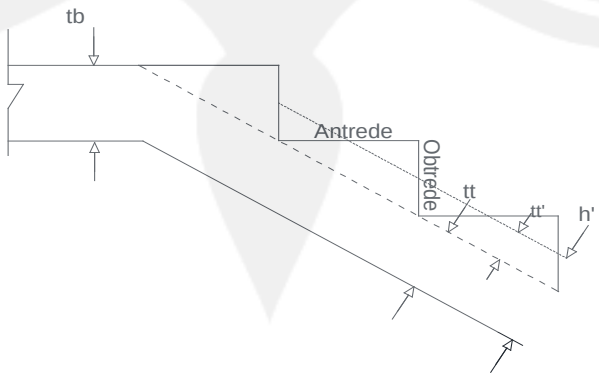
   Jumlah anak tangga = $\left(\frac{h}{O}\right)-1=\left(\frac{3,5}{0,18}\right)-1$ = 18,4 ≈ 19 anak tangga

   Lebar bordes = panjang tangga – (0,5 .(jumlah anak tangga-1) . *Antrade*)

   = 3,4 – (0,5 . 18 . 0,26)

   = 1,06 m

   Kemiringan tangga = arc tan $\frac{Optrade}{Antrade}$ = arc tan $\frac{0,18}{0,26}$ = 34,695^{o}



Gambar 3.6 *Optrade* dan anak tangga

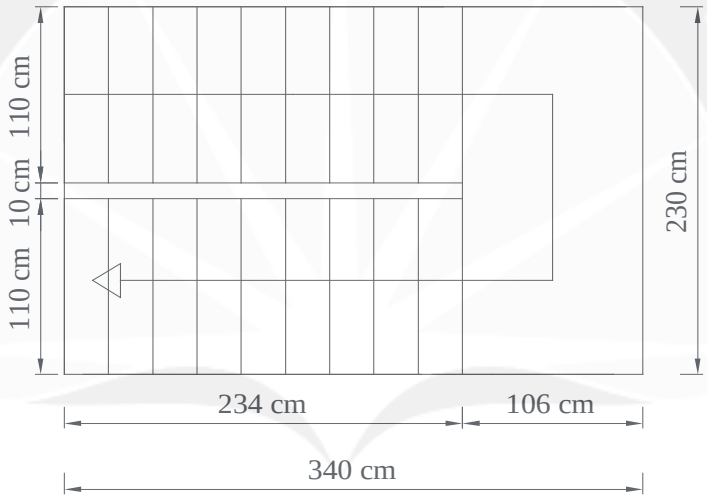
tt’ $= \dfrac{0{,}5.Optrade.Antrade}{\sqrt{Optrade^2 + Antrade^2}}$

$= \dfrac{0{,}5.0{,}18.0{,}26}{\sqrt{0{,}18^2 + 0{,}26^2}}$

$= 0{,}074$ m

Tebal pelat tangga = tebal bordes = tt = 0,15 m

h’ $= \dfrac{tt + tt'}{\cos\alpha} = \dfrac{0{,}15 + 0{,}074}{\cos 34{,}695^o} = 0{,}27$ m



Gambar 3.7 Dimensi Ruang tangga IA

1. Pembebanan tangga

Beban Mati

a. Tangga

Pelat tangga dan anak	= 0,27 . 1 . 24	= 6,48	kN/m
Berat ubin dan spesi (50 mm)	= 0,05 . 0,24	= 0,012	kN/m
Railing (asumsi)		= 1	kN/m
	Q_{DL}	= 7,49	kN/m

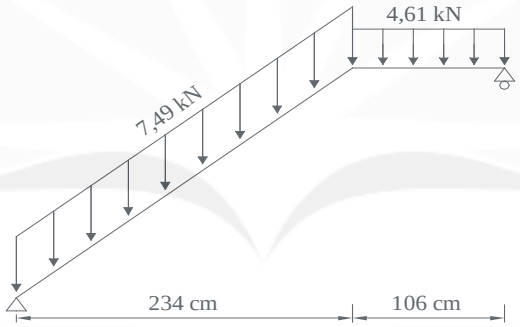
b. Bordes

Pelat bordes	= 0,15 . 1 . 24	= 3,6	kN/m
Berat ubin dan spesi (50 mm)	= 0,05 . 0,24	= 0,12	kN/m
Railing (asumsi)		= 1	kN/m
	Q_{DL}	= 4,61	kN/m
Beban Hidup (SNI 1727:2013)	Q_{LL}	= 4,79	kN/m

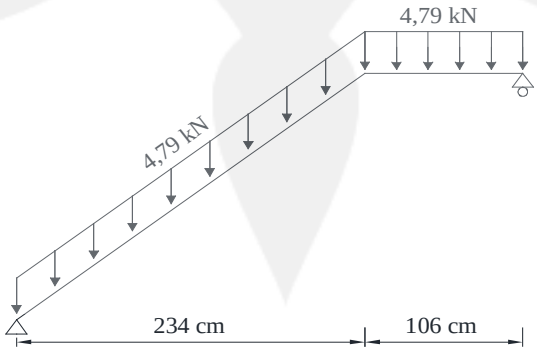
Gaya-gaya rencana dihitung dengan bantuan *software* ETABS. Kombinasi beban yang digunakan adalah :

a. 1,4 DL

b. 1,2 DL + 1,6 LL



Gambar 3.8 Beban Mati Tangga Tipe IA



Gambar 3.9 Beban Hidup Tangga Tipe IA

Dari hasil analisis struktur, diperoleh momen maksimum dan gaya geser maksimum yang ditulis pada tabel 3.1 .

Tabel 3.1 Hasil perhitungan tangga tipe IA

Momen dan Geser	Pelat tangga dan Bordes
Momen tumpuan (kNm)	0
Momen lapangan (kNm)	33,17
Gaya Geser (kNm)	37,58

3.2.1.1.1 Penulangan Pelat tangga dan Pelat bordes

1. Penulangan

M_u = 33,17 kNm

Dicoba digunakan tulangan D13 (A_s = 132,73)

Tebal selimut beton = 20 mm

b = 1000 mm

d = 150 – (20 + 0,5.13) =123,5 mm

$R_n = \frac{M_u}{0{,}9.b.d^2} = \frac{33{,}17.10^6}{0{,}9.1000.123{,}5^2} = 2{,}42$

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

$= \frac{0{,}85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.2{,}42}{0{,}85.25}}\right)$

$= 0{,}0061$

ρ_{max} = 0,025 (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0{,}0061$

$A_{S\ min}$ = 0,002 . 1000 . 150 = 300 mm^2

$A_{S\ perlu}$ = 0,0061 . 1000 . 123,5 = 756,31 mm^2

Karena $A_{S\ perlu} > A_{S\ min}$, maka digunakan A_S = 756,31 mm^2

digunakan tulangan D13

$$\text{Spasi} = \frac{1000.LuasD13}{A_S} = \frac{1000.132,73}{756,31} = 175,50 \text{ mm}$$

Digunakan spasi 150 mm

$$A_s = \frac{1000.LuasD13}{spasi} = \frac{1000.132,73}{150}$$

= 884,88 mm^2 > 756,31 mm^2 (OK)

Digunakan tulangan D13 – 150 mm (A_s = 884,88 mm^2)

2. Tulangan Susut

Dicoba digunakan tulangan P10 (A_s = 78,53 mm^2 dan fy = 240 MPa)

ρ_{min} = 0,002 (interpolasi dari SNI 2847 pasal 7.12.2.1)

A_{susut} = 0,002 . 1000 . 150 = 300 mm^2

$$\text{Spasi} = \frac{1000.LuasP10}{A_S} = \frac{1000.78,53}{300}$$

= 261,77 mm

Maka digunakan tulangan susut P10-200

$$A_s = \frac{1000.LuasP10}{spasi} = \frac{1000.78,53}{200}$$

= 392,65 mm^2 > 249,30 mm^2 (OK)

3. Kontrol Terhadap Geser

d = 123,5 mm

Gaya geser = 37,58 kN

Vc $= \frac{1}{6}\sqrt{f'c}.b.d = \frac{1}{6}\sqrt{25}.1000.123{,}5$

= 102,92 kN

$V_u < \phi V_c$

37,58 < 0,75 . 102,92

37,58 < 77,19 kN (OK)

Tulangan geser tidak diperlukan karena penampang beton mampu mengatasi gaya geser yang terjadi.

3.2.1.1.2 Balok Bordes

Diasumsikan ukuran balok bordes :

b_w = 250 mm

h = 400 mm

Diameter tulangan lentur D16 (A_s = 201,06 mm^2, fy = 420 MPa)

Diameter sengkang P10 (A_s = 78,54, fy = 240 MPa)

selimut beton = 40 mm

d = 400 – (40 + 10 + 0,5.16)

= 342 mm

Panjang balok yang menahan tangga adalah 2,5 meter

Beban rencana :

Berat sendiri = 0,25 . 0,4 . 2,5 . 24. 1,2 = 7,2 kN/m

Berat dinding = 1,75 . 2,5 . 1,2 = 5,25 kN/m

Reaksi tangga per meter lebar = 37,83 kN/m

Q_u = 7,2 + 5,25 +37,83 = 50,28 kN/m

1. Tulangan Longitudinal Tumpuan

$M_u = \frac{1}{12}.Q_u.l^2 = \frac{1}{12}.50,28.2,5^2 = 26,19$ kNm

$R_n = \frac{M_u}{0,9.b_w.d^2} = \frac{26,19.10^6}{0,9.250.342^2} = 1$

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

$= \frac{0,85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.1}{0,85.25}}\right)$

$= 0,0024$

$\rho_{max} = 0,025$ (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

digunakan $\rho_{perlu} = 0,0024$

$A_{S\ perlu} = \rho_{perlu} . b_w . d = 0,0024 . 250 . 342 = 207,55\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4.fy}.b_w.d = \frac{\sqrt{25}}{4.420}.250.342 = 254,46\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{1,4}{fy}.b_w.d = \frac{1,4}{420}.250.342 = 285\ mm^2$

Digunakan $A_s = 285\ mm^2$

Jumlah tulangan = 285/201,06 = 1,41 ≈ 2

Digunakan 2D16 (A_s = 402,12) untuk tulangan tarik dan tekan

Periksa momen nominal

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

$= \frac{402,12.420}{0,85.25.250}$

$= 31,79$ mm

$\phi M_n = \phi A_s.fy.\left(d-\frac{a}{2}\right)$

$= 0{,}9.402{,}12.420..\left(342 - \frac{31{,}79}{2}\right)$

$= 49{,}57$ kN

$\phi M_n \geq M_u$

$49{,}57 \geq 26{,}19$ kN (OK)

2. Tulangan Longitudinal Lapangan

$M_u = \frac{1}{24}.Q_u.l^2 = \frac{1}{24}.50{,}28.2{,}5^2 = 13{,}17$ kNm

$R_n = \frac{M_u}{0{,}9.b_w.d^2} = \frac{13{,}17.10^6}{0{,}9.250.342^2} = 0{,}50$

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

$= \frac{0{,}85.25}{420}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.0{,}5}{0{,}85.25}}\right)$

$= 0{,}0012$

$\rho_{max} = 0{,}025$ (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

digunakan $\rho_{min} = 0{,}0012$

$A_{S\ perlu} = \rho_{perlu} . b_w . d = 0{,}0012 . 250 . 342 = 102{,}5\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4.fy}.b_w.d = \frac{\sqrt{25}}{4.420}.250.342 = 254{,}46\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{1{,}4}{fy}.b_w.d = \frac{1{,}4}{420}.250.342 = 285\ mm^2$

Digunakan $A_s = 285\ mm^2$

Jumlah tulangan = 285/201,06 = 1,41 ≈ 2

Digunakan 2D16 (A_s = 402,12) untuk tulangan tarik dan tekan

Periksa momen nominal

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

$= \frac{402{,}12 . 420}{0{,}85 . 25 . 250}$

= 31,79 mm

$\phi M_n = \phi A_s . fy . \left(d - \frac{a}{2} \right)$

$= 0{,}9 . 402{,}12 . 420 . . \left(342 - \frac{31{,}79}{2} \right)$

= 49,57 kN

$\phi M_n \geq M_u$

49,57 $\geq$ 13,17 kN (OK)

3. Tulangan Transversal Balok Bordes

$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c . b . d} = \frac{1}{6} \sqrt{25} . 250 . 342$

=71,25 kN

V_u (ETABS) = 37,83 kN

$V_u \leq \phi V_c$

37,83 $\leq$ 0,75 . 71,27

37,83 $\leq$ 53,44

maka

$V_s = \frac{V_u}{\Phi} = \frac{37{,}83}{0{,}75}$

= 50,44 kN

$V_{s\ max} > V_s$

$\frac{2}{3} . \sqrt{f'c} . b_w . d$ > 50,44 kN

$\frac{2}{3} . \sqrt{25} . 250 . 342$ > 50,44 kN

285 > 50, 44 kN (OK)

Dicoba tulangan geser dua kaki P10 (A_v =157,08 mm^2)

Spasi $= \frac{A_v . fy.d}{V_s}$

$= \frac{157,08.240.342}{50,44.10^3}$

= 255,61 mm

Sesuai pasal 21.3.4.1 SNI 2847:2013 spasi sengkang pada kedua ujung tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

a. d/4 = 342/4 = 85,5 mm

b. 8 . D16 = 8 . 16 = 128 mm

c. 24 . P10 = 24 . 10 = 240 mm

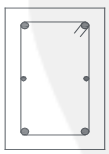
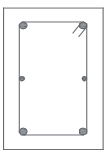
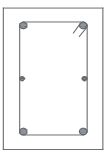
d. 300 mm

Digunakan 2P10 - 75

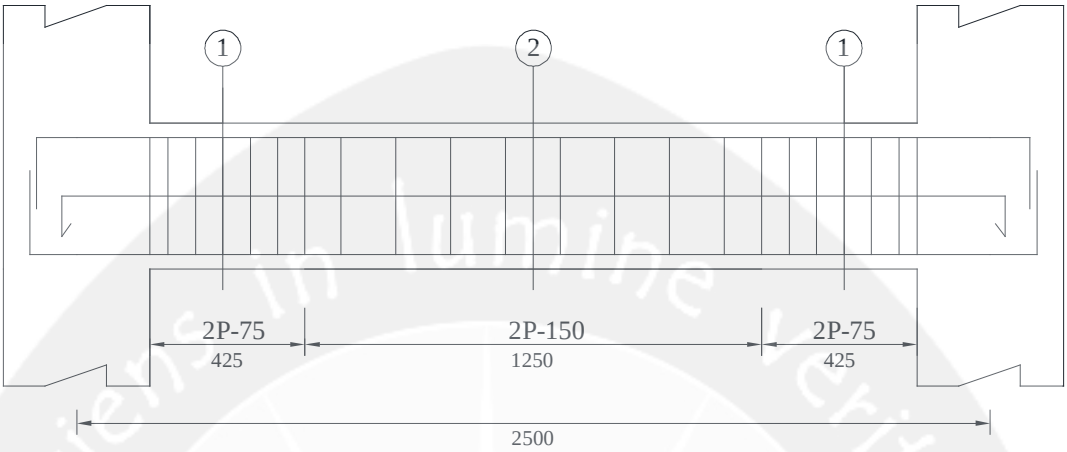
Berdasarkan Pasal 21.3.4.3 SNI 2847:2013 diluar sendi plastis spasi tidak boleh melebihi :

d/2 = 342/2 = 171 mm

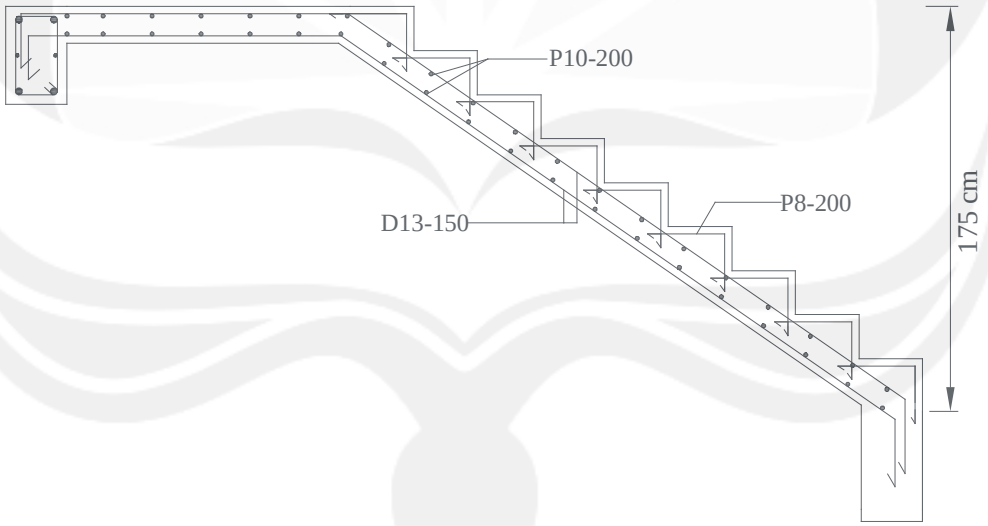
Jadi digunakan 2P10-150 mm

BALOK	BORDES (250 X 400)		
	TUMP. KIRI (POT. 1)	LAPANGAN (POT. 2)	TUMP. KANAN (POT. 1)
PENAMPANG BALOK			
TUL. ATAS	2D16	2D16	2D16
TUL. BAWAH	2D16	2D16	2D16
TUL. PINGGANG	2P10	2P10	2P10
SENGKANG	Ø10-75	Ø10-150	Ø10-75

Gambar 3.10 Detail Tulangan Balok Bordes IA 250 x 400



Gambar 3.11 Detail Tulangan Transversal Balok Bordes IA 250 x 400



Gambar 3.12 Detail Tulangan Tangga Tipe IA

2.2.1.2 Tangga Tipe IIA (Tinggi 3,5 m)

1. Perencanaan Dimensi Tangga

Hlt = 3,5 m

Tinggi *optrede* (O) = 0,18 m

Antrede = 0,26 m

Jumlah anak tangga = $\left(\frac{h}{O}\right)-1=\left(\frac{3,5}{0,18}\right)-1$ = 18,4 ≈ 19 anak tangga

Lebar bordes = panjang tangga – (0,5 .(jumlah anak tangga-1) . *Antrade*)

= 4,3 – (0,5 . 18 . 0,26)

= 1,96 m

Kemiringan tangga = arc tan $\frac{Optrade}{Antrade}$ = arc tan $\frac{0,18}{0,26}$ = 34,695^o

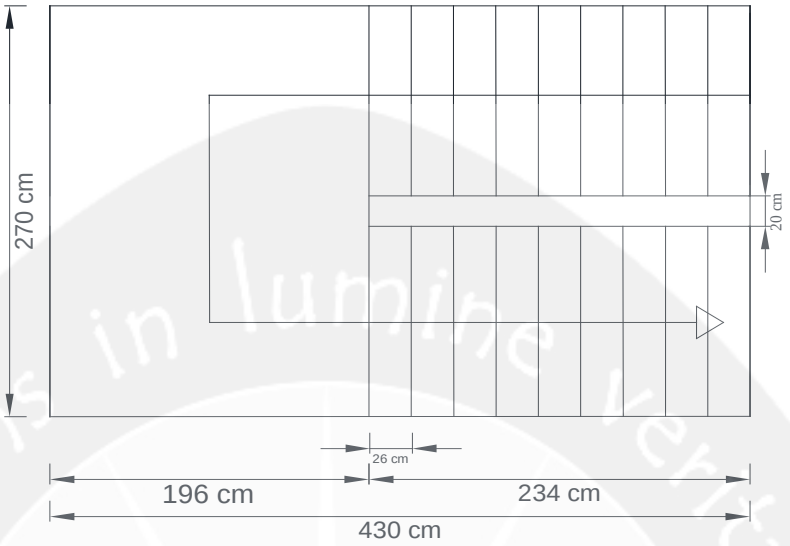
tt’ = $\frac{0,5.Optrade.Antrade}{\sqrt{Optrade^2+Antrade^2}}$

= $\frac{0,5.0,18.0,26}{\sqrt{0,18^2+0,26^2}}$

= 0,074 m

Tebal pelat tangga = tebal bordes = tt = 0,15 m

h’ = $\frac{tt+tt'}{\cos\alpha}$ = $\frac{0,15+0,074}{\cos 34,695^o}$ = 0,27 m



Gambar 3.13 Dimensi Ruang tangga IIA

2. Pembebanan tangga

Beban Mati

a. Tangga

Pelat tangga dan anak	= 0,27 . 1 . 24	= 6,48	kN/m
Berat ubin dan spesi (50 mm)	= 0,05 . 0,24	= 0,012	kN/m
Railing (asumsi)		= 1	kN/m
	Q_{DL}	= 7,49	kN/m

b. Bordes

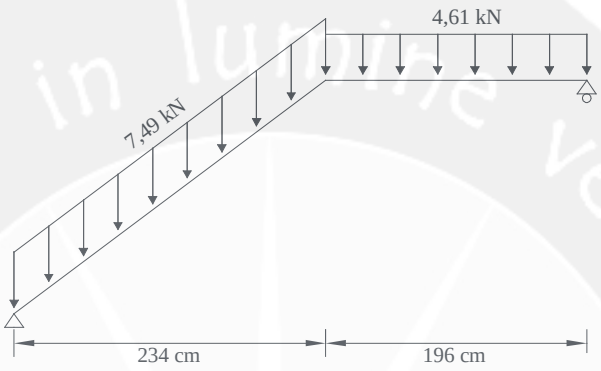
Pelat bordes	= 0,15 . 1 . 24	= 3,6	kN/m
Berat ubin dan spesi (50 mm)	= 0,05 . 0,24	= 0,12	kN/m
Railing (asumsi)		= 1	kN/m
	Q_{DL}	= 4,61	kN/m

Beban Hidup (SNI 1727:2013) Q_{LL} = 4,79 kN/m

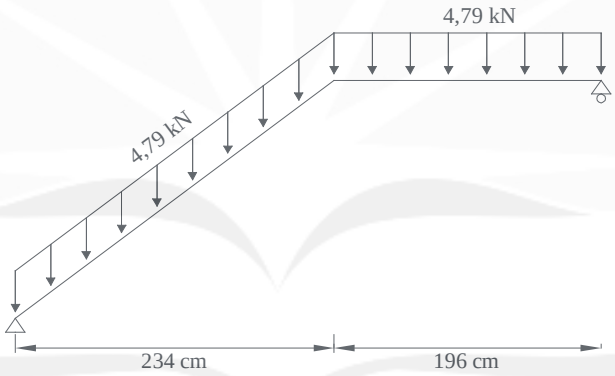
Gaya-gaya rencana dihitung dengan bantuan *software* ETABS. Kombinasi beban yang digunakan adalah :

c. 1,4 DL

d. 1,2 DL + 1,6 LL



Gambar 3.14 Beban Mati Tangga Tipe IIA



Gambar 3.15 Beban Hidup Tangga Tipe IIA

Dari hasil analisis struktur, diperoleh momen maksimum dan gaya geser maksimum yang ditulis pada tabel 3.2 .

Tabel 3.2 Hasil perhitungan tangga tipe IIA

Momen dan Geser	Pelat tangga dan Bordes
Momen tumpuan (kNm)	0
Momen lapangan (kNm)	53,802
Gaya Geser (kNm)	45,67

2.2.1.2.1 Penulangan Pelat tangga dan Pelat bordes

1. Penulangan

M_u = 53,802 kNm

Dicoba digunakan tulangan D13 (A_s = 132,73)

Tebal selimut beton = 20 mm

b = 1000 mm

d = 150 – (20 + 0,5.13) =123,5 mm

$R_n = \frac{M_u}{0,9.b.d^2} = \frac{53,802.10^6}{0,9.1000.123,5^2} = 3,92$

ρ_{min} = 0,002

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

$= \frac{0,85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.3,92}{0,85.25}}\right)$

= 0,01

ρ_{max} = 0,025 (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, maka digunakan ρ_{perlu} = 0,01

$A_{S\ min}$ = 0,002 . 1000 . 150 = 300 mm^2

$A_{S\ perlu}$ = 0,01 . 1000 . 123,5 = 1239,17 mm^2

Karena $A_{S\ perlu} > A_{S\ min}$, maka digunakan A_S = 1239,17 mm^2

digunakan tulangan D13

Spasi $= \frac{1000.LuasD13}{A_S} = \frac{1000.132,73}{1239,17}$ = 107,11 mm

Digunakan spasi 100 mm

$A_s = \frac{1000.LuasD13}{spasi} = \frac{1000.132,73}{100}$

$= 1327,32 \text{ mm}^2 > 1239,17 \text{ mm}^2$ (OK)

Digunakan tulangan D13 – 100 mm ($A_s = 1327,32 \text{ mm}^2$)

2. Tulangan Susut

Dicoba digunakan tulangan P10 ($A_s = 78,53 \text{ mm}^2$ dan fy = 240 MPa)

$\rho_{min} = 0,002$

$A_{susut} = 0,002 . 1000 . 150 = 300 \text{ mm}^2$

Spasi $= \frac{1000.LuasP10}{A_S} = \frac{1000.78,53}{300}$

$= 261,8$ mm

Maka digunakan tulangan susut P10-200

$A_s = \frac{1000.LuasP10}{spasi} = \frac{1000.78,53}{200}$

$= 392,65 \text{ mm}^2 > 261,8 \text{ mm}^2$ (OK)

2. Kontrol Terhadap Geser

d = 123,5 mm

Gaya geser = 45,67 kN

Vc $= \frac{1}{6}\sqrt{f'c}.b.d = \frac{1}{6}\sqrt{25}.1000.123,5$

$= 102,92$ kN

$V_u < \phi V_c$

$45,67 < 0,75 . 102,92$

45,67 < 77,19 kN (OK)

Tulangan geser tidak diperlukan karena penampang beton mampu mengatasi gaya geser yang terjadi.

2.2.1.2.2 Balok Bordes

Diasumsikan ukuran balok bordes :

b_w = 250 mm

h = 400 mm

Diameter tulangan lentur D16 (A_s = 201,06 mm^2, fy = 420 MPa)

Diameter sengkang P10 (A_s = 78,54, fy = 240 MPa)

selimut beton = 40 mm

d = 400 – (40 + 10 + 0,5.16)

= 342 mm

Panjang balok yang menahan tangga adalah 3 meter

Beban rencana :

Berat sendiri = 0,25 . 0,4 . 3 . 24. 1,2 = 8,64 kN/m

Berat dinding = 1,75 . 3 . 1,2 = 6,3 kN/m

Reaksi tangga per meter lebar = 45,67 kN/m

Q_u = 8,64 + 6,3 + 44,18 = 60,61 kN/m

1. Tulangan Longitudinal Tumpuan

$M_u = \frac{1}{12}.Q_u.l^2 = \frac{1}{12}.60,61.2,5^2 = 45,46$ kNm

$R_n = \frac{M_u}{0,9.b_w.d^2} = \frac{45,46.10^6}{0,9.250.342^2} = 1,73$

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

$$= \frac{0,85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.1,73}{0,85.25}}\right)$$

$= 0,0043$

ρ_{max} $= 0,025$ (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

digunakan $\rho_{perlu} = 0,0043$

$A_{S\ perlu}$ $= \rho_{perlu} . b_w . d = 0,0043 . 250 . 342 = 367,22\ mm^2$

$A_{S\ min}$ $= \frac{\sqrt{f'c}}{4.fy}.b_w.d = \frac{\sqrt{25}}{4.420}.250.342 = 254,46\ mm^2$

$A_{S\ min}$ $= \frac{1,4}{fy}.b_w.d = \frac{1,4}{420}.250.342 = 285\ mm^2$

Digunakan $A_s = 367,22\ mm^2$

Jumlah tulangan $= 367,22/201,06 = 1,83 \approx 2$

Digunakan 2D16 ($A_s = 402,12$) untuk tulangan tarik dan tekan

Periksa momen nominal

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

$= \frac{402,12.420}{0,85.25.250}$

$= 31,79\ mm$

ϕM_n $= \phi A_s . fy.\left(d-\frac{a}{2}\right)$

$= 0,9.402,12.420..\left(342-\frac{31,79}{2}\right)$

$= 49,57\ kN$

$\phi M_n \geq M_u$

$49,57 \geq 26,19\ kN$ (OK)

2. Tulangan Longitudinal Lapangan

$M_u = \frac{1}{24}.Q_u.l^2 = \frac{1}{24}.60,61.2,5^2 = 22,73$ kNm

$R_n = \frac{M_u}{0,9.b_w.d^2} = \frac{22,73.10^6}{0,9.250.342^2} = 0,86$

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

$= \frac{0,85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.0,88}{0,85.25}}\right)$

$= 0,0021$

$\rho_{max} = 0,025$ (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

digunakan $\rho_{perlu} = 0,0021$

$A_{S\ perlu} = \rho_{perlu} . b_w . d = 0,0021 . 250 . 342 = 179,54\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4.fy}.b_w.d = \frac{\sqrt{25}}{4.420}.250.342 = 254,46\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{1,4}{fy}.b_w.d = \frac{1,4}{420}.250.342 = 285\ mm^2$

Digunakan $A_s = 285\ mm^2$

Jumlah tulangan = 285/201,06 = 1,41 ≈ 2

Digunakan 2D16 (A_s = 402,12) untuk tulangan tarik dan tekan

Periksa momen nominal

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

$= \frac{402,12.420}{0,85.25.250}$

$= 31,79$ mm

$\phi M_n = \phi A_s.fy.\left(d-\frac{a}{2}\right)$

$= 0{,}9.402{,}12.420..\left(342 - \frac{31{,}79}{2}\right)$

$= 49{,}57$ kN

$\phi M_n \geq M_u$

$49{,}57 \geq 13{,}17$ kN (OK)

3. Tulangan Transversal Balok Bordes

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'c.b.d} = \frac{1}{6}\sqrt{25}.250.342$

$=71{,}25$ kN

V_u (ETABS) $= 45{,}67$ kN

$V_u \leq \phi V_c$

$45{,}67 \leq 0{,}75 \,.\, 71{,}27$

$45{,}67 \leq 53{,}44$

maka

$V_s = \frac{V_u}{\Phi} = \frac{45{,}67}{0{,}75}$

$= 61$ kN

$V_{s\ max} > V_s$

$\frac{2}{3}.\sqrt{f'c}.b_w.d > 61$ kN

$\frac{2}{3}.\sqrt{25}.250.342. > 61$ kN

$285 > 61$ kN (OK)

Dicoba tulangan geser dua kaki P10 ($A_v = 157{,}08$ mm^2)

Spasi $= \frac{A_v.fy.d}{V_s}$

$= \frac{157{,}08.240.342}{59.10^3}$

$= 218{,}87$ mm

Sesuai pasal 21.3.4.1 SNI 2847:2013 spasi sengkang pada kedua ujung tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

e. d/4 = 342/4 = 85,5 mm

f. 8 . D16 = 8 . 16 = 128 mm

g. 24 . P10 = 24 . 10 = 240 mm

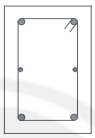
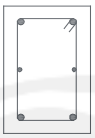
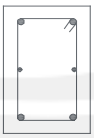
h. 300 mm

Digunakan 2P10 - 75

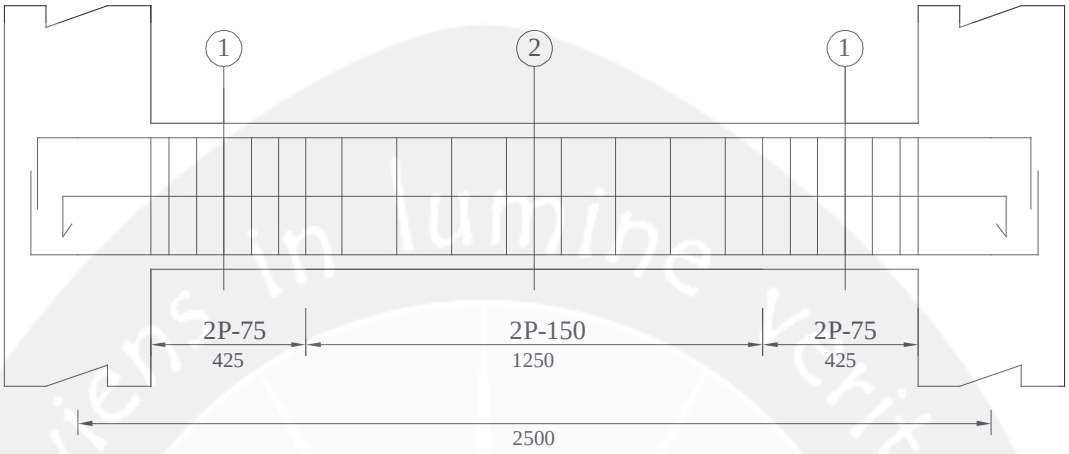
Berdasarkan Pasal 21.3.4.3 SNI 2847:2013 diluar sendi plastis spasi tidak boleh melebihi :

d/2 = 342/2 = 171 mm

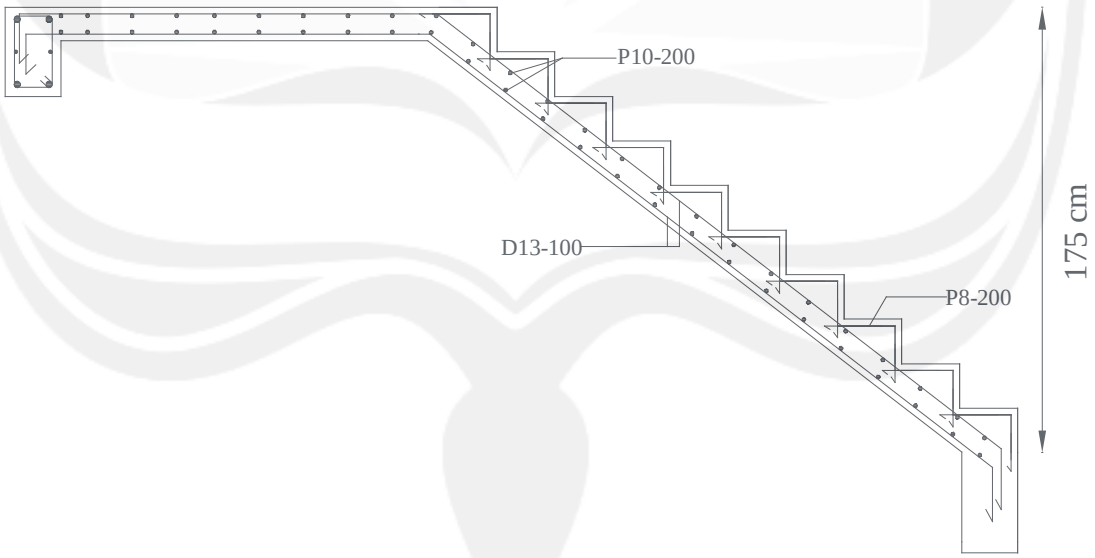
Jadi digunakan 2P10-150 mm

BALOK	BORDES (250 X 400)		
	TUMP. KIRI (POT. 1)	LAPANGAN (POT. 2)	TUMP. KANAN (POT. 1)
PENAMPANG BALOK			
TUL. ATAS	2D16	2D16	2D16
TUL. BAWAH	2D16	2D16	2D16
TUL. PINGGANG	2P10	2P10	2P10
SENGKANG	Ø10-75	Ø10-150	Ø10-75

Gambar 3.16 Detail Tulangan Balok Bordes IIA 250 x 400



Gambar 3.17 Detail Tulangan Transversal Balok Bordes IIA 250 x 400



Gambar 3.18 Detail Tulangan Tangga Tipe IIA

3.2.1.3 Tangga Tipe IIB (Tinggi 5 m)

1. Perencanaan Dimensi Tangga

Hlt = 5 m

Tinggi *optrede* (O) = 0,20 m

Antrede = 0,26 m

Jumlah anak tangga = $\left(\frac{h}{O}\right)-1=\left(\frac{5}{0,20}\right)-1$= 24 anak tangga

Lebar bordes = panjang tangga – (0,5 . (jumlah anak tangga) . *Antrade*)

= 4,3 – (0,5 . 24 . 0,26)

= 1,18 m

Kemiringan tangga = arc tan $\frac{Optrade}{Antrade}$ = arc tan $\frac{0,20}{0,26}$ = $37,57^o$

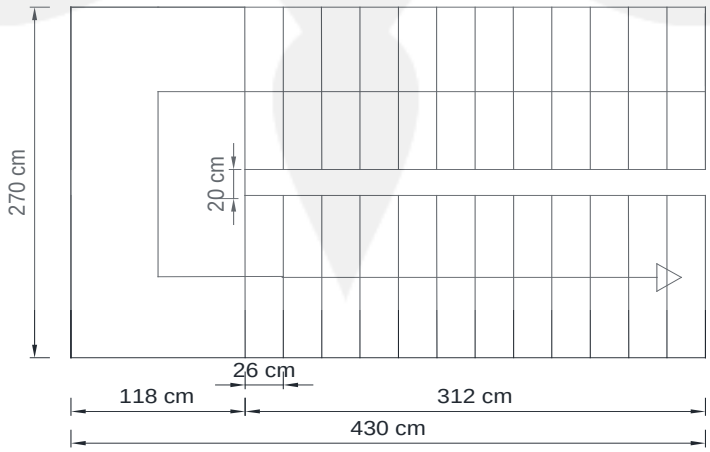
tt’ = $\frac{0,5.Optrade.Antrade}{\sqrt{Optrade^2+Antrade^2}}$

= $\frac{0,5.0,2.0,26}{\sqrt{0,2^2+0,26^2}}$

= 0,079 m

Tebal pelat tangga = tebal bordes = tt = 0,15 m

h’ = $\frac{tt+tt'}{\cos\alpha}$ = $\frac{0,15+0,079}{\cos 37,57^o}$ = 0,29



Gambar 3.19 Dimensi Ruang tangga IIB

2. Pembebanan tangga

Beban Mati

a. Tangga

Pelat tangga dan anak	= 0,29 . 1 . 24	= 6,96	kN/m
Berat ubin dan spesi (50 mm)	= 0,05 . 0,24	= 0,012	kN/m
Railing (asumsi)		= 1	kN/m
	Q_{DL}	= 7,97	kN/m

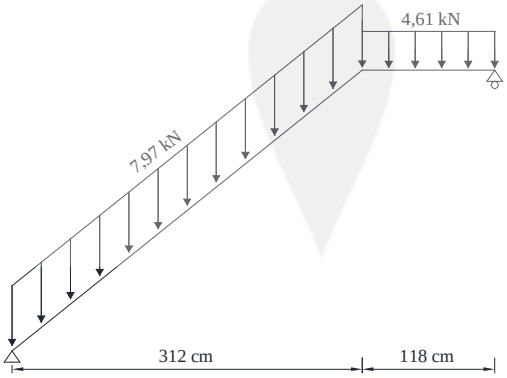
b. Bordes

Pelat bordes	= 0,15 . 1 . 24	= 3,6	kN/m
Berat ubin dan spesi (50 mm)	= 0,05 . 0,24	= 0,012	kN/m
Railing (asumsi)		= 1	kN/m
	Q_{DL}	= 4,61	kN/m
Beban Hidup (SNI 1727:2013)	Q_{LL}	= 4,79	kN/m

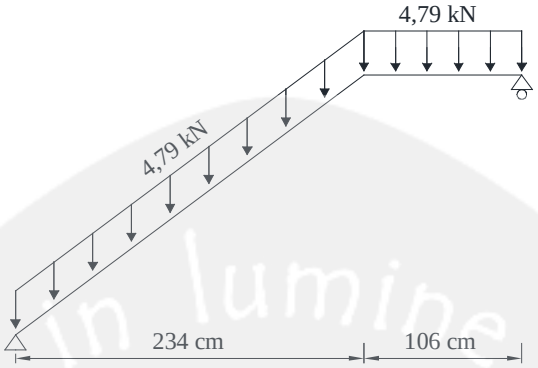
Gaya-gaya rencana dihitung dengan bantuan *software* ETABS. Kombinasi beban yang digunakan adalah :

a. 1,4 DL

b. 1,2 DL + 1,6 LL



Gambar 3.20 Beban Mati Tipe IIB



Gambar 3.21 Beban Hidup Tangga Tipe IIB

Dari hasil analisis struktur, diperoleh momen ma ksimum dan gaya geser maksimum yang ditulis pada tabel 3.3 .

Tabel 3.3 Hasil perhitungan tangga tipe IIB

Momen dan Geser	Pelat tangga dan Bordes
Momen tumpuan (kNm)	0
Momen lapangan (kNm)	59,34
Gaya Geser (kNm)	51,75

3.2.1.3.1 Penulangan Pelat tangga dan Pelat bordes

1. Penulangan

M_u = 59,34 kNm

Dicoba digunakan tulangan D13 (A_s = 132,73)

Tebal selimut beton = 20 mm

b = 1000 mm

d = 150 – (20 + 0,5.13) =123,5 mm

$$R_n = \frac{M_u}{0{,}9.b.d^2} = \frac{59{,}34.10^6}{0{,}9.1000.123{,}5^2} = 4{,}32$$

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

$= \frac{0,85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.4,32}{0,85.25}}\right)$

$= 0,0116$

$\rho_{max} = 0,025$ (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0116$

$A_{S\ min} = 0,002 . 1000 . 150 = 300\ mm^2$

$A_{S\ perlu} = 0,0116 . 1000 . 123,5 = 1436,17\ mm^2$

Karena $A_{S\ perlu} > A_{S\ min}$, maka digunakan $A_S = 1436,17\ mm^2$

digunakan tulangan D13 ($A_s = 132,73\ mm^2$)

Spasi $= \frac{1000.LuasD13}{A_S} = \frac{1000.132,73}{1436,17} = 92,42$ mm

Digunakan spasi 75 mm

$A_s = \frac{1000.LuasD13}{spasi} = \frac{1000.132,73}{75}$

$= 1769,76\ mm^2 > 1436,17\ mm^2$ (OK)

Digunakan tulangan D13 – 75 mm

2. Tulangan Susut

Dicoba digunakan tulangan P10 ($A_s = 78,53\ mm^2$ dan fy = 240 MPa)

$\rho_{min} = 0,0021$ (interpolasi dari SNI 2847 pasal 7.12.2.1)

$A_{susut} = 0,0021 . 1000 . 150 = 315\ mm^2$

Spasi $= \frac{1000.LuasP10}{A_S} = \frac{1000.78,53}{315}$

$= 249,30$ mm

Maka digunakan tulangan susut P10-200

$A_s = \frac{1000.LuasP10}{spasi} = \frac{1000.78,53}{200}$

$= 392,65 \text{ mm}^2 > 249,30 \text{ mm}^2$ (OK)

3. Kontrol Terhadap Geser

d = 123,5 mm

Gaya geser = 51,75 kN

Vc $= \frac{1}{6}\sqrt{f'c}.b.d = \frac{1}{6}\sqrt{25}.1000.123,5$

= 102,92 kN

$V_u < \phi V_c$

51,75 < 0,75 . 102,92

51,75 < 77,19 kN (OK)

Tulangan geser tidak diperlukan karena penampang beton mampu mengatasi gaya geser yang terjadi.

3.2.1.3.2 Balok Bordes

Diasumsikan ukuran balok bordes :

b_w = 250 mm

h = 400 mm

Diameter tulangan lentur D16 ($A_s = 201,06 \text{ mm}^2$, fy = 420 MPa)

Diameter sengkang P10 (A_s = 78,54, fy = 240 MPa)

selimut beton = 40 mm

d = 400 – (40 + 10 + 0,5.16)

= 342 mm

Panjang balok yang menahan tangga adalah 3 meter

Beban rencana :

Berat sendiri = 0,25 . 0,4 . 3 . 24 . 1,2 = 8,64 kN/m

Berat dinding = 2,5 . 2,5 . 1.2 = 7,5 kN/m

Reaksi tangga per meter lebar = 51,75 kN/m

Q_u = 8,64 + 7,5 +51,75 = 67,89 kN/m

1. Tulangan Longitudinal Tumpuan

M_u $= \frac{1}{12}.Q_u.l^2 = \frac{1}{12}.67{,}89.3^2$ = 50,92 kNm

R_n $= \frac{M_u}{0{,}9.b_w.d^2} = \frac{50{,}92.10^6}{0{,}9.250.342^2}$ = 1,93

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

$= \frac{0{,}85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.1{,}87}{0{,}85.25}}\right)$

= 0,0048

ρ_{max} = 0,025 (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

ρ_{min} = 0,002

digunakan ρ_{perlu} = 0,0048

$A_{S\ perlu}$ = ρ_{perlu} . b_w . d = 0,0048 . 250 . 342 = 413,64 mm^2

$A_{S\ min}$ $= \frac{\sqrt{f;c}}{4.fy}.b_w.d = \frac{\sqrt{25}}{4.420}.250.342$ = 254,46 mm^2

$A_{S\ min}$ $= \frac{1{,}4}{fy}.b_w.d = \frac{1{,}4}{420}.250.292$ = 285 mm^2

Digunakan A_s = 413,64 mm^2

Jumlah tulangan = 413,64/201,06 = 2,06 ≈ 3

Digunakan 3D16 (A_s = 603,19) untuk tulangan tarik dan tekan

Periksa momen nominal

a $= \dfrac{A_s . fy}{0{,}85 . f'c . b}$

$= \dfrac{603{,}19.420}{0{,}85.25.250}$

= 47,69 mm

$\phi M_n = \phi A_s . fy . \left(d - \dfrac{a}{2} \right)$

$= 0{,}9.603{,}19.420.. \left(342 - \dfrac{47{,}69}{2} \right)$

= 72,54 kN

$\phi M_n \geq M_u$

72,54 ≥ 50,92 kN (OK)

2. Tulangan Longitudinal Lapangan

$M_u = \dfrac{1}{24} . Q_u . l^2 = \dfrac{1}{24} .67{,}89.3^2 = 25{,}46$ kNm

$R_n = \dfrac{M_u}{0{,}9 . b_w . d^2} = \dfrac{25{,}46.10^6}{0{,}9.250.342^2} = 0{,}97$

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

$= \dfrac{0{,}85.25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \dfrac{2.0{,}97}{0{,}85.25}} \right)$

= 0,0024

ρ_{max} = 0,025 (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

ρ_{min} = 0,002

digunakan ρ_{min} = 0,0024

$A_{S\ perlu} = \rho_{perlu} . b_w . d = 0{,}0024 . 250 . 342 = 201{,}63\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4.fy}.b_w.d = \frac{\sqrt{25}}{4.420}.250.342 = 254{,}46\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{1{,}4}{fy}.b_w.d = \frac{1{,}4}{420}.250.342 = 285\ mm^2$

Digunakan $A_s = 285\ mm^2$

Jumlah tulangan = 285/201,06 = 1,41 ≈ 2

Digunakan 2D16 (A_s = 402,12) untuk tulangan tarik dan tekan

Periksa momen nominal

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

$= \frac{402{,}12.420}{0{,}85.25.250}$

= 31,79 mm

$\phi M_n = \phi A_s.fy.\left(d - \frac{a}{2}\right)$

$= 0{,}9.402{,}12.420..\left(342 - \frac{31{,}79}{2}\right)$

= 49,57 kN

$\phi M_n \geq M_u$

49,57 ≥ 13,17 kN (OK)

3. Tulangan Transversal Balok Bordes

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'c.b.d} = \frac{1}{6}\sqrt{25}.250.342$

=71,25 kN

V_u (ETABS) = 51,75 kN

$V_u \leq \phi\ V_c$

$51{,}75 \leq 0{,}75\ .\ 71{,}27$

$51,75 \leq 53,44$

maka

$V_s = \frac{V_u}{\Phi} = \frac{51,75}{0,75}$

$= 69$ kN

$V_{s\ max} > V_s$

$\frac{2}{3}.\sqrt{f'c}.b_w.d > 69$ kN

$\frac{2}{3}.\sqrt{25}.250.342. > 69$ kN

$285 > 69$ kN (OK)

Dicoba tulangan geser dua kaki P10 (A_v =157,08 mm^2)

Spasi $= \frac{A_v.fy.d}{V_s}$

$= \frac{157,08.240.342}{69.10^3}$

$= 186,86$ mm

Sesuai pasal 21.3.4.1 SNI 2847:2013 spasi sengkang pada kedua ujung tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

a. d/4 = 342/4 = 85,5 mm
b. 8 . D16 = 8 . 16 = 128 mm
c. 24 . P10 = 24 . 10 = 240 mm
d. 300 mm

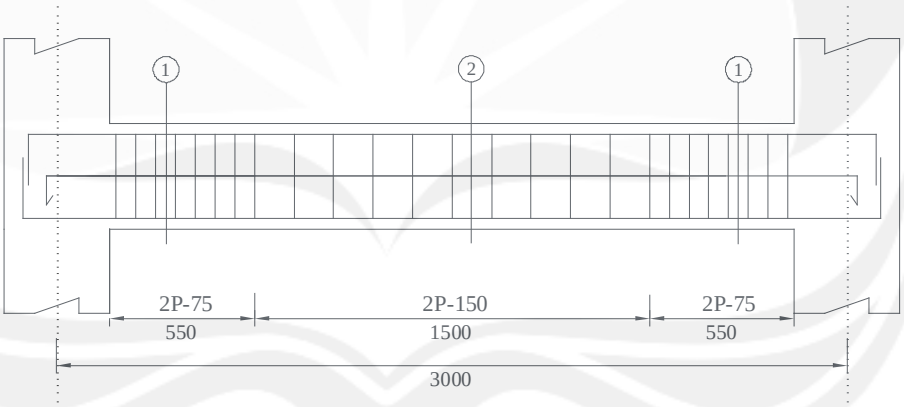
Digunakan 2P10 - 75

Berdasarkan Pasal 21.3.4.3 SNI 2847:2013 diluar sendi plastis spasi tidak boleh melebihi : d/2 = 342/2 = 171 mm

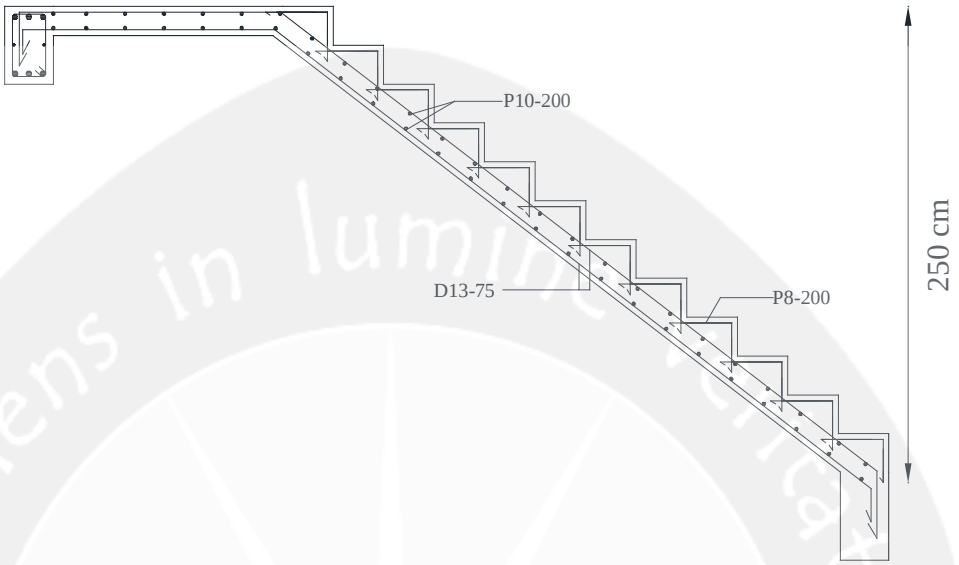
Jadi digunakan 2P10-150 mm

BALOK	BORDES (250 X 400)		
	TUMP. KIRI (POT. 1)	LAPANGAN (POT. 2)	TUMP. KANAN (POT. 1)
PENAMPANG BALOK			
TUL. ATAS	3D16	2D16	3D16
TUL. BAWAH	3D16	2D16	3D16
TUL. PINGGANG	2P10	2P10	2P10
SENGKANG	Ø10-75	Ø10-150	Ø10-75

Gambar 3.22 Detail tulangan balok bordes IIB 250 x 400



Gambar 3.23 Detail tulangan transversal balok bordes IIB 250 x 400



Gambar 3.24 Detail tulangan tangga tipe IIB

3.2.1.4 Tangga Tipe IIC (Tinggi 4 m)

1. Perencanaan Dimensi Tangga

Hlt = 4 m

Tinggi *optrede* (O) = 0,20 m

Antrede = 0,26 m

Jumlah anak tangga $= \left(\frac{h}{O}\right) - 1 = \left(\frac{4}{0,20}\right) - 1 =$ 19 anak tangga

Lebar bordes = panjang tangga – (0,5 . (jumlah anak tangga-1) . *Antrade*)

= 4,3 – (0,5 . 18 . 0,26)

= 1,96 m

Kemiringan tangga = arc tan $\frac{Optrade}{Antrade}$ = arc tan $\frac{0,20}{0,26}$ = 37,57°

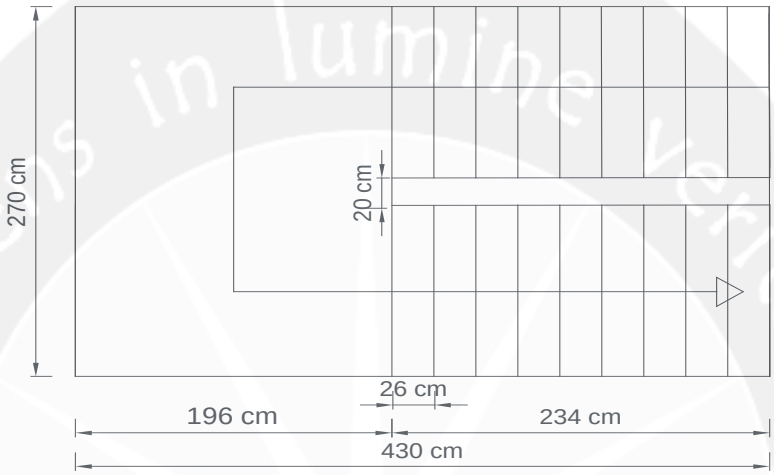
tt’ $= \frac{0,5.Optrade.Antrade}{\sqrt{Optrade^2 + Antrade^2}}$

$= \frac{0,5.0,2.0,26}{\sqrt{0,2^2 + 0,26^2}}$

= 0,079 m

Tebal pelat tangga = tebal bordes = tt = 0,15 m

h’ = $\frac{tt + tt'}{\cos\alpha} = \frac{0{,}15 + 0{,}079}{\cos 37{,}57^{o}}$ = 0,29 m



Gambar 3.25 Dimensi Ruang tangga IIC

2. Pembebanan tangga

Beban Mati

a. Tangga

Pelat tangga dan anak	= 0,29 . 1 . 24	= 6,96	kN/m
Berat ubin dan spesi (50 mm)	= 0,05 . 0,24	= 0,012	kN/m
Railing (asumsi)		= 1	kN/m
	Q_{DL}	= 7,97	kN/m

b. Bordes

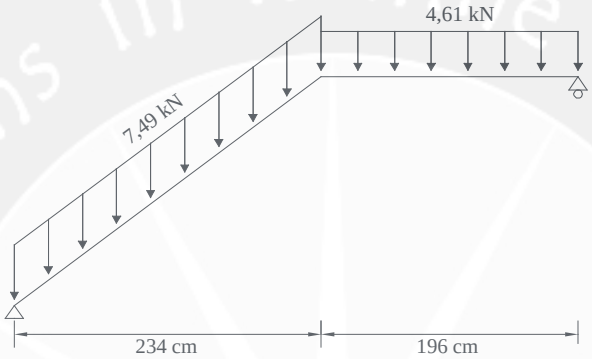
Pelat bordes	= 0,15 . 1 . 24	= 3,6	kN/m
Berat ubin dan spesi (50 mm)	= 0,05 . 0,24	= 0,012	kN/m
Railing (asumsi)		= 1	kN/m
	Q_{DL}	= 4,61	kN/m

Beban Hidup (SNI 1727:2013) Q_{LL} = 4,79 kN/m

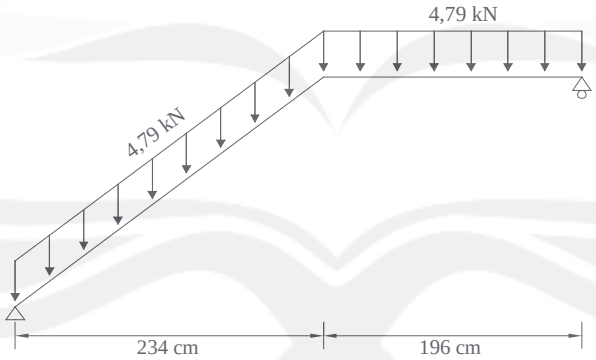
Gaya-gaya rencana dihitung dengan bantuan *software* ETABS. Kombinasi beban yang digunakan adalah :

a. 1,4 DL

b. 1,2 DL + 1,6 LL



Gambar 3.26 Beban Mati Tangga Tipe IIC



Gambar 4.27 Beban Hidup Tangga Tipe IIC

Dari hasil analisis struktur, diperoleh momen maksimum dan gaya geser maksimum yang ditulis pada tabel 3.3 .

Tabel 3.4 Hasil perhitungan tangga tipe IIC

Momen dan Geser	Pelat tangga dan Bordes
Momen tumpuan (kNm)	0
Momen lapangan (kNm)	56,59
Gaya Geser (kNm)	47,09

3.2.1.4.1 Penulangan Pelat tangga dan Pelat bordes

1. Penulangan

M_u = 56,59 kNm

Dicoba digunakan tulangan D13 (A_s = 132,73)

Tebal selimut beton = 20 mm

b = 1000 mm

d = 150 – (20 + 0,5.13) =123,5 mm

$R_n = \frac{M_u}{0,9.b.d^2} = \frac{56,59.10^6}{0,9.1000.123,5^2} = 4,12$

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

$= \frac{0,85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.4,12}{0,85.25}}\right)$

$= 0,0110$

ρ_{max} = 0,025 (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0110$

$A_{S\ min}$ = 0,002 . 1000 . 150 = 300 mm^2

$A_{S\ perlu}$ = 0,0110 . 1000 . 123,5 = 1360,28 mm^2

Karena $A_{S\ perlu} > A_{S\ min}$, maka digunakan A_S = 1360,28 mm^2

digunakan tulangan D13 (A_s = 132,73 mm^2)

Spasi $= \frac{1000.LuasD13}{A_S} = \frac{1000.132,73}{1360,28} = 97,58$ mm

Digunakan spasi 75 mm

$A_s = \frac{1000.LuasD13}{spasi} = \frac{1000.132,73}{75}$

$= 1769,76\ mm^2 > 1360,28\ mm^2$ (OK)

Digunakan tulangan D13 – 75 mm

2. Tulangan Susut

Dicoba digunakan tulangan P10 (A_s = 78,53 mm^2 dan fy = 240 MPa)

ρ_{min} = 0,0021 (interpolasi dari SNI 2847 pasal 7.12.2.1)

A_{susut} = 0,0021 . 1000 . 150 = 315 mm^2

Spasi $= \frac{1000.LuasP10}{A_S} = \frac{1000.78,53}{315}$

= 249,30 mm

Maka digunakan tulangan susut P10-200

$A_s = \frac{1000.LuasP10}{spasi} = \frac{1000.78,53}{200}$

$= 392,65\ mm^2 > 249,30\ mm^2$ (OK)

3. Kontrol Terhadap Geser

d = 123,5 mm

Gaya geser = 47,09 kN

Vc $= \frac{1}{6}\sqrt{f'c}.b.d = \frac{1}{6}\sqrt{25}.1000.123,5$

= 102,92 kN

$V_u < \phi V_c$

47,09 < 0,75 . 102,92

47,09 < 77,19 kN (OK)

Tulangan geser tidak diperlukan karena penampang beton mampu mengatasi gaya geser yang terjadi.

3.2.1.4.2 Balok Bordes

Diasumsikan ukuran balok bordes :

b_w = 250 mm

h = 400 mm

Diameter tulangan lentur D16 (A_s = 201,06 mm^2, fy = 420 MPa)

Diameter sengkang P10 (A_s = 78,54, fy = 240 MPa)

selimut beton = 40 mm

d = 400 – (40 + 10 + 0,5.16)

= 342 mm

Panjang balok yang menahan tangga adalah 3 meter

Beban rencana :

Berat sendiri = 0,25 . 0,4 . 3 . 24 . 1,2 = 8,64 kN/m

Berat dinding = 2 . 2,5 . 1.2 = 7,2 kN/m

Reaksi tangga per meter lebar = 47,09 kN/m

Q_u = 8,64 + 7,5 +51,75 = 62,93 kN/m

1. Tulangan Longitudinal Tumpuan

$M_u = \frac{1}{12}.Q_u.l^2 = \frac{1}{12}.62{,}93.3^2 = 47{,}20$ kNm

$R_n = \frac{M_u}{0{,}9.b_w.d^2} = \frac{47{,}20.10^6}{0{,}9.250.342^2} = 1{,}79$

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

$= \frac{0{,}85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.1{,}79}{0{,}85.25}}\right)$

$= 0{,}0045$

$\rho_{max} = 0{,}025$ (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

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

digunakan $\rho_{perlu} = 0{,}0045$

$A_{S\ perlu} = \rho_{perlu} . b_w . d = 0{,}0045 . 250 . 342 = 381{,}95\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{\sqrt{f;c}}{4.fy}.b_w.d = \frac{\sqrt{25}}{4.420}.250.342 = 254{,}46\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{1{,}4}{fy}.b_w.d = \frac{1{,}4}{420}.250.292 = 285\ mm^2$

Digunakan $A_s = 381{,}95\ mm^2$

Jumlah tulangan = 381,95/201,06 = 1,90 ≈ 2

Digunakan 2D16 (A_s = 402,12) untuk tulangan tarik dan tekan

Periksa momen nominal

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

$= \frac{402{,}12.420}{0{,}85.25.250}$

= 31,79 mm

$\phi M_n = \phi A_s . fy . \left(d - \frac{a}{2} \right)$

$= 0,9.402,12.420.. \left(342 - \frac{31,79}{2} \right)$

$= 49,57$ kN

$\phi M_n \geq M_u$

$49,57 \geq 47,20$ kN (OK)

2. Tulangan Longitudinal Lapangan

$M_u = \frac{1}{24} . Q_u . l^2 = \frac{1}{24} .62,93.3^2 = 23,60$ kNm

$R_n = \frac{M_u}{0,9 . b_w . d^2} = \frac{23,60.10^6}{0,9.250.342^2} = 0,9$

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

$= \frac{0,85.25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.0,9}{0,85.25}} \right)$

$= 0,0022$

$\rho_{max} = 0,025$ (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

$\rho_{min} = 0,002$

digunakan $\rho_{min} = 0,0022$

$A_{S\ perlu} = \rho_{perlu} . b_w . d = 0,0022 . 250 . 342 = 186,57\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4. fy} . b_w . d = \frac{\sqrt{25}}{4.420} .250.342 = 254,46\ mm^2$

$A_{S\ min} = \frac{1,4}{fy} . b_w . d = \frac{1,4}{420} .250.342 = 285\ mm^2$

Digunakan $A_s = 285\ mm^2$

Jumlah tulangan = 285/201,06 = 1,41 ≈ 2

Digunakan 2D16 (A_s = 402,12) untuk tulangan tarik dan tekan

Periksa momen nominal

a $= \dfrac{A_s . fy}{0{,}85 . f'c . b}$

$= \dfrac{402{,}12 . 420}{0{,}85 . 25 . 250}$

= 31,79 mm

$\phi M_n = \phi A_s . fy . \left(d - \dfrac{a}{2} \right)$

$= 0{,}9 . 402{,}12 . 420 . . \left(342 - \dfrac{31{,}79}{2} \right)$

= 49,57 kN

$\phi M_n \geq M_u$

49,57 $\geq$ 13,17 kN (OK)

3. Tulangan Transversal Balok Bordes

$V_c = \dfrac{1}{6} \sqrt{f'c . b . d} = \dfrac{1}{6} \sqrt{25} . 250 . 342$

=71,25 kN

V_u (ETABS) = 47,09 kN

$V_u \leq \phi V_c$

$47{,}09 \leq 0{,}75 . 71{,}27$

$47{,}09 \leq 53{,}44$

maka

$V_s = \dfrac{V_u}{\Phi} = \dfrac{47{,}09}{0{,}75}$

= 63 kN

$V_{s\ max} > V_s$

$\dfrac{2}{3} . \sqrt{f'c} . b_w . d > 63$ kN

$\frac{2}{3}.\sqrt{25}.250.342.$ > 63 kN

285 > 63 kN (OK)

Dicoba tulangan geser dua kaki P10 (A_v =157,08 mm^2)

Spasi $= \frac{A_v . fy.d}{V_s}$

$= \frac{157,08.240.342}{63.10^3}$

= 205,35 mm

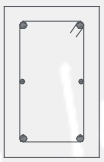
Sesuai pasal 21.3.4.1 SNI 2847:2013 spasi sengkang pada kedua ujung tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

a. d/4 = 342/4 = 85,5 mm
b. 8 . D16 = 8 . 16 = 128 mm
c. 24 . P10 = 24 . 10 = 240 mm
d. 300 mm

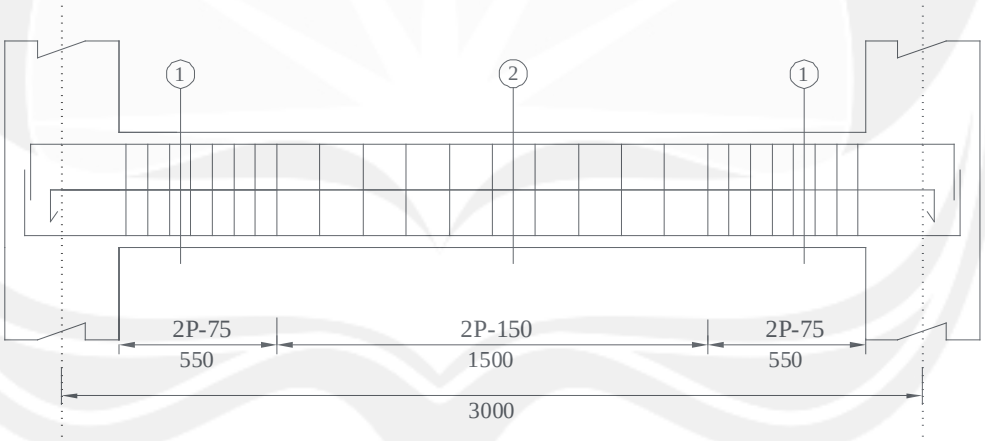
Digunakan 2P10 - 75

Berdasarkan Pasal 21.3.4.3 SNI 2847:2013 diluar sendi plastis spasi tidak boleh melebihi : d/2 = 342/2 = 171 mm

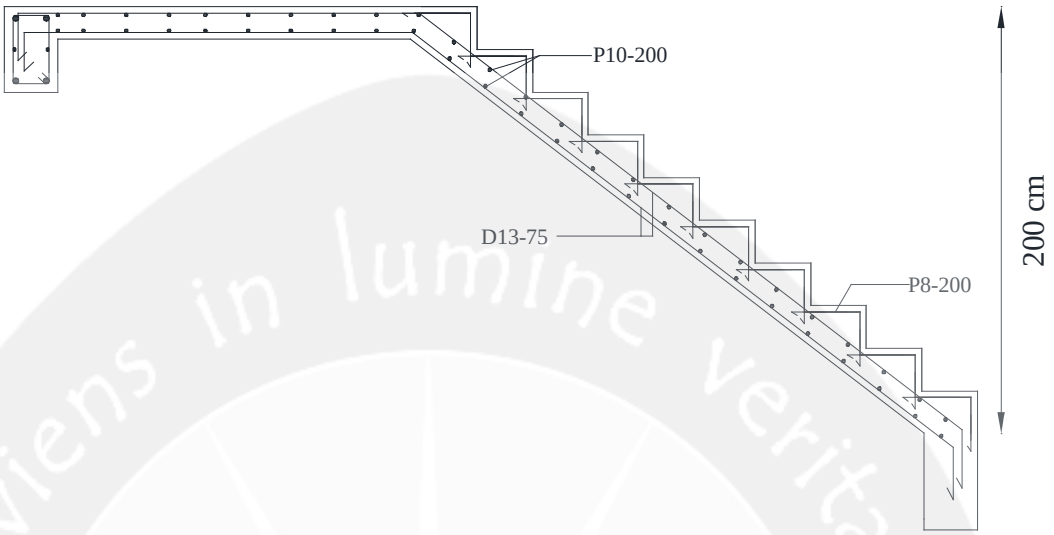
Jadi digunakan 2P10-150 mm

BALOK	BORDES (250 X 400)		
	TUMP. KIRI (POT. 1)	LAPANGAN (POT. 2)	TUMP. KANAN (POT. 1)
PENAMPANG BALOK			
TUL. ATAS	2D16	2D16	2D16
TUL. BAWAH	2D16	2D16	2D16
TUL. PINGGANG	2P10	2P10	2P10
SENGKANG	Ø10-75	Ø10-150	Ø10-75

Gambar 3.28 Detail tulangan bordes IIC 250 x 400



Gambar 3.29 Detail tulangan transversal balok bordes IIC 250 x 400



Gambar 3.30 Detail tulangan tangga IIC

Tabel 3.5. Penulangan Tangga

Tipe Tangga (m)	Mu (kN)	Tulangan Pokok	Tulangan Susut
IA	33,17	D13-150	P10-200
IIA	52,112	D13-100	P10-200
IIB	59,34	D13-75	P10-200
IIC	56,59	D13-75	P10-200

3.2.2 Pondasi Tangga

3.2.2.1 Penulangan Pondasi Tangga I

σ_{tanah} kedalaman 2 meter = 142 kN/m^2

Dimensi pelat = 200 x 1100 mm

Tebal Pondasi = 200 mm

Berat jenis tanah = 17 kN/m^3

P_u = 52,68 kN

Diameter tulangan D13 (A_s = 132,732 mm^2, fy = 420 MPa)

selimut beton = 40 mm

d = 200 – (40 + 13)

= 147 mm

1. Penentuan Dimensi Telapak

Pembebanan pondasi

Berat pondasi	= 0,2 x 0,8 x1,1 x 24	= 4,22 kN
Berat tanah urug	= 0,3 x 1,8 x 1,1 x 2 x 17	= 20,20 kN
Berat pelat	= 0,2 x 1,8 x 1,1 x 24	= 9,50 kN
	Berat Total	= 33,92 kN/m^2

$P_{u\ total}$ = 52,68 +33,92 = 86,6 kN

Tegangan Pondasi = $\frac{86,6}{0,8.1,1}$ = 98,41 kN/m^2

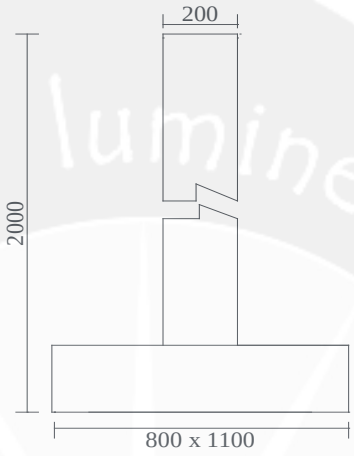
$\sigma_{pondasi} \leq \sigma_{ijin}$

98,41 kN/m^2 ≤ 142 kN/m^2 (OK)

Digunakan dimensi telapak :

B = 800 mm

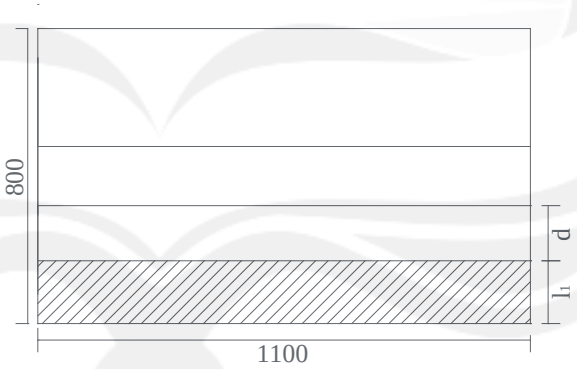
L = 1100 mm



Gambar 3.31 Sketsa Pondasi Tangga Tipe I

2. Tinjau Terhadap Geser

Geser satu arah



Gambar 3.32 Sketsa Geser Satu Arah

l_1 = 0,5.(0,8 – 0,2) – 0,147

= 0,153 m

Gaya geser terfaktor yang diperlukan

V_u = 98,41 . 0,8 . 0,153

= 12,05 kN

Kuat geser yang disediakan beton

$V_c = 1/6.\sqrt{f'c}.b_w.d$

$= 1/6.\sqrt{25}.800.147$

$= 98000$ N = 98 kN

$\phi V_c = 0{,}75.98$

$= 73{,}5$ kN

$\phi V_c > V_u$

73,5 > 12,05 (OK)

3. Penulangan

$M_u = 0{,}5 \cdot \sigma_{pondasi} \cdot L \cdot l^2$

$= 0{,}5 \cdot 98{,}41 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}4^2$

$= 8{,}66$ kNm

$R_n = \frac{M_u}{0{,}9.b_w.d^2} = \frac{8{,}66.10^6}{0{,}9.800.147^2} = 0{,}49$

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

$= \frac{0{,}85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.0{,}49}{0{,}85.25}}\right)$

$= 0{,}0012$

$\rho_{max} = 0{,}025$ (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

$\rho_{min} = 0{,}0018$

Digunakan $\rho_{min} = 0{,}0018$

$A_{S\ min} = \rho_{min} \cdot B \cdot L = 0{,}0018 \cdot 800 \cdot 1100 = 1584\ mm^2$

$s = \frac{\left(\frac{1}{4}.\pi.D^2\right)L}{A_s}$

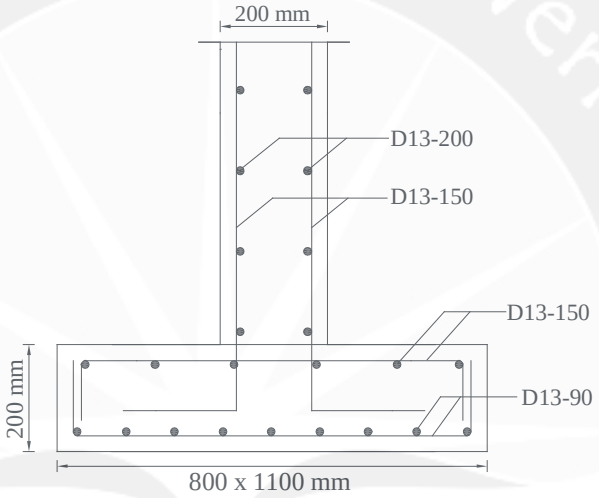
$$= \frac{\left(\frac{1}{4}.\pi.13^2\right)1100}{1584}$$

= 92,18 mm

Digunakan D13-90 mm

Tulangan atas digunakan kurang lebih 50% dari tulangan bawah

Digunakan D13-150 mm



Gambar 3.33 Detail Penulangan Pondasi Tangga Tipe I

3.2.2.2 Penulangan Pondasi Tangga Tipe II

σ_{tanah} kedalaman 2 meter = 142 kN/m^2

Dimensi pelat = 200 x 1250 mm

α (kolom interior) = 40

Tebal Pondasi = 200 mm

Berat jenis tanah = 17 kN/m^3

P_u = 66,14 kN/m^2

Diameter tulangan D13 (A_s = 132,732 mm^2, fy = 420 MPa)

selimut beton = 40 mm

d = 200 – (40 + 13)

= 147 mm

1. Penentuan Dimensi Telapak

Pembebanan pondasi

Pembebanan pondasi

Berat pondasi = 0,2 x 0,8 x1,25 x 24 = 4,8 kN

Berat tanah urug = 0,3 x 1,8 x 1,25 x 2 x 17 = 22,95 kN

Berat kolom = 0,2 x 1,8 x 1,25 x 24 = 10,8 kN

Berat Total = 38,55 kN/m^2

$P_{u\ total}$ = 66,14 +38,55 = 104,69 kN

Tegangan Pondasi = $\frac{104,69}{0,8.1,25}$ = 104,69 kN/m^2

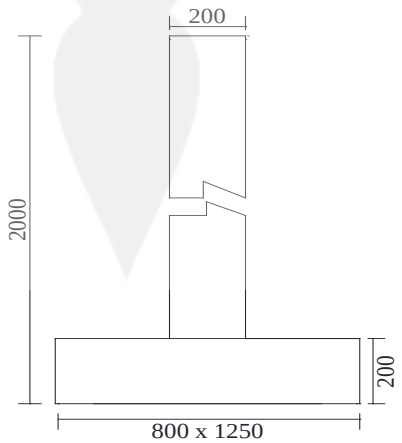
$\sigma_{pondasi} \leq \sigma_{ijin}$

104,69 kN/m^2 ≤ 142 kN/m^2 (OK)

Digunakan dimensi telapak :

B = 800 mm

L = 1100 mm



Gambar 3.34 Sketsa Pondasi Tangga Tipe II

2. Tinjau Terhadap Geser

Geser satu arah

l_1 = 0,5.(0,8 – 0,2) – 0,147

=0,153 m

Gaya geser terfaktor yang diperlukan

V_u = 104,69 . 0,8 . 0,153

= 12,81 kN

Kuat geser yang disediakan beton

V_c = $1/6.\sqrt{f'c}.b_w.d$

= $1/6.\sqrt{25}.800.147$

= 98000 N = 98 kN

ϕV_c = 0,75.98

= 82,69 kN

ϕV_c > V_u

82,69 > 12,81 (OK)

1. Penulangan

M_u = 0,5 . $\sigma_{pondasi}$. L . l^2

= 0,5 . 104,69. 1,25 . $0,4^2$

= 10,47 kNm

R_n = $\frac{M_u}{0,9.b_w.d^2}$ = $\frac{10,47.10^6}{0,9.800.147^2}$ = 0,47

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

$$= \frac{0{,}85.25}{420}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.0{,}16}{0{,}85.25}}\right)$$

$$= 0{,}0011$$

ρ_{max} = 0,025 (Pasal 4.5.2.1 SNI 2847:2013)

ρ_{min} = 0,0018

Digunakan ρ_{min} = 0,0018

$A_{S\ min} = \rho_{min} . B . L = 0{,}0018 . 800 . 1250 = 1800\ mm^2$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4}.\pi.D^2\right)L}{A_s}$$

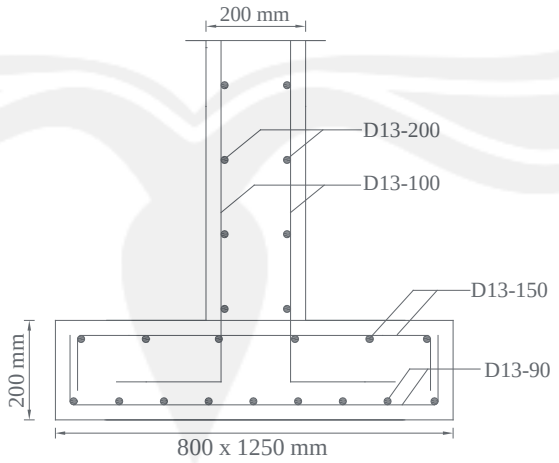
$$= \frac{\left(\frac{1}{4}.\pi.13^2\right)1250}{1800}$$

$$= 92{,}18\ mm$$

Digunakan D13-90 mm

Tulangan atas digunakan kurang lebih 50% dari tulangan bawah

Digunakan D13-150 mm



Gambar 3.35 Detail Tulangan Pondasi Tangga Tipe II