BAB IV

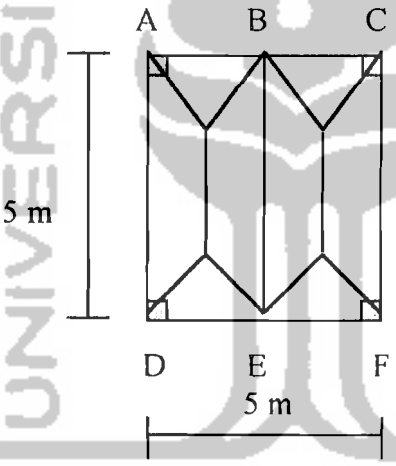
DESAIN BALOK KONVENSIONAL

PADA PELAT LANTAI

4.1 Perhitungan Balok Secara Manual

4.1.1 Perencanaan Dimensi dan Tulangan Pokok

Perencanaan balok B - E :



Nilai q dl dan q ll dapat dilihat di lampiran

Mmak = 2. 0,0208. q. Lx. (3. Ly^2 - Lx^2)

Mdl = 2. 0,0208. 5,6741. 2,5. (3. 5^2 - $2,5^2$)

= 40,5698 kNm

Mll = 2. 0,0208. 3,024. 2,5. (3. 5^2 - $2,5^2$)

= 28,0566 kNm

Mdl + Mll = 40,566 + 28,0566

= 68,626 kNm

Vu dl = 2. 0,1250. q. Lx. (2.Ly - Lx)

= 2. 0,1250. 5,6741. 2,5. (2. 5 - 2,5)

= 26,597 kN

Vu ll = 2. 0,1250. 3,924. 2,5. (2. 5 - 2,5)

= 18,39375 kN

Vu dl + Vu ll = 26,597 + 18,39375

= 44,991 kN

Untuk kondisi jepit elastis :

a. Momen tumpuan (momen negatif) :

Mdl = 1/2. Mdl mak Mll = 1/2. Mll mak

= 1/2. 40,5698 = 1/2. 28,0566

= 20,2849 kNm = 14,0283 kNm

Mdl + Mll = 34,3132 kNm

b. Momen lapangan :

Mdl = 4/5. Mdl mak Mll = 4/5. Mll mak

= 4/5. 40,5698 = 4/5. 28,0566

= 32,4558 kNm = 22,4453 kNm

Mdl + Mll = 54,9011 kNm

c. Vu rencana :

Vu dl = 1. 26,597 kN = 26,597 kN

Vu ll = 1. 18,39375 kN = 18,39375 kN

Vu dl + Vu ll = 26,597 + 18,39375

= 44,991 kN

A. Perencanaan tulangan lapangan :

1. Data-data yang diketahui :

   a. f'c = 25 Mpa

   b. fy = 400 Mpa

   c. rasio (r) = 1,5 s/d 2,5

   d. M pelat = 54,9011 kNm

   e. Bentang balok (L) = 5000 mm

2. Tentukan tinggi balok (h), lebar balok (b) :

   h_{min} = (1/16) L

   = (1/16). 6000 = 375 mm

   dipakai :

   h = 350 mm

   b = 150 mm

   dp = 350 - 80 mm

   = 270 mm

3. Kontrol nilai rasio (dp/b) :

   Rasio (r) = dp/b = 270/ 150 = 1,8

   Cek rasio terhadap persyaratan :

   1,5 ≤ r ≤ 2,5 (ok)

4. Tentukan nilai β_1 dimana f'c = 25 Mpa

   f'c $\leq$ 30 Mpa $\longrightarrow$ $\beta_1 = 0,85$

5. Tentukan nilai rasio penulangan balanced (ρb) dan minimum ρ_{min} :

$$\rho b = \frac{0,85.\, f'c.\, \beta_1}{fy} \frac{600}{600 + fy} = \frac{0,85.\, 25.\, 0,85}{400} \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

6. Kontrol nilai rasio penulangan tarik 1 (ρ_1) :

   $\rho_1 = 0,6.\, \rho b = 0,0162 > \rho_{min} = 0,0035$

7. Tentukan momen rencana (Mr) :

   Mr = M pelat + M blk

   dipakai blk 150/350 :

   q = 0,15. 0.35. 23 = 1,2075 kN/m

   Mblk = (4/5). 1,2. (1/8). 1,2075. 5^2

   = 3,6225 kNm

   Mr = (54,9011 + 3,6225) / 0,85

   = 68,8513 kNm

8. Tentukan nilai w dan R dimana :

$$w = \frac{\rho_1.\, fy}{f'c} = \frac{0,0162.\, 400}{25} = 0,2592$$

$$R = w.\ f'c.\ (1 - 0{,}59.w)$$

$$= 0{,}2592.\ 25.\ (1 - 0{,}59.\ 0{,}2592)$$

$$= 5{,}489$$

9. Tentukan nilai d baru (db) :

$$db = \sqrt[3]{\frac{Mr.\ \ r}{R}} = \sqrt[3]{\frac{68{,}8513.10^{6}.\ 1{,}8}{5{,}849}} = 276{,}716 \text{ mm}$$

10. Kontrol nilai d pakai (dp) :

jika :

dp > db ⟶ rencanakan balok tulangan sebelah

dp < db ⟶ rencanakan balok tulangan rangkap

11. Rencanakan balok bertulangan rangkap :

a. Tentukan nilai As_1 :

$$As_1 = \rho_1.\ b.\ dp$$

$$= 0{,}0162.\ 150.\ 270 = 656{,}1 \text{ mm}^2$$

b. Tentukan nilai a :

$$a = \frac{As_1.\ f\,y}{0{,}85.\ f'c.\ b} = \frac{656{,}1.\ 400}{0{,}85.\ 25.\ 150} = 82{,}3341 \text{ mm}$$

c. Tentukan nilai momen nominal tampang 1 (Mn_1) :

$$Mn_1 = As_1.\ fy.\ (dp - 0{,}5.a)$$

$$= 656{,}1.\ 400.\ (270 - 0{,}5.\ 82{,}3341)$$

$$= 60054919{,}4 \text{ Nmm}$$

d. Tentukan nilai d' :

$$d' = h - dp$$

$$= 350 - 270$$

$$= 80 \text{ mm}$$

e. Tentukan nilai momen nominal keadaan 2 :

$$Mn_2 = Mr - Mn_1$$

$$= 68851300 - 60054919{,}4 \text{ Nmm}$$

$$= 8796380{,}6 \text{ Nmm}$$

f. Tentukan nilai luas tulangan 2 atau tulangan desak (As_2) :

$$As_2 = \frac{Mn_2}{fy.(dp - d')} = \frac{8796380{,}6}{400\,(270 - 80)} = 115{,}7419 \text{ mm}^2$$

As_2 pakai $= 1{,}2.\ 115{,}7419 = 138{,}8903 \text{ mm}^2$

g. Tentukan nilai luas tulangan total atau luas tulangan tarik (As) :

$$As = As_1 + As_2$$

$$= 656{,}1 + 138{,}8903 = 794{,}9903 \text{ mm}^2$$

h. Tentukan letak garis netral (c) :

$$c = \frac{600}{600 + fy}\, dp = \frac{600}{600 + 400}\, 270 = 162 \text{ mm}^2$$

i. Kontrol jenis keruntuhan :

(i) Regangan luluh baja :

$$\varepsilon y = fy / 200000$$

$$= 400 / 200000 = 0{,}002$$

(ii) Regangan desak yang terjadi :

$$\varepsilon' s = \frac{c - d'}{c} 0{,}003 = \frac{162 - 80}{162} 0{,}003 = 0{,}00152$$

jika :

$\varepsilon y < \varepsilon' s \longrightarrow$ jenis keruntuhan kondisi I

$\varepsilon y > \varepsilon' s \longrightarrow$ jenis keruntuhan kondisi II

j. Kontrol nilai $\varepsilon' s$:

$\varepsilon y = 0{,}002$

$\varepsilon' s = 0.00152$

$\varepsilon' s < \varepsilon y \longrightarrow$ jenis keruntuhan kondisi II

k. Tentukan nilai f'_{s_2} :

$f'_{s_2} = 200000. \varepsilon' s$

$= 200000. 0{,}00152 = 304$ Mpa

l. Tentukan nilai a :

$$a = \frac{As. f y - As_2. f'_{s_2}}{0{,}85. f'c. b} = \frac{(794{,}9903. 400 - 138{,}8903. 304)}{0{,}85. 25. 150}$$

$= 86{,}5172$ mm

m. Tentukan regangan tarik yang terjadi (εs) :

$$\varepsilon s = 0{,}003 \frac{(\beta_1. dp - a)}{a} = 0{,}003 \frac{(0{,}85. 270 - 86{,}5172)}{86{,}5172}$$

$= 0{,}00496$

n. Kontrol nilai regangan tarik yang terjadi (εs) :

$\varepsilon s > \varepsilon y$ (ok)

o. Kontrol kapasitas momen tampang (Mn):

$Mn = (As. fy - As_2. f's_2) (dp - 0,5. a) + (As_2. f's_2) (dp - d')$

$= (794,9903. 400 - 138,8903. 304) (270 - 0,5. 86,5172)$

$+ (138,8903. 304) (270 - 80)$

$= 70551566,13$ Nmm $>$ Mr $= 68851300$ Nmm

(aman)

B. Perencanaan tulangan tumpuan :

1. Data-data yang diketahui :

a. f'c = 25 Mpa

b. fy = 400 Mpa

c. Rasio (r) = 1,5 s/d 2,5

d. M pelat = 34,3132 kNm

e. Bentang balok (L) = 5000 mm

2. Tentukan tinggi balok (h), lebar balok (b) :

$h_{min} = (1/16) L$

$= (1/16). 5000$

$= 312$ mm

dipakai : h = 350 mm

b = 150 mm

dp = 350 - 80 mm = 270 mm

3. Kontrol nilai rasio (dp/b) :

   Rasio (r) = dp/b = 270/ 150 = 1,8

   Cek rasio terhadap persyaratan :

   1,5 ≤ r ≤ 2,5 (ok)

4. Tentukan nilai β_1 dimana f'c = 25 Mpa

   f'c ≤ 30 Mpa ⟶ $\beta_1 = 0,85$

5. Tentukan nilai rasio penulangan balanced (ρb) dan minimum ρ_{min} :

$$\rho b = \frac{0,85.\, f'c.\, \beta_1}{fy} \frac{600}{600 + fy} = \frac{0,85.\, 25.\, 0,85}{400} \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

6. Kontrol nilai rasio penulangan tarik 1 (ρ_1) :

   $\rho_1 = 0,6.\, \rho b = 0,0162 > \rho_{min} = 0,0035$

7. Tentukan momen rencana (Mr) :

   Mr = M pelat + M blk

   dipakai blk 150/350 :

   q = 0,15. 0.35. 23 = 1,2075 kN/m

   Mblk = (1/2). 1,2. (1/8). 1,2075. 5^2

   = 2,2641 kNm

   Mr = (34,3132 + 2,2641) / 0,85

   = 43,0321 kNm

8. Tentukan nilai w dan R dimana :

$$w = \frac{\rho_1 . fy}{f'c} = \frac{0{,}0162 . 400}{25} = 0{,}2592$$

$$R = w . f'c . (1 - 0{,}59 . w)$$

$$= 0{,}2592 . 25 . (1 - 0{,}59 . 0{,}2592)$$

$$= 5{,}489$$

9. Tentukan nilai d baru (db) :

$$db = \sqrt[3]{\frac{Mr . r}{R}} = \sqrt[3]{\frac{43{,}0321 . 10^6 . 1{,}8}{5{,}849}} = 236{,}589 \text{ mm}$$

10. Kontrol nilai d pakai (dp) :

jika : dp > db ⟶ rencanakan balok tulangan sebelah

dp < db ⟶ rencanakan balok tulangan rangkap

11. Rencanakan balok bertulangan sebelah :

a. Tentukan nilai R baru (Rb) :

$$Rb = \frac{Mr}{b\ d^2} = \frac{43{,}0321 . 10^6}{150 . 270^2} = 3{,}9353$$

b. Tentukan nilai m :

$$m = \frac{fy}{0{,}85 . f'c} = \frac{400}{0{,}85 . 25} = 18{,}823$$

c. Tentukan nilai ρ_{perlu} :

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 . m . Rb}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{18,823}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.\,18,823.\,3,9353}{400}}\right)$$

$$= 0,01097$$

d. Tentukan As pakai :

$$As = 1,2.\,\rho_{perlu}.\,b.\,dp$$

$$= 1,2.\,0,01097.\,150.\,270$$

$$= 533,142\ mm^2$$

e. Tentukan nilai a :

$$a = \frac{As.\,fy}{0,85.\,f'c.\,b} = \frac{533,142.\,400}{0,85.\,25.\,150} = 66,9041\ mm$$

f. Tentukan nilai nominal tampang (Mn) :

$$Mn = As.\,fy.\,(\,dp - 0,5.a\,)$$

$$= 533,142.\,400.\,(\,270 - 0,5.\,66,9041\,)$$

$$= 50445458,86\ Nmm \geq Mr = 43032100\ Nmm$$

(aman)

4.1.2. Perhitungan Tulangan Geser Lentur

Perhitungan geser lentur balok B - E pada pelat diatas :

1. Data-data yang telah diketahui :

   a. f'c = 25 Mpa

   b. fy = 240 Mpa

   c. b = 150 mm

   d. h = 350 mm

   e. L = 5000 mm

   f. ∅ = 0,6

   g. Vu pelat = 44,991 kN

   h. d = 270 mm

2. Tentukan Vu akibat berat sendiri :

   q blk = 0,15. 0,35. 23 = 1,2075 kN/ m

   Vu blk = 1,2. (1 / 2). q blk. L

   = 1,2. (1 / 2). 1,2075. 5

   = 3,6225 kN/m

3. Tentukan nilai kuat geser (Vu mak) akibat pelat + balok :

   Vu mak = Vu pelat + Vu blk

   = 48,6135 kN

4. Tentukan nilai kuat geser beton (Vc) :

   Vc = (1/6). √f'c. b. d.

   = (1/6). √25. 150. 270 = 33750 N

5. Tentukan kuat geser nominal tulangan (Vs) :

$$Vs = (Vu\ mak / \varnothing) - Vc$$

$$= (48613,5 / 0,6) - 33750$$

$$= 47272,5\ N$$

6. Kontrol apakah diperlukan tulangan geser :

jika :

$Vu\ mak > 0.5.\ \varnothing.\ Vc \rightarrow$ perlu tulangan geser

$Vu\ mak < 0.5.\ \varnothing.\ Vc \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

$0,5.\ \varnothing.\ Vc = 0,5.\ 0,6.\ 33750\ N$

$= 10125\ N$

7. Rencanakan tulangan geser / sengkang :

a. Kontrol dimensi yang dipakai :

$$Vs < (4/6).\ \sqrt{f'c}.\ b.\ d$$

$$< (4/6).\ \sqrt{25}.\ 150.\ 270$$

$$< 135000\ N\ (\text{ok})$$

b. Perhitungan pada penampang kritis :

- Panjang penampang kritis (Lkr) :

$$Lkr = d$$

- Tentukan diameter tulangan sengkang ($\varnothing$ tul)

dipakai $\varnothing$ 8 :

$$Av = 2.\ (1/4).\ \pi.\ 8^2 = 100,48\ mm^2$$

- Tentukan kuat geser penampang kritis (Vsk) :

$$Vsk = (Vu / \varnothing) - Vc)$$

$$= 47272,5 \text{ N}$$

- Tentukan spasi penampang kritis (s) :

$$s = \frac{Av.\ fy.\ d}{Vsk}$$

$$s = \frac{100,48.\ 240.\ 270}{47272,5} = 137,7355 \text{ mm} > 50 \text{ mm} \ (\text{ok})$$

- Tentukan spasi maksimum penampang kritis :

$$V\ sk < (1/3).\ \sqrt{f'c}.\ b.\ d.$$

$$< (1/3).\ \sqrt{25}.\ 150.\ 270$$

$$< 67500 \text{ N}$$

Ambil s mak terkecil dari rumus di bawah ini :

(i) $s\ mak = (1/2).\ d$

$$= (1/2).\ 270$$

$$= 135 \text{ mm}$$

(ii) $s\ mak = 600 \text{ mm}$

(iii) $s\ mak = \frac{3.\ Av.\ fy}{b} = \frac{3.\ 100,48.\ 240}{150} = 482,304 \text{ mm}$

Jadi s mak ijin = 135 mm

s pakai > s mak ijin, dipakai spasi pada penampang kritis 135 mm

c. Karena s pakai pada penampang kritis > s mak ijin, spasi pada penampang non kritis juga dipakai 135 mm.

7. Luas tulangan yang dibutuhkan (As) :

$$n = (0{,}5 . L) / s$$

$$= (0{,}5 . 5000) / 135$$

$$= 18{,}5185$$

$$As = n . Av$$

$$= 18{,}5185 . 100{,}48$$

$$= 1860{,}7389 \text{ mm}^2$$

4.1.3. Perhitungan Lendutan

Perhitungan lendutan balok B - E pada struktur pelat diatas :

1. Data-data yang telah diketahui :

a. f'c = 25 Mpa

b. fy = 240 Mpa

c. b = 150 mm

d. L = 5000 mm

e. $\varnothing$ = 0,6

f. As tarik = 794,9903 mm^2, As desak = 138,8903 mm^2

g. Ec = 23500 Mpa (tabel SKSNI)

h. n (angka ekivalensi) = 9 (tabel SKSNI)

i. d = 270 mm

j. h = 350 mm

k. Asumsi 60 % beban hidup kerja selama 24 bulan

l. Moment yang bekerja (momen lapangan) :

a. Mdl = 40,566 kNm

b. Mll = 28,0566 kNm

m. fr = $0,7.\ f'c^{0.5}$

= $0,7.\ 25^{0.5}$ = 3,5 Mpa

2. Tentukan momen berat sendiri balok :

q = 1,2. 0,15. 0,35. 23

= 1,449 kN/m

M blk = (1/8). 1,449. 5^2

= 4,528 kNm

Mdl = M pelat + M blk

= 40,566 + 4,528

= 45,094 KNm

Mdl + Mll = 45,094 + 28,0566

= 73,1506 KNm

3. Tentukan letak garis netral untuk tulangan rangkap :

(0,5. b). y^2 + (n. As' + n. As). y - (n. As'. d' + n. As. d) = 0

dimana :

d' = h - d

= 350 -270

= 80 mm

$(0{,}5. 150). y^2 + (9. 138{,}8903 + 9. 794{,}9903). y -$

$(9. 138{,}8903. 80 + 9. 794{,}9903. 320) = 0$

dengan rumus ABC didapat nilai :

$y = 131{,}052$ mm

4. Tentukan momen inersia tampang retak transformasi :

$Icr = (1 / 3). b. y^3 + n. As (d - y)^2 + n. As' (y - d')$

$= (1 / 3). 150. 131{,}052^3 + 9. 794{,}9903. (270 - 131{,}052)^2$

$+ 9. 138{,}8903. (131{,}052 - 80)$

$= 250738930{,}8 \text{ mm}^4$

5. Tentukan momen inersia utuh :

$Ig = (1 / 12). b. h^3$

$= (1 / 12). 150. 350^3$

$= 535937500 \text{ mm}^4$

6. Tentukan momen pada saat timbul retak pertama kali :

$$Mcr = \frac{fr. Ig}{yt}$$

dimana :

$yt = 0{,}5. h$

$= 0{,}5. 350$

$= 175$

$$Mcr = \frac{3{,}5.\ 535937500}{175}$$

$$= 10718750 \text{ Nm}$$

7. Tentukan perbandingan Mcr / Ma untuk kondisi I (beban mati + beban hidup) :

$$\frac{Mcr}{Ma} = \frac{Mcr}{Mdl + Mll}$$

$$= \frac{10718750}{73150600} = 0{,}1465$$

8. Tentukan perbandingan Mcr / Ma untuk kondisi II (beban mati + 60 % beban hidup) :

$$\frac{Mcr}{Ma} = \frac{Mcr}{Mdl + 0{,}6.\ Mll}$$

$$= \frac{10718750}{45094000 + 0{,}6.28056600} = 0{,}1731$$

9. Tentukan besarnya momen inersia efektif (Ie) :

$$Ie = (Mcr / Ma)^3 . Ig + \{ 1 - (Mcr / Ma)^3 \} . Icr$$

a. Untuk kondisi I :

$$Ie_I = (0{,}1465)^3 . 535937500 + \{ 1 - (0{,}1465)^3 \} .250738930{,}8$$

$$= 251635657{,}7 \text{ mm}^4$$

b. Untuk kondisi II :

$$Ie_2 = (0{,}1731)^3 . 535937500 + \{ 1 - (0{,}1731)^3 \} . 250738930{,}8$$

$$= 252218170{,}5 \text{ mm}^4$$

10. Tentukan besarnya lendutan seketika :

$$\Delta = \frac{M . L^2}{48 . Ec . Ie} = \frac{5000^2}{48 . 23500} (M / Ie) = 22{,}163 (M / Ie)$$

a. Lendutan beban mati seketika :

$$\Delta dl = 22{,}163 (Mdl / Ig)$$

$$= 22{,}163 (45094000 / 535937500)$$

$$= 1{,}865 \text{ mm}$$

b. Lendutan beban hidup seketika :

$$\Delta ll = 22{,}163 \{(Mdl + Mll) / Ie_1\} - \Delta dl$$

$$= 22{,}163 (73150600 / 251635657{,}7) - 1{,}865$$

$$= 4{,}578 \text{ mm}$$

c. Lendutan 60 % beban hidup seketika :

$$\Delta sl = 22{,}163 \{(Mdl + 0{,}6 . Mll) / Ie_2\} - \Delta dl$$

$$= 3{,}577 \text{ mm}$$

11. Tentukan besarnya lendutan jangka panjang :

$$\Delta lt = \Delta ll + \lambda . \Delta dl + \lambda (t) . \Delta sl$$

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50 . \rho'} \rightarrow \rho' = 0$$

beban tetap 5 tahun atau lebih $\xi = 0 \longrightarrow \lambda = 2{,}0$

beban tetap 24 bulan $\xi = 1{,}65 \rightarrow \lambda(t) = 1{,}65$

$$\Delta lt = 4{,}578 + 2.\ 1{,}865 + 1{,}65.\ 3{,}577$$

$$= 14{,}210 \text{ mm}$$

12. Kontrol terhadap persyaratan lendutan :

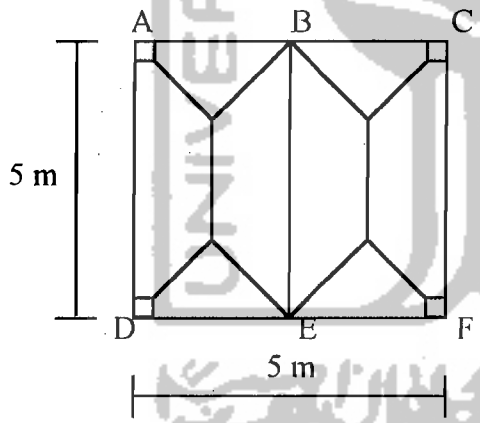
$\Delta dl < Ln / 180 = 1{,}865 < 27{,}78$ (aman)

$\Delta ll < Ln / 380 = 4{,}578 < 13{,}158$ (aman)

$\Delta lt < Ln / 240 = 14{,}21 < 20{,}833$(aman)

4.1.4 Perhitungan Penulangan Puntir :

Perencanaan balok A - C / D - F :



M tump. blk B - E = 34,313 kNm pada titik B

$M tx = 0{,}001.\ q.\ Lx^2.\ Ctx$

$= 2.\ 0{,}001.\ 9{,}598.\ 2{,}5^2.\ 62$

$= 7{,}438$ kNm

M puntir total = ((34,313 / 5) + 7,438) / 2 = = 7,1503 kNm

1. Data-data yang telah diketahui :

   a. f'c = 25 Mpa

   b. fy = 240 Mpa

   c. b = 150 mm

   d. h = 400 mm

   e. L = 5000 mm

   f. ∅ = 0,6

   g. Momen torsi = 7,1503 kNm

   h. Vu pelat = 37,4923 kN (lihat lampiran)

2. Tentukan besarnya momen torsi rencana (Tn) :

   $Tn = (Tu / \varnothing) = (7150300 / 0,60)$

   $= 11917166,67$ Nmm

3. Tentukan besarnya nilai $\varnothing . (1 / 24) . \sqrt{f'c} . \sum x^2 y$, sebagai kontrol apakah diperlukan tulangan torsi.

   $\sum x^2 y = 150^2 . 400 = 9000000 \text{ mm}^3$

   $\varnothing . (1 / 24) . \sqrt{f'c} . \sum x^2 y = 0,6 . (1 / 24) . \sqrt{25} . 9000000$

   $= 1125000$ Nmm

   $Tu > \varnothing . (1 / 24) . \sqrt{f'c} . \sum x^2 y$ (diperlukan tulangan torsi)

4. Rencanakan tulangan sengkang :

$$Ct = \frac{b . d}{\sum x^2 y} = \frac{150 . 320}{9000000} = 0,0053 / \text{mm}$$

dimana : d = h - (pb + g.netral tul.)

pb + g. netral tul. diambil 80 mm

d = 400 - 80 = 320 mm

5. Hitung kuat torsi beton (Tc) :

$$Tc = \frac{(1/15).\sqrt{f'c}.\sum x^2 y}{\sqrt{1 + [(0{,}4\ Vu)/(Ct.\ Tu)]^2}}$$

$$= \frac{(1/15)\sqrt{25}.\ 9000000}{\sqrt{1 + [(0{,}4.\ 37492{,}3)/(0{,}0053.\ 7150300)]^2}}$$

= 2789515,891 Nmm

6. Hitung besarnya Ts :

Ts = Tn - Tc

= 11917166,67 - 2789515,891

= 9127650,779 Nmm

7. Kontrol nilai Ts :

4. Tc = 4. 2789515,891

= 11158063,56 Nmm

Jika :

Ts < 4. Tc ⟶ rencanakan tulangan torsi

Ts > 4. Tc ⟶ perbaharui dimensi balok

8. Tentukan penutup beton (pb) dan ∅ sengkang :

pb = 40 mm

∅ tul = 12 mm

x_1 = b - 2. (pb + 0,5. ∅ tul)

= 150 - 2 (40 + 0,5. 12)

= 58 mm

y_1 = h - 2. (pb + 0,5. ∅ tul)

= 400 - 2. (40 + 0,5. 12)

= 308 mm

9. Hitung αt :

$\alpha t = (1 / 3). [2 + (y_1 / x_1)]$

$= (1 / 3) [2 + (308 / 58)]$

= 2,4368 > 1,5

α pakai = 1,5

10. Hitung besarnya nilai At / S :

$$\frac{At}{S} = \frac{Ts}{\alpha t.\, x_1.\, y_1.\, fy} = \frac{9127650,779}{1,5.\, 58.\, 308.\, 240}$$

= 1,4193 mm^2 / mm jrk / kaki

11. Rencanakan sengkang geser :

$$Vc = \frac{(1 / 6)\sqrt{f'c}.\ b.\ d}{\sqrt{1 + [\, 2,5\ Ct.(Tu / Vu)\,]^2}}$$

$$Vc = \frac{(1/6)\sqrt{25}.\ 150.\ 320}{\sqrt{1 + [\ 2{,}5.\ 0.0053.\ (7150300 / 37492{,}3)\ ]^2}}$$

$$= 14718{,}7022\ N$$

$$Vs = (Vu / \varnothing) - Vc$$

$$= (37492{,}3 / 0{,}6) - 14718{,}7022$$

$$= 47768{,}4645\ N$$

12. Hitung besarnya Av / S :

$$\frac{Av}{S} = \frac{Vs}{fy.\ d} = \frac{47768{,}4645}{240.\ 320}$$

$$= 0{,}622\ mm / mm\ jrk / kaki$$

13. Hitung besarnya Avt / S :

$$\frac{Avt}{S} = \frac{2.\ At}{S} + \frac{Av}{S}$$

$$= 2.\ 1{,}4193 + 0{,}622$$

$$= 3{,}4606\ mm^2$$

14. Masukkan $\varnothing$ tulangan :

dipakai $\varnothing$ 12 $\longrightarrow$ As = 226,08 mm^2

15. Hitung besarnya spasi geser :

$$S = \frac{As}{(Avt / S)} = \frac{226{,}08}{3{,}4606} = 65{,}5378\ mm > 50\ mm$$

S mak ijin = $(1/4)(x_1 + y_1)$ = $(1/4)(366)$ = 91,5 mm

16. Hitung luas tulangan sengkang :

$$n = (0{,}5.\ L) / S$$

$$= (0{,}5.\ 5000) / 65{,}5378$$

$$= 38{,}1459$$

$$Avt = n.\ As$$

$$= 38{,}1459.\ 226{,}08$$

$$= 8624{,}0251\ mm^2$$

17. Rencanakan tulangan torsi memanjang :

$$Al = (2.\ At / S)(x_1 + y_1)$$

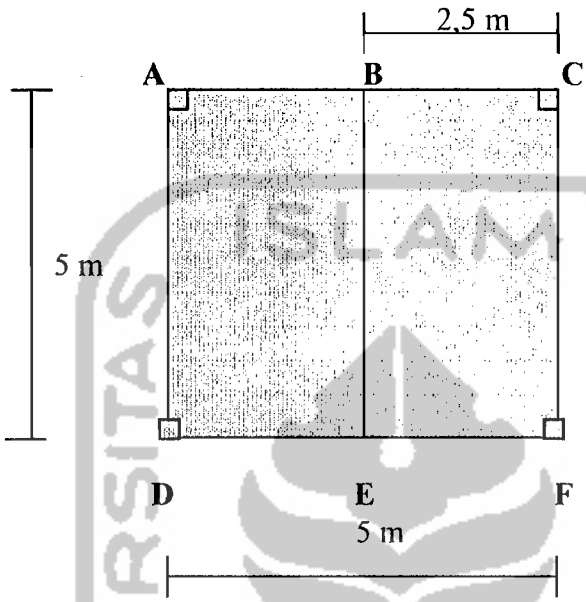
$$= (2.\ 1{,}4193).\ 366$$

$$= 1038{,}9276\ mm^2$$

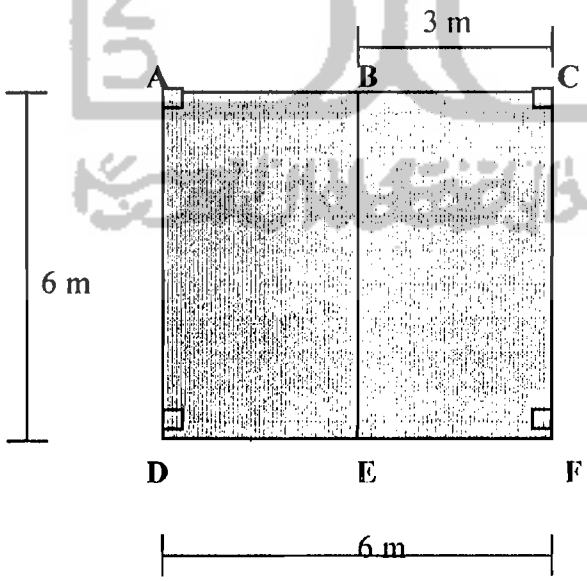
4.2 Perencanaan Balok dengan Menggunakan Program

4.2.1 Notasi Balok Konvensional pada Pelat Lantai

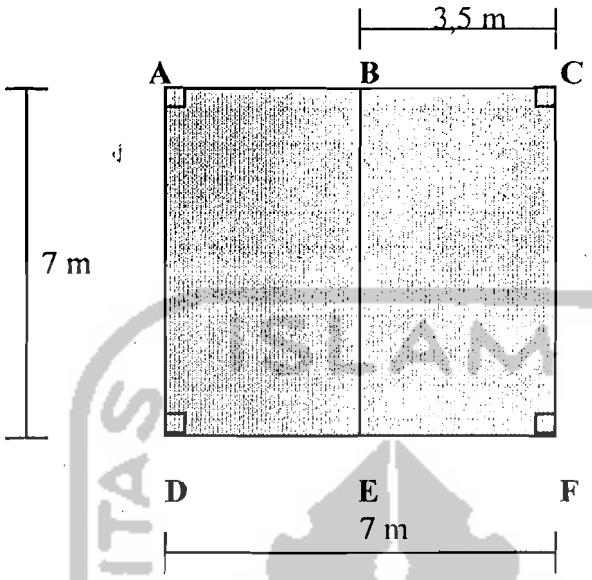
1. Pelat lantai 5 m x 5 m



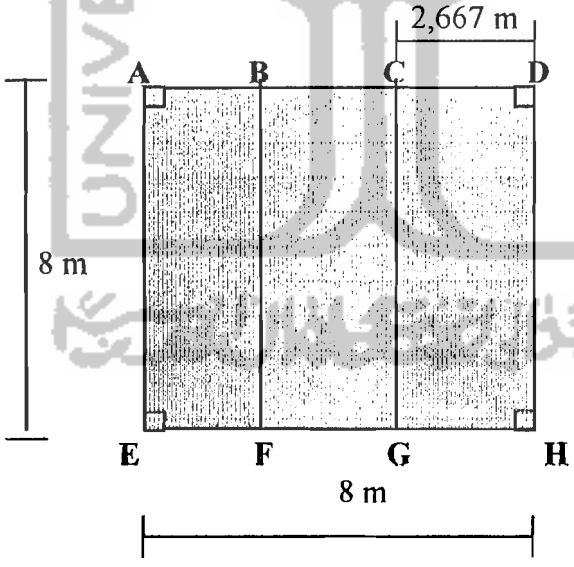
2. Pelat lantai 6 m x 6 m



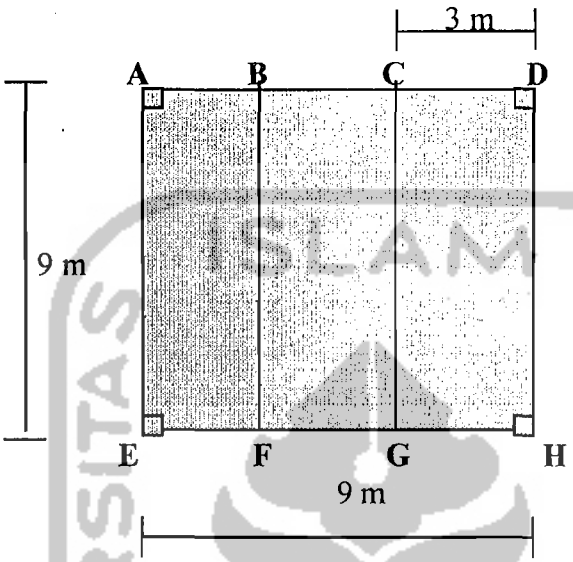
3. Pelat lantai 7 m x 7 m



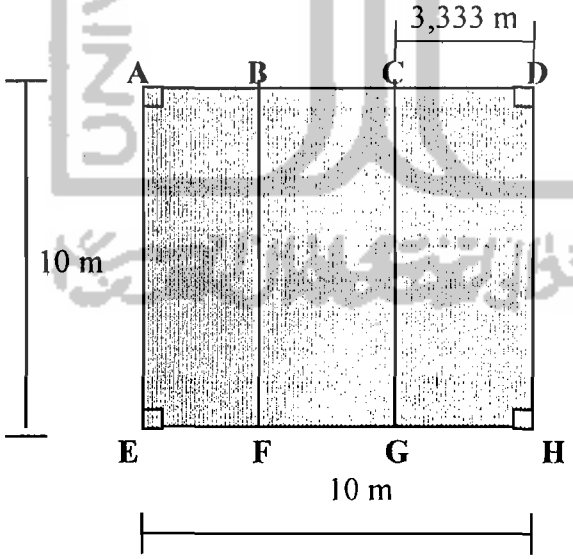
4. Pelat lantai 8 m x 8 m



5. Pelat lantai 9 m x 9 m



6. Pelat lantai 10 m x 10 m



4.2.2. Running Program Penulangan Balok Konvensional

Tabel 4.1. Penulangan Pokok Balok Induk

NO	Balok	B / H	L	Tulangan Tumpuan			Luas Total Tul. Tumpuan	Tulangan Lapangan			Luas Total Tul Lapangan
				Sebelah	Rangkap			Sebelah	Rangkap		
				Tarik	Tarik	Desak		Tarik	Tarik	Desak	
1	A - D	150 / 400	5000	226,12	-	-	1411,54	370,904	-	-	2374,06
	C - F	150 / 400	5000	226,12	-	-	-	370,904	-	-	-
	A - C	150 / 400	5000	479,65	-	-	-	816,126	-	-	-
	D - F	150 / 400	5000	479,65	-	-		816,126	-	-	-
2	A - D	200 / 450	6000	349,022	-	-	2157,912	572,518	-	-	3626,414
	C - F	200 / 450	6000	349,022	-	-	-	572,518	-	-	-
	A - C	200 / 450	6000	729,934	-	-	-	1240,689	-	-	-
	D - F	200 / 450	6000	729,934	-	-	-	1240,689	-	-	-
3	A - D	200 / 500	7000	488,964	-	-	3049,38	807,51	-	-	4884,578
	C - F	200 / 500	7000	488,964	-	-	-	807,51	-	-	-
	A - C	200 / 500	7000	1035,726	-	-	-	-	1500,152	134,627	-
	D - F	200 / 500	7000	1035,726	-	-	-	-	1500,152	134,627	-
4	A - E	200 / 550	8000	480,038	-	-	3523,52	789,276	-	-	5976,232
	D - H	200 / 550	8000	480,038	-	-	-	789,276	-	-	-
	A -D	200 / 550	8000	1281,722	-	-	-	-	1863,464	335,376	-

NO	Balok	B / H	L	Tulangan Tumpuan			Luas Total Tul. Tumpuan	Tulangan Lapangan			Lua Total Tul Lapangan
				Sebelah Tarik	Rangkap			Sebelah Tarik	Rangkap		
					Tarik	Desak			Tarik	Desak	
	E - H	200 / 550	8000	1281,722	-	-		-	1863,464	335,376	-
5	A - E	250 / 550	9000	703,521	-	-	5167,768	1163,068	-	-	9470,222
	D - H	250 / 550	9000	703,521	-	-	-	1163,068	-	-	-
	A -D	250 / 550	9000	1880,363	-	-	-	-	2741,076	830,967	-
	E - H	250 / 550	9000	1880,363	-	-	-	-	2741,076	830,967	-
6	A - E	300 / 600	10000	904,213	-	-	6438,014	1493,046	-	-	11343,85
	D - H	300 / 600	10000	904,213	-	-	-	1493,046	-	-	-
	A -D	300 / 600	10000	2314,794	-	-	-	-	3357,426	821,451	-
	E - H	300 / 600	10000	2314,794	-	-	-	-	3357,426	821,451	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 4. 2. Penulangan Pokok Balok Anak

NO	Balok	B / H	L	Tulangan Tumpuan			Luas Total Tul. Tumpuan	Tulangan Lapangan			Luas Total Tul. Lapangan
				Sebelah Tarik	Rangkap			Sebelah	Rangkap		
					Tarik	Desak		Tarik	Tarik	Desak	
1	B - E	150 / 350	5000	533,186	-	-	533,186	-	794,564	136,186	930,750
2	B - E	200 / 400	6000	784,107	-	-	784,107	-	1142,473	102,073	1.244,546
3	B - E	200 / 450	7000	1098,638	-	-	1098,638	-	1624,564	421,601	2.046,165
4	B- F	200 / 500	8000	1016,488	-	-	2032,976	-	1469,414	103,889	3146,606
	C -G	200 / 500	8000	1016,488	-	-	-	-	1469,414	103,889	-
5	B- F	250 / 500	9000	1490,405	-	-	2980,81	-	2181,593	474,687	5312,56
	C -G	250 / 500	9000	1490,405	-	-	-	-	2181,593	474,687	-
6	B- F	300 / 550	10000	1847,019	-	-	3694,038	-	2680,045	387,914	6135,918
	C -G	300 / 550	10000	1847,019	-	-	-	-	2680,045	387,914	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 4.3. Penulangan Geser Lentur Balok Anak dan Balok Induk

No	Balok	B / H	L	Global	Kritis	Non krits	Total
1	B - E	150 / 350	5000	1860,741	-	-	8140,741
	A - D	150 / 400	5000	1570	-	-	-
	C - F	150 / 400	5000	1570	-	-	-
	A - C	150 / 400	5000	1570	-	-	-
	D - F	150 / 400	5000	1570	-	-	-
2	B - E	200 / 400	6000	-	274,817	617	7409,437
	A - D	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
	C - F	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
	A - C	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
	D - F	200 / 450	6000	1629,405	-	-	-
3	B - E	200 / 450	7000	-	417,726	883	6544,231
	A - D	200 / 500	7000	1674,667	-	-	-
	C - F	200 / 500	7000	1674,667	-	-	-
	A - C	200 / 500	7000	-	287,0857	660	-
	D - F	200 / 500	7000	-	287,0857	660	-
4	B - F	200 / 500	8000	-	380,195	843	9168,235
	C - G	200 / 500	8000	-	380,195	843	-
	A - E	200 / 550	8000	1710,298	-	-	-
	D - H	200 / 550	8000	1710,298	-	-	-
	A -D	200 / 550	8000	-	530,6247	1120	-
	E - H	200 / 550	8000	-	530,6247	1120	-
5	B - F	250 / 500	9000	2153,143	-	-	12431,44
	C - G	250 / 500	9000	2153,143	-	-	-
	A - E	250 / 550	9000	1924,085	-	-	-
	D - H	250 / 550	9000	1924,085	-	-	-
	A -D	250 / 550	9000	-	694,4941	1444	-
	E - H	250 / 550	9000	-	694,4941	1444	-

No	Balok	B / H	L	Global	Kritis	Non krits	Total
6	B - F	300 / 550	10000	-	597,792	1263	11409,89
	C - G	300 / 550	10000	-	597,792	1263	-
	A - E	300 / 600	10000	2083,33	-	-	-
	D - H	300 / 600	10000	2083,33	-	-	-
	A -D	300 / 600	10000	-	561,8237	1199	-
	E - H	300 / 600	10000	-	561,8237	1199	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 4.4. Penulangan Geser Torsi Balok Induk

No	Balok	B / H	L	As. Sengkang	As. Total sengkang	As Memanjang	As. Total memanjang	Keterangan
1	A - D	150 / 400	5000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	C - F	150 / 400	5000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A - C	150 / 400	5000	8761,161	17522,3	1038,6497	2077,3	-
	D - F	150 / 400	5000	8761,161	-	1038,6497	-	-
2	A - D	200 / 450	6000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	C - F	200 / 450	6000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A - C	200 / 450	6000	7317,942	14635,9	779,3596	1558,72	-
	D - F	200 / 450	6000	7317,942	-	779,3596	-	-
3	A - D	200 / 500	7000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	C - F	200 / 500	7000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A - C	200 / 500	7000	10942,3818	21884,8	1114,1741	2228,35	-
	D - F	200 / 500	7000	10942,3818	-	1114,1741	-	-
4	A - E	200 / 550	8000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	D - H	200 / 550	8000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A -D	200 / 550	8000	16651,6367	33303,3	1569,1029	3138,21	-
	E - H	200 / 550	8000	16651,6367	-	1569,1029	-	-

No	Balok	B / H	L	As. Sengkang	As. Total sengkang	As Memanjang	As. Total memanjang	Keterangan
5	A - E	250 / 550	9000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	D - H	250 / 550	9000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A -D	250 / 550	9000	18055,808	36111,6	1413,6	2827,2	-
	E - H	250 / 550	9000	18055,808	-	1413,6	-	-
6	A - E	300 / 600	10000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	D - H	300 / 600	10000	-	-	-	-	Tidak perlu tul.torsi
	A -D	300 / 600	10000	15672,443	31344,9	1265,9716	2531,94	-
	E - H	300 / 600	10000	15672,443	-	1265,9716	-	-

- Satuan dalam mm dan N

Tabel 4. 5. Lendutan Balok Konvensional

No	Balok	B / H (mm)	L (mm)	Lendutan Beban Mati (mm)	Lendutan B. Hidup (mm)	Lendutan 60% B.Hdp (mm)	Lendutan Jangka Pjg (mm)
1	B - E	150/350	5000	1.865	4.616	3.641	12.929
	AD/CF	150/400	5000	0.705	2.975	2.844	9.078
	AC/DF	150/400	5000	0.266	2.008	1.391	4.836
2	B - E	200/400	6000	2.395	5.488	4.32	16.526
	AD/CF	200/450	6000	0.971	3.741	3.473	11.414
	AC/DF	200/450	6000	1.845	4.024	3.158	12.924
3	B - E	200/450	7000	3.619	5.764	4.352	16.986
	AD/CF	200/500	7000	1.513	4.699	4.01	14.34
	AC/DF	200/500	7000	2.889	5.305	4.079	16.887
4	BF/CG	200/500	8000	3.771	6.924	5.348	22.37
	AE/DH	200/550	8000	1.688	5.306	4.665	16.378
	AD/EH	200/550	8000	3.891	5.716	4.277	18.308
5	BF/CG	250/500	9000	5.539	8.098	6.127	25.369
	AE/DH	250/550	9000	2.512	6.785	5.784	21.354
	AD/EH	250/550	9000	5.689	6.564	4.74	20.752
6	BF/CG	300/550	10000	6.057	8.927	6.086	29.45
	AE/DH	300/600	10000	2.885	7.434	6.396	23.713
	AD/EH	300/600	10000	6.266	7.436	5.354	24.26

- Satuan dalam mm dan N