

Bab 4

HITUNGAN PERANCANGAN DAN ANALISIS

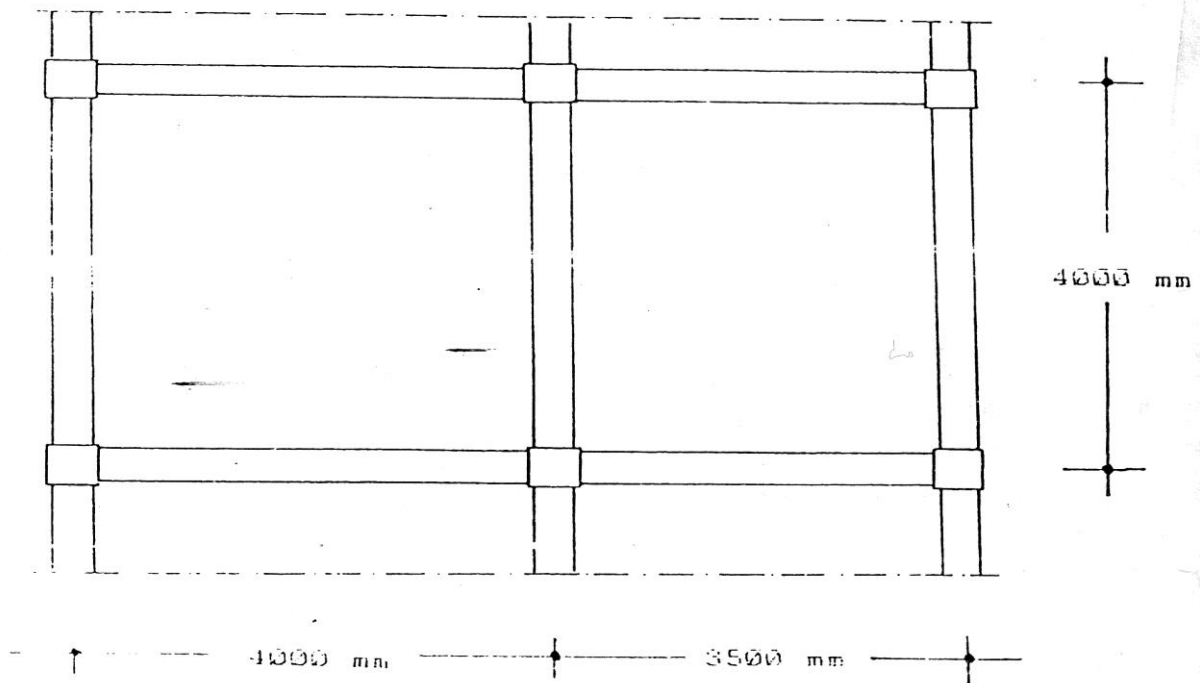
4.1. Hitungan Perancangan Pelat Satu Arah

Untuk perancangan dan analisis pelat satu arah dapat disusun langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan syarat-syarat batas dari pelat.
2. Menentukan panjang bentang yang akan ditinjau.
3. Menentukan tebal pelat dengan bantuan syarat lendutan.
4. Hitung beban-beban yang bekerja.
5. Cek persyaratan geser bila memenuhi lanjutkan langkah ke-6 bila tidak memenuhi kembali ke langkah ke-3 dengan mengubah tebal pelat.
6. Cek apakah memenuhi persyaratan untuk memakai metoda pendekatan momen. Bila memenuhi syarat lanjutkan langkah ke-7 bila tidak lanjutkan langkah ke-8.
7. Hitung momen-momen dengan metode pendekatan momen (lihat BAB 3.2.2.) lanjutkan langkah ke-9.
8. Hitung momen-momen dengan analisis elastis.
9. Pilih momen yang menentukan untuk perencanaan tulangan.
10. Hitung tulangan berdasarkan momen yang telah ditentukan bila $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$ lanjutkan langkah ke-11 sedangkan bila $\rho > \rho_{\max}$ kembali ke langkah 3.
11. Pilih diameter tulangan dan jarak antar tulangan.
12. Periksa lebar retak secara memeriksa lebar jaringan bila $S \leq S_{\max}$ maka tebal pelat dan tulangan memadai lanjutkan langkah ke-13 sedangkan bila $S \geq S_{\max}$ lakukan lagi langkah ke 11.
13. Memeriksa kapasitas lentur pelat.
14. Menentukan tulangan susut dan suhu.
15. Menentukan panjang penyaluran dan sambungan lewatan.
16. Menggambar hasil perancangan berupa denah penulangan pelat lantai dan potongan melintangnya.

Contoh 1. Perencanaan pelat satu arah.

Sebuah denah pelat lantai dengan ukuran menurut Gambar 4.1. dengan mutu beton (f_c') = 15 MPa, mutu baja (f_y) = 240 MPa, lantai didukung balok di keempat sisinya ukuran balok 200 x 300mm. pelat dibebani beban hidup $W_l = 2,0 \text{ kN/m}^2$ serta penutup lantai $W_d = 0,5 \text{ Kn/m}^2$. pelat terletak pada lingkungan kering. Rencanakan tebal pelat diameter dan jarak antar tulangan dan penggambaran hasil perancangan.



Gambar 4.1. Denah pelat lantai

Penyelesaian:

1. Menentukan syarat-syarat batas dan panjang bentang. Pelat ditumpu monolit dengan balok di keempat sisinya. Untuk bentang bersih l_n diambil

$$\begin{aligned} L_{n1} &= 1 - 2 (0.5b) \\ &= 4000 - 2 (0.5 \cdot 200) = 3800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_{n2} = 3500 - 2 (0.5 \cdot 200) = 3300 \text{ mm}$$

2. Menentukan tebal pelat. Tebal pelat minimum menurut Tabel 3.4 untuk satu ujung menerus dan termasuk pelat solid satu arah adalah:

$$h_{min} = \frac{l_{n1}}{24} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) = \frac{3800}{24} \left(0,4 + \frac{240}{700} \right) = 117,62 \text{ mm}$$

$$h_{min} = \frac{l_{n2}}{24} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) = \frac{3300}{24} \left(0,4 + \frac{240}{700} \right) = 102,14 \text{ mm}$$

maka digunakan **tebal pelat 120 mm**

3. Menghitung beban-beban yang bekerja dengan factor beban.

$$W_{d \text{ pelat}} = (1,120) \cdot 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{d \text{ penutup lantai}} = 0,50 \text{ kN/m}^2 +$$

$$W_{d \text{ total}} = 3,38 \text{ kN/m}^2$$

$$W_L = 2,00 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u = 1,2 W_d + W_L$$

$$= 1,2 (338) + 1,6 (200) = 7,256 \text{ kN/m}^2$$

4. Cek persyaratan geser dengan rumus pendekatan sebagai berikut:

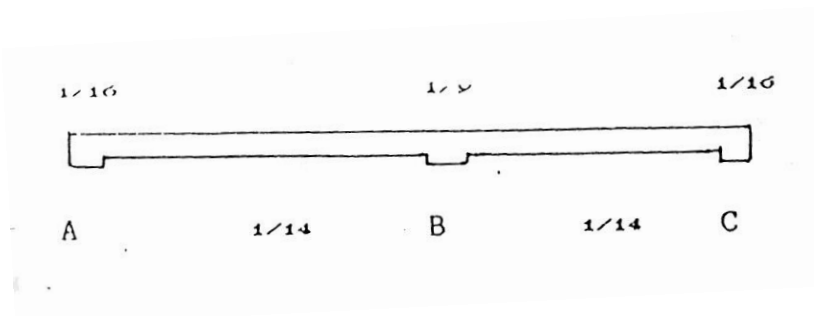
$$V_u = 1,15 \left(\frac{W_u \cdot S}{2} \right) = 1,15 \left(\frac{7,256 (3,8)}{2} \right) = 15,824 \text{ kN}$$

$$V_u = \phi \left(\sqrt{\frac{f'_c}{6}} \right) b d = 0,6 \left(\sqrt{\frac{15}{6}} \right) (1000)(94) = 29530,97 \text{ N} > V_u \quad \text{OK!}$$

5. Cek persyaratan untuk metoda pendekatan momen. Dari kelima batasan yang terdapat pada sub bab 3.2. jenis pelat lantai ini dapat diselesaikan dengan metoda pendekatan momen.

6. Menghitung momen dengan metoda pendekatan momen.

Skema koefisien momen dikalikan dengan $W_u L_n^2$



$$\begin{aligned} \text{Momen tepi } M_{ta} &= 1/16 \cdot W_u \cdot l_{n1}^2 \\ &= 1/16 (7,256) (3,8)^2 = 6,548 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen tepi } M_{tc} &= 1/16 \cdot W_u \cdot l_{n2}^2 \\ &= 1/16 (7,256) (3,3)^2 = 4,939 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

Momen tumpuan B

$$M_{b \text{ kl}} = 1/9 W_u \cdot l_{n1}^2 = 1/9 (7,256) (3,8)^2 = 11,640 \text{ kNm.}$$

$$M_{b \text{ kl}} = 1/9 W_u \cdot l_{n2}^2 = 1/9 (7,256) (3,3)^2 = 8,780 \text{ kNm.}$$

Momen lapangan pelat:

$$M_{l(AB)} = 1/14 W_u \cdot l_{n1}^2 = 1/14 (7,256) (3,8)^2 = 7,480 \text{ kNm}$$

$$M_{l(AB)} = 1/14 W_u \cdot l_{n2}^2 = 1/14 (7,256) (3,3)^2 = 5,640 \text{ kNm}$$

7. Pilih momen yang menentukan untuk perencanaan. Untuk perencanaan dipilih momen yang paling menentukan dengan pertimbangan nilai momen hampir sama dan untuk keseragaman penulangan agar praktis dalam pelaksanaan.

$$\text{Momen tepi } M_t = 6,55 \text{ kNm} = 6,55 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen tumpuan } M_b = 11,64 \text{ kNm} = 11,64 \times 10^2 \text{ Nm.}$$

$$\text{Momen lapangan } M_l = 7,48 \text{ kNm} = 7,48 \times 10^6 \text{ Nm.}$$

8. Hitung tulangan pelat.

Tebal pelat (h) = 120 mm, tebal penutup pelat menurut Tabel 3.2 p = 20 mm, perkiraan diameter tulangan $\phi = 12$ mm ditinjau tiap 1 meter lebar pelat.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (d)} &= h - p - 1/2 (\phi) \\ &= 120 - 20 - 1/2 (12) = 94 \text{ mm.} \end{aligned}$$

- a) Momen tepi $M_u = M_t = 6,55 \text{ kNm.}$

Bila dikerjakan dengan bantuan table-tabel dalam lampiran 5.a. sampai 5.j.

$$\frac{M_u}{bd^2} = \frac{6,55}{1(0,154)^2} = 741,286 \text{ kN/m}^2$$

Menentukan tabel pada lampiran 5.a. berdasarkan data dari M_u/bd^2 , f_c' , f_y dan $\phi = 0,8$ dapat ditentukan rasio tulangan (ρ) = 0.00405 (dengan interpolasi linear). Faktor reduksi kekuatan (ϕ) diambil sebesar 0,8 karena pelat hanya mengalami lentur tanpa beban aksial. Faktor reduksi kekuatan (ϕ) = 1.0 dipakai bila perencana tidak memberikan reduksi kekuatan sama sekali (kekuatan bahan dapat dipastikan).

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0,75\rho_b = 0,75 \beta_1 \frac{0,85f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 (0,85) \frac{0,85(15)}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0242 \end{aligned}$$

dengan $\beta_1 = 0,85$ karena $f_c' = 15 \text{ Mpa} \leq 30 \text{ Mpa}$.

Karena $\rho = 0,00405 < \rho_{\min} = 0,00583$, maka ρ perencanaan diambil sama dengan ρ_{\min}

$$A_s = \rho b d = 0,00583 (1000) 94 = 548,02 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan $\phi = 12 \text{ mm}$

Jarak antar tulangan :

$$= \frac{\pi/4 (12)(1000)}{548,02} = 206,27 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 12 - 200$.

Cek jarak antar tulangan $200 \text{ mm} < 3h = 360 \text{ mm}$ dan $< 500 \text{ mm}$

OK !

Bila dikerjakan tanpa bantuan tabel-tabel yang tersedia.

Momen perlu (M_u) = 6,55 kNm = 6,55 x 10⁶ Nmm

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{6,55 \times 10^6}{0,80} = 8187500 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_u = 0,0242$$

Menentukan ρ yang diperlukan :

$$R_n = \frac{M_u}{bd^2} = \frac{8187500}{1000(94)^2} = 0,972$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,85f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{2R_n}{0,85f_c}} \right) = \frac{0,85(15)}{240} \left(1 - \sqrt{\frac{2(0,972)}{0,85(15)}} \right) = 0,00401 < \rho_{\min}$$

Maka dipakai $\rho_{\min} = 0,00583$

$$A_s = \rho b d = 0,00583 (1000) (94) = 548,02 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan ϕ 12 – 200

Jarak tulangan :

$$= \frac{\pi/4 (12)^2 (1000)}{548,02} = 206,27 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan ϕ 12 – 200

Cek jarak antar tulangan **200 mm < 3h = 360 mm** dan **< 500 mm**

OK!

b) Momen tumpuan $M_u = M_b = 11,64 \text{ kNm}$

$$\frac{M_u}{bd^2} = \frac{11,64}{1(0,094)^2} = 1317,34 \text{ kN/m}^2$$

Menurut tabel pada lampiran 5.a. berdasarkan M_u/bd^2 , f_c' , f_y dan $\phi = 0,8$ didapat

$\rho = 0,0074$ (dengan interpolasi linier). $\rho_{\min} < \rho = 0,0074 < \rho_{\max} = 0,0242$ maka ρ perencanaan dipakai $\rho = 0,0074$.

$$A_s = \rho b d = 0,0074 (1000) (94) = 695,60 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan $\phi = 12$ mm

Jarak tulangan :

$$= \frac{\pi/4 (12)^2(1000)}{695,60} = 165,507 \text{ mm}$$

maka dipakai tulangan ϕ 12- 160.

Cek jarak antar tulangan **160 mm < 3h = 360 mm** dan **< 500 mm**

OK!

c) Momen lapangan $M_u = M_l = 7,48$ kNm.

$$\frac{M_u}{bd^2} = \frac{7,48}{1(0,094)^2} = 846,99 \text{ kN/m}^2$$

Menurut tabel dalam lampiran 5.a. berdasarkan M_u/bd^2 , f_c' , dan f_y didapat $\rho = 0,0046$ (dengan interpolasi linier). Karena $\rho = 0,0046 < \rho_{\min} = 0,00583$ maka ρ perencanaan diambil sama dengan ρ_{\min} .

$$A_s = \rho b d = (0,00583)(1000)(94) = 548,02 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan $\phi = 12$ mm

maka dipakai tulangan $\phi = 12$ mm,

jarak tulangan :

$$= \frac{\pi/4 (12)^2(1000)}{548,02} = 1206,27 \text{ mm}$$

maka dipakai tulangan ϕ 12 – 200.

Cek jarak antar tulangan $200 \text{ mm} < 3h = 360 \text{ mm}$ dan $< 500 \text{ mm}$

OK!

9. Memeriksa lebar retak.

Karena $f_y = 240 \text{ MPa} < f_y = 300 \text{ MPa}$ lebar retak tidak perlu diperiksa.

10. Pelat ditinjau 1 meter lebar, tinggi efektif (d) = 94 mm,

$$A_{s \text{ ada}} = \frac{\pi/4 (12)^2(1000)}{548,02} = 706,5 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(A_s \text{ ada}) f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{(706,5)(240)}{0,85(15)(1000)} = 13,298 \text{ mm}$$

$$M_u = \phi [A_s f_y (d - a/2)] = 0,8 \left[706,5 (240) \left(94 - \frac{13,298}{2} \right) \right]$$

$$= 11848988 \text{ Nmm}$$

$$= 11,848 \text{ kNm} > M_t = 11,64 \text{ kNm}$$

11. Menentukan tulangan susut dan suhu.

SK SNI – T 15- 1991 – 03 tidak mengatur untuk tulangan polos maka dipakai persyaratan dari PBI'71.

$$A_{s \text{ sus}} = \frac{0,25 b h}{100} = \frac{0,25 (1000)(120)}{100} = 23,50 \text{ mm}^2$$

, atau

$$A_{s \text{ sus}} = 20\% A_{s \text{ pokok}} = 20\% (695,60) = 139,12 \text{ mm}^2$$

Dicoba diameter tulangan $\phi = 8 \text{ mm}$

Jarak antar tulangan :

$$= \frac{\pi/4 (8)^2 (1000)}{139,12} = 361,127 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan susut suhu dan suhu $\phi 8 - 300$.

Cek jarak tulangan $300 \text{ mm} < 5h = 600 \text{ mm}$ dan $< 500 \text{ mm}$

OK!

12. Menentukan panjang penyaluran dan panjang sambungan lewatan.

a) Panjang penyaluran menurut SK SNI – T 15- 1991 – 03 tidak ditentukan persyaratannya untuk baja polos, maka dipakai persyaratan dari PBI '71 yaitu panjang penyaluran baja polos kelipatan dua dari l_{db} dari baja deform.

$$l_{db} = 0,02 A_b \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} = 0,02 \left[\frac{\pi}{4} (12)^2 \right] \frac{240}{\sqrt{15}} = 140,170 \text{ mm}$$

$$\text{tetapi tidak kurang dari} = 0,06 d_b f_y = 0,06 (12) (240)$$

$$= 172,8 \text{ mm}$$

Diambil l_{db} deform = 180 mm , l_{db} polos = 2 (180) = 360 mm.

$L_d = l_{db} (1,4) = 504$ mm, diambil $L_d = 550$ mm untuk tulangan atas dan 400 mm untuk tulangan bawah.

b) Panjang sambungan liwatan panjang minimum 300 mm,

$$\frac{A_s \text{ ada}}{A_s \text{ perlu}} = \frac{706,5}{695,60} = 1,016 < 2$$

Menurut Tabel 3.3. untuk nilai $\frac{A_s \text{ ada}}{A_s \text{ perlu}} < 2$ dan persentase maksimum dari A_s yang disambung lewat di dalam panjang liwatan perlu 50% maka termasuk Kelas B.

Untuk Kelas B :

$$L_{dp} = 1,3 l_d = 1,3 (360) = 468 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{dp} = 500 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

13. Menggambar denah penulangan dan potongan melintang. Persyaratan penggambaran penulangan seperti lampiran 12.a.

4.2. Hitungan Perancangan Pelat Dua Arah

Hitungan perancangan pelat dua arah dapat disusun langkah-langkah perencanaan seperti berikut:

1. Menyusun data perencanaan meliputi susunan pelat lanatiu dimensinya beban hidup beban mati (selain berta sendiri) tegangan beton (f_c') dan tegangan baja (f_y).
2. Menentukan perbandingan kekakuan relative dari balok memanjang terhadap pelat jika jenisnya pelat dengan balok
3. Menentukan tebal pelat berdasarkan persyaratan lendutan dan persyaratan geser.
4. Cek apakah pelat memenuhi batasan-batasan metoda perancangan langsung atau tidak. Jika memenuhi lanjutkan langkah ke-6 jika tidak memenuhi kerjakan dengan Metoda Portal Ekivalen (langkah ke-5).
5. Menghitung dengan Metoda Portal Ekivalen.

6. Menghitung momen stasi total $M_o = 1/8 (W_u l_2 l_n^2)$.
7. Menghitung kekakuan pelat (K_s).
8. Menghitung momen inersia balok memanjang (I_b) jika ada.
9. Menghitung kekakuan kolom (K_c).
10. Menentukan harga α_{min} berdasarkan perbandingan α dari kekakuan balok memanjang terhadap kekakuan pelat dan harga dari β_1 .
11. Menghitung perbandingan α_c dari kekakuan kolom atas dan bawah terhadap kekakuan lentur kombinasi dari pelat.
12. Jika harga $\alpha_c < \alpha_{min}$ momen-momen positif harus dinaikkan untuk pengaruh pola pembebanan dengan faktor pengali δ_s .
13. Menentukan distribusi momen di arah longitudinal berdasarkan Tabel 3.9. kalikan momen-momen positif dengan δ_s bila $\delta_s > 1,0$.
14. Menyebarkan momen longitudinal di arah lebar transferal dengan membagi lebar transferal total menjadi jalur kolom dan jalur tengah.
15. Menentukan perbandingan β_1 dari kekakuan torsi balok tepi terhadap kekakuan lentur pelat.
16. Menentukan perbandingan α_1 dari kekakuan lentur balok longitudinal terhadap kekakuan pelat.
17. Membagi momen longitudinal pada setiap penampang kritis menjadi dua bagian menurut prosentase yang diberikan oleh Tabel 3.11.
18. Menghitung tulangan pelat berdasarkan momen yang paling menentukan.
19. Menentukan diameter dan jarak antar tulangan berdasarkan persyaratan jarak antar tulangan dan persyaratan retak.
20. Cek kapasitas lentur tampang tulangan pelat lantai.
21. Hitung panjang penyaluran dan panjang sambungan lewatan.
22. Menggambar denah penulangan dan potongan melintang pelat lantai.

4.2.1. Metoda Perencanaan Langsung

4.2.1.(a). Pelat dengan balok-balok

Contoh 2 : Perencanaan pelat dua arah dengan balok-balok.

Rencanakan pelat lantai dua arah dengan ukuran seperti terlihat pada Gambar 4.3. Luas dibagi atas 25 panel dengan masing-masing ukuran 7000 x 6000 mm. Kekuatan beton (f_c') = 30 MPa kekuatan baja (f_y) = 400 MPa. Beban hidup layan yang harus dipikul adalah 2,50 kN/m².

Tinggi tingkat 3800 mm ukuran balok panjang 350 x 700 mm² balok pendek 300 x 600 mm² kolom atas dan bawah 400 x 400 mm² tebal pelat lantai asumsi awal 180 mm. keempat jenis panel (sudut pinggir sisi panjang, pinggir sisi pendek dan dalam) diberi nomor 1, 2, 3, dan 4.

Penyelesaian:

1. Data perencanaan sudah tersusun dalam soal.
2. Menentukan perbandingan kekakuan relatif balok memanjang terhadap pelat digunakan untuk panel 1,2,3 dan 4.

a) $B_1 - B_2$

lebar efektif (b_E) diambil yang terkecil dari b_E berikut ini:

$$b_E = b_w + 2 (h - t) = 350 + 2 (700 - 180)$$

$$= 1390 \text{ mm (digunakan)}$$

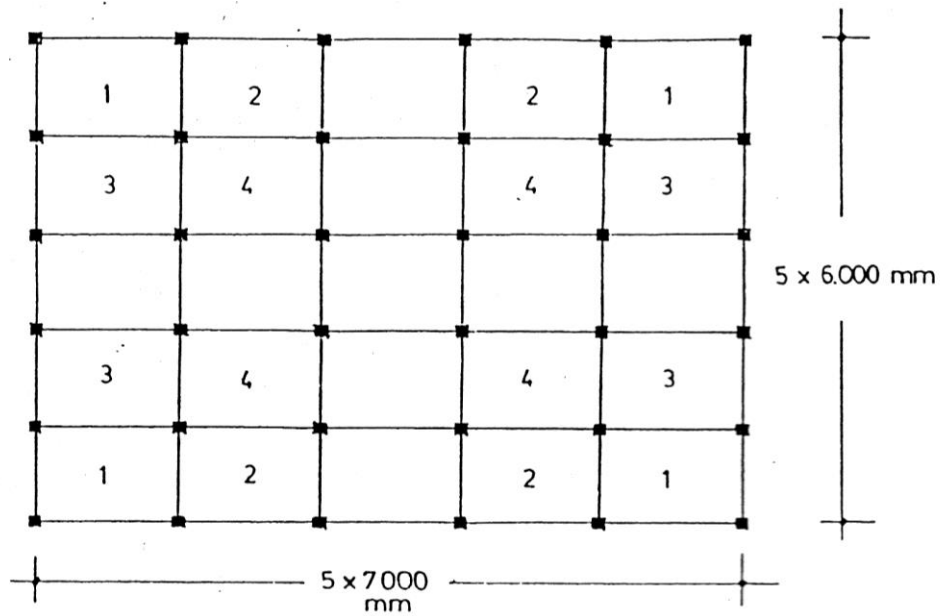
$$b_E = b_w + 8 (t) = 350 + 8 (180)$$

$$= 1790 \text{ m}$$

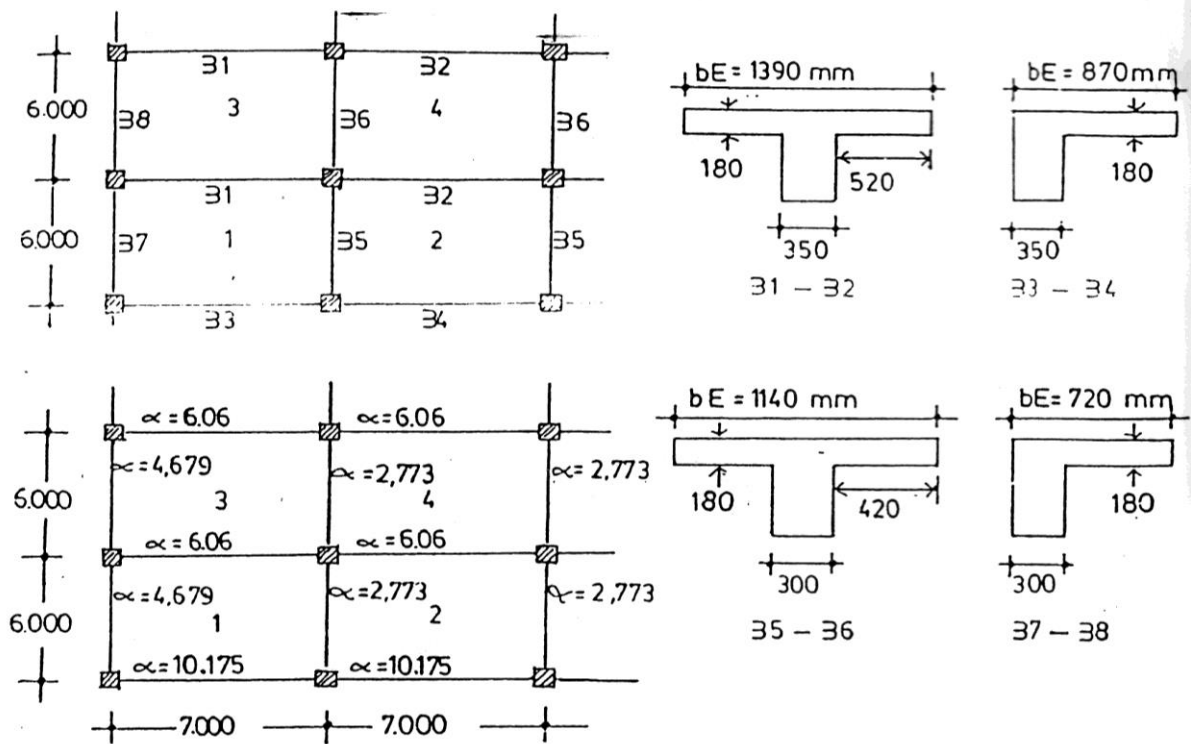
$$\frac{b_E}{b_w} = \frac{1390}{350} = 3,97 \quad ; \quad \frac{t}{h} = \frac{180}{700} = 0,257$$

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

$$= \frac{1 + (3,97 - 1)(0,257)[4 - 6(0,257) + 4(0,257)^2 + (3,97 - 1)(0,257)^2]}{1 + (3,97 - 1)(0,257)}$$
$$= 1,759$$



Gambar 4.2. Denah pelat lantai contoh perencanaan pelat dengan balok-balok.



Gambar 4.3. Perhitungan nilai α

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = (1,769) \frac{350(700)^3}{12} = 1,7677 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_s = \frac{6000 (180)^3}{12} = 2,916 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} = \frac{1,7677 \times 10^{10}}{2,916 \times 10^9} = 6,06 \quad (\text{dengan } E_{cb} = E_{cs})$$

b) B₃ – B₄

Lebar efektif (b_E) diambil yang terkecil dari b_E berikut :

$$b_E = b_w + (h - t) = 350 + (700 - 180)$$

$$= 870 \text{ mm (digunakan)}$$

$$b_E = b_w + 4(t) = 350 + 4(180)$$

$$= 1070 \text{ mm}$$

$$\frac{b_E}{b_w} = \frac{870}{350} = 2,486 \quad ; \quad \frac{t}{h} = \frac{180}{700} = 0,257$$

$$k = 1,483$$

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = (1,483) \frac{350(700)^3}{12} = 1,484 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_s = \frac{3000 (180)^3}{12} = 1,458 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} = \frac{1,484 \times 10^{10}}{1,458 \times 10^9} \quad (\text{dengan } E_{cb} = E_{cs})$$

$$= 10,175$$

c) B₅-B₆

Lebar efektif (b_E) diambil yang terkecil dari b_E berikut:

$$\begin{aligned} b_E &= b_w + 2(h - t) = 300 + 2(600 - 180) \\ &= 1140 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_E &= b_w + 8(t) = 300 + 8(180) \\ &= 1740 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{b_E}{b_w} = \frac{1140}{300} = 3,8 \quad ; \quad \frac{t}{h} = \frac{180}{600} = 0,3$$

$$k = 1,747$$

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = (1,747) \frac{300(600)^3}{12} = 9,434 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_s = \frac{7000(180)^3}{12} = 3,402 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} = \frac{9,434 \times 10^9}{3,402 \times 10^9} \quad (\text{dengan } E_{cb} = E_{cs})$$

$$= 2,773$$

d) B₇-B₈

Lebar efektif (b_E) diambil yang terkecil dari b_E berikut:

$$\begin{aligned} b_E &= b_w + (h - t) = 300 + (600 - 180) \\ &= 720 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_E &= b_w + 4(t) = 300 + 4(180) \\ &= 1020 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{b_E}{b_W} = \frac{720}{1020} = 2,40 \quad ; \quad \frac{t}{h} = \frac{180}{600} = 0,3$$

$$k = 1,473$$

$$I_b = k \frac{b_W h^3}{12} = (1,473) \frac{300(600)^3}{12} = 7,954 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_s = \frac{3500 (180)^3}{12} = 1,70 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} = \frac{7,954 \times 10^9}{1,70 \times 10^9} \quad (\text{dengan } E_{cb} = E_{cs})$$

$$= 4,679$$

3. Menentukan tebal pelat berdasarkan persyaratan lendutan dan geser.

Perbandingan rata-rata α_m dari panel 1,2,3 dan 4

$$\begin{aligned} \alpha_m \text{ panel 1} &= \frac{1}{4} (B_7 + B_1 + B_5 + B_3) \\ &= \frac{1}{4} (4,679 + 6,06 + 2,773 + 10,175) \\ &= 5,922 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_m \text{ panel 2} &= \frac{1}{4} (B_5 + B_2 + B_5 + B_4) \\ &= \frac{1}{4} (2,773 + 6,06 + 2,773 + 10,175) \\ &= 5,442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_m \text{ panel 3} &= \frac{1}{4} (B_8 + B_1 + B_6 + B_1) \\ &= \frac{1}{4} (4,679 + 6,06 + 2,773 + 6,06) \\ &= 4,893 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_m \text{ panel 4} &= \frac{1}{4} (B_6 + B_2 + B_6 + B_2) \\ &= \frac{1}{4} (2,773 + 6,06 + 2,773 + 6,06) \end{aligned}$$

$$= 4,416$$

Koefisien dari bagian yang menerus β_s untuk keliling panel

β_s panel 1

$$= \frac{7000 + 6000}{2(7000 + 6000)} = 0,50$$

β_s panel 2

$$= \frac{7000 + 2(6000)}{2(7000 + 6000)} = 0,73$$

β_s panel 3

$$= \frac{2(7000) + 6000}{2(7000 + 6000)} = 0,769$$

β_s panel 4

$$= \frac{2(7000) + 6000}{2(7000 + 6000)} = 1,00$$

a) Tebal pelat menurut persyaratan lendutan

Untuk pelat dengan balok tebal pelat (h) tidak boleh kurang dari persamaan (3.18)

$$h = \text{panel 1} \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 3\beta_s \left[\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta_s} \right) \right]}$$

$$= \frac{6700 \left(0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + 3(0,50) \left[5,922 - 0,12 \left(1 + \frac{1}{0,50} \right) \right]} = 161,168 \text{ mm}$$

juga tidak boleh kurang dari persamaan (3.19)

$$h = \text{panel 1} \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta_s}$$

$$= \frac{6700 \left(0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + 9(0,50)} = 176,461 \text{ mm}$$

dan tidak perlu lebih dari persamaan (3.20)

$$h = \text{panel 1} \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36}$$

$$= \frac{6700 \left(0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36} = 198,518 \text{ mm}$$

Daftar persamaan tebal pelat untuk tiap panel

Panel	1	2	3	4
Persamaan (3.19)	161,168	151,069	153,194	147,220
Persamaan (3.20)	176,461	167,880	166,507	158,815
Persamaan (3.21)	198,518	198,518	198,518	198,518
Asumsi awal	180,0	180,0	180,0	180,0

Maka tebal pelat (h) = 180 mm memenuhi persyaratan lendutan.

b) Tebal pelat menurut persyaratan geser

Karena semua nilai $\alpha l_1 / l_2$ berada jauh di atas 1,0 maka geser rencana pada jalur selebar kolom dalam arah pendek dapat didekati dengan :

$$V_u = 1,15 \frac{W_u S}{2} = (1,15) \frac{(9,472)6}{2}$$

$$= 32,678 \text{ kN}$$

Dengan : W_d pelat $= 0,180 \times 24 = 4,32 \text{ kN/m}^2$

$$W_d \text{ penutup lantai} = \underline{0,24 \text{ kN/m}^2} +$$

$$W_d \text{ total} = 4,56 \text{ kN/m}^2$$

$$W_l \text{ beban hidup} = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u = 1,2 (W_d) + 1,6 (W_l)$$

$$= 1,2(4,56) + 1,6(2,5) = 9,472 \text{ kN/m}^2$$

Tebal pelat efektif (d) = $180 - 30 \frac{1}{2}(10) = 145 \text{ mm}$.

Dengan penutup beton 30 mm dan asumsi diameter tulangan untuk sengkang 10 mm.

$$V_u = \phi (\sqrt{f_c} / 6) b_w d$$

$$= 0,6 (\sqrt{30} / 6)(300)(145)$$

$$= 23.825,931 \text{ N} < V_u$$

Maka tebal pelat (h) = 180 tidak memenuhi persyaratan geser. Tebal pelat tetap dipakai 180mm dengan catatan geser yang tersisa disalurkan pada tulangan geser balok.

4. Cek apakah memenuhi Metoda Perancangan Langsung

Menurut batasan dalam sub bab 3.3 empat batasan yang pertama secara pemeriksaan dipenuhi. Untuk batasan kelima

$$\frac{W_l}{W_d} = \frac{2,50}{4,56} = 0,548$$

$0,548 < 3$ **OK! Memenuhi persyaratan**

Untuk batasan yang ke enam dengan menunjuk Gambar 4.4 dengan mengambil l_1 dan l_2 masing-masing dalam arah panjang dan pendek untuk:

Panel 1:

$$\frac{l_1^2}{\alpha_1} = \frac{(7000)^2}{1/2 (10,175 + 6,06)} = 862,33$$

$$\frac{l_2^2}{\alpha_2} = \frac{(6000)^2}{1/2 (4,679 + 2,773)} = 1610,306$$

$$\frac{l_1^2/\alpha_1}{l_2^2/\alpha_2} = 0,535$$

Panel 2 :

$$\frac{l_1^2}{\alpha_1} = \frac{(7000)^2}{1/2 (10,175 + 6,06)} = 862,33$$

$$\frac{l_2^2}{\alpha_3} = \frac{(6000)^2}{1/2 (2,773 + 2,773)} = 2166,06$$

$$\frac{l_1^2/\alpha_1}{l_2^2/\alpha_3} = 0,398$$

Panel 3 :

$$\frac{l_1^2}{\alpha_4} = \frac{(7000)^2}{1/2 (6,06 + 6,06)} = 1155,11$$

$$\frac{l_2^2}{\alpha_4} = \frac{(6000)^2}{1/2 (4,679 + 2,773)} = 1610,306$$

$$\frac{l_1^2/a_4}{l_2^2/a_2} = 0,717$$

Panel 4 :

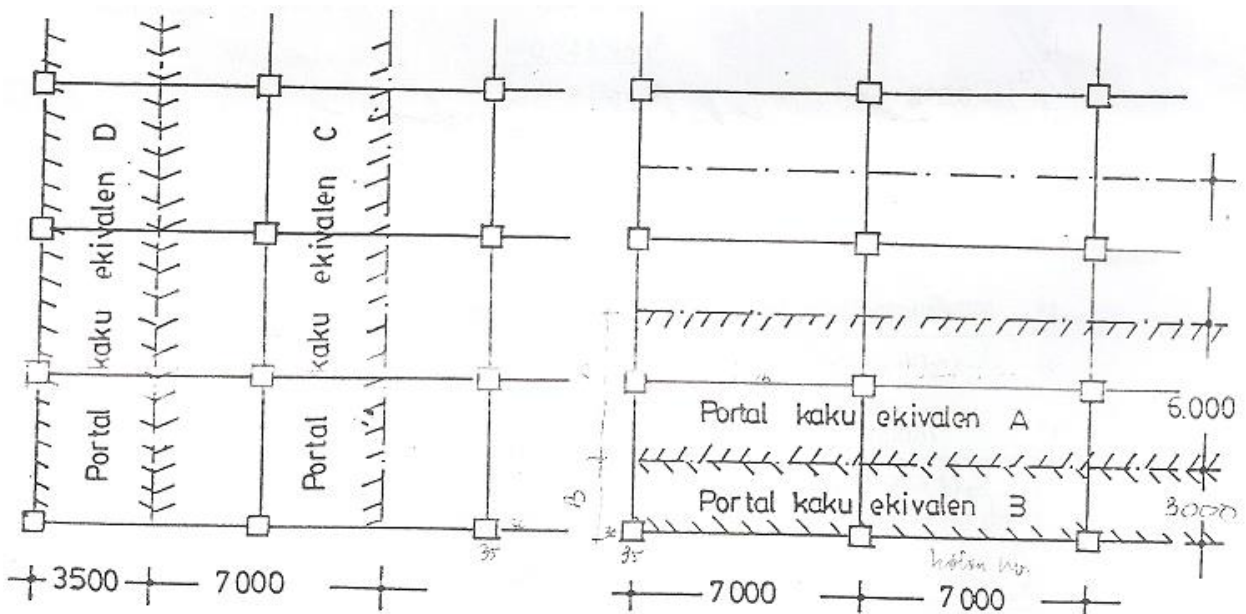
$$\frac{l_1^2}{a_1} = \frac{(7000)^2}{1/2 (6,06 + 6,06)} = 1155,115$$

$$\frac{l_1^2}{a_2} = \frac{(6000)^2}{1/2 (2,773 + 2,773)} = 2163,722$$

$$\frac{l_1^2/a_2}{l_1^2/a_2} = 0,534$$

Karena untuk keempat panel harga $\frac{l_1^2/a_4}{l_2^2/a_2}$ semua terletak antara 0,2 dan 5,0 maka batasan keenam dipenuhi.

Menghitung momen statis total terfaktor:



Gambar 4.4 Portal-portal kaku ekivalen, contoh perencanaan pelat dengan balok-balok.

Momen statis total (M_o)

$$\text{Portal A} \quad M_{oA} = \frac{1}{8} W_u l_2 l_n^2 = \frac{1}{8} (9,475)(6)(7 - 0,3)^2 = 318,999 \text{ kNm}$$

$$\text{Portal B} \quad M_{oB} = \frac{1}{8} W_u l_2 l_n^2 = \frac{1}{8} (9,475)(3)(7 - 0,3)^2 = 159,499 \text{ kNm}$$

$$\text{Portal C} \quad M_{oC} = \frac{1}{8} W_u l_2 l_n^2 = \frac{1}{8} (9,475)(7)(6 - 0,35)^2 = 267,657 \text{ kNm}$$

$$\text{Portal D} \quad M_{oD} = \frac{1}{8} W_u l_2 l_n^2 = \frac{1}{8} (9,475)(3,5)(6 - 0,35)^2 = 132,328 \text{ kNm}$$

Menghitung kekakuan pelat balok dan kolom.

Kekakuan kolom

$$K_{c1} = K_{c2} = \frac{4EI_{c1}}{l_{c1}} = \frac{4E(400)(400)^2}{12(3800)} = 2.245.614,03E$$

Portal A :

$$K_s = \frac{4EI_s}{l_1} = \frac{4E\left(\frac{1}{12}\right)(6000)(180)^2}{7000} = 1.666.285,714E$$

$$K_b = \frac{4EI_b}{l_1} \text{ dari } (B_1 - B_2) I_b = 1,7677 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$= \frac{4E(1,7677 \times 10^{10})}{7000} = 10.101.542,86E$$

$$\alpha = \frac{K_b}{K_s} = 6,06$$

$$\alpha_c = \frac{K_{c1} + K_{c2}}{\sum K_s + \sum K_b} = \frac{2(2.245.614,03E)}{(1.666.285,714E + 18.607.368,42E)}$$

$$= 0,221 \text{ (pada kolom luar)}$$

$$\alpha_c = \frac{2(2.245.614,03E)}{2(1.666.285,714E + 18.607.368,42E)}$$

$$= 0,111 \text{ (pada kolom dalam)}$$

Portal B:

$$K_s = \frac{4EI_s}{l_1} = \frac{4E\left(\frac{1}{12}\right)(3000)(180)^2}{7000} = 833.142,857 \text{ E}$$

$$K_b = \frac{4EI_b}{l_1} \quad \text{dari (B}_3 - \text{B}_4) \quad I_b = 1,4836 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$= \frac{4E(1,4836 \times 10^{10})}{7000} = 8.477.714,286 \text{ E}$$

$$\alpha = \frac{K_b}{K_s} = 10,175$$

$$\alpha_c = \frac{K_{c1} + K_{c2}}{\Sigma K_s + \Sigma K_b} = \frac{2(2.245.614,03E)}{(833.142,857E + 8.477.714,286E)}$$

$$= 0,482 \text{ (pada kolom luar)}$$

$$\alpha_c = \frac{2(2.245.614,03E)}{2(833.142,857E + 8.477.714,286E)}$$

$$= 0,241 \text{ (pada kolom dalam)}$$

Portal C:

$$K_s = \frac{4EI_s}{l_1} = \frac{4E\left(\frac{1}{12}\right)(7000)(180)^2}{6000} = 2.268.000 \text{ E}$$

$$K_b = \frac{4EI_b}{l_2} \quad \text{dari (B}_5 - \text{B}_6) \quad I_b = 9,4338 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$= \frac{4E(9,4338 \times 10^9)}{6000} = 6.289.200 \text{ E}$$

$$\alpha = \frac{K_b}{K_s} = 2,773$$

$$\alpha_c = \frac{K_{c1} + K_{c2}}{\Sigma K_s + \Sigma K_b} = \frac{2(2.245.614,03E)}{(2.268.000E + 6.289.200E)}$$

$$= 0,525 \text{ (pada kolom luar)}$$

$$\alpha_c = \frac{2(2.245.614,03E)}{2(2.268.000E + 6.289.200E)}$$

$$= 0,262 \text{ (pada kolom dalam)}$$

Portal D:

$$K_s = \frac{4EI_s}{l_1} = \frac{4E\left(\frac{1}{12}\right)(3500)(180)^3}{6000} = 1.334.000 \text{ E}$$

$$K_b = \frac{4EI_b}{l_2} \text{ dari (B}_7 - \text{B}_8) \text{ I}_b = 7,9542 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$= \frac{4E(7,9542 \times 10^9)}{6000} = 5.302.800 \text{ E}$$

$$\alpha = \frac{K_b}{K_s} = 4,679$$

$$\alpha_c = \frac{K_{c1} + K_{c2}}{\Sigma K_s + \Sigma K_b} = \frac{2(2.245.614,03E)}{(1.334.000E + 5.302.800E)}$$

$$= 0,698 \text{ (pada kolom luar)}$$

$$\alpha_c = \frac{2(2.245.614,03E)}{2(1.334.000E + 5.302.800E)}$$

$$= 0,349 \text{ (pada kolom dalam)}$$

Menentukan harga α_{\min}

B_a = perbandingan beban layan mati dengan beban hidup.

$$= \frac{(0,180)(24) + 0,24}{2,50} = 1,824$$

Dari tabel 3.10. didapatkan α_{\min} seperti berikut:

Portal	A	B	C	D
$\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$	6,06	0,175	12,773	4,479
I_2/I_1	0,857	0,857	1,167	1,167
α_{min}	0	0	0	0

Karena untuk semua portal $\alpha_c > \alpha_{min} = 0$ maka faktor pengali pe,nbesaran momen positif $\delta_s = 1,0$ Jadi momen positif tidak mengalami pembesaran momen.

Menentukan distribusi momen di arah longitudinal.

Berdasarkan Tabel 3.9. atau Gambar 3.17. dapat ditentukan :

Portal A :	$M_o = 318.999 \text{ kNm}$
M_{neg} tumpuan eksterior	$M_o = 0,16 (318.999)$ $= 51.040 \text{ kNm}$
M_{pos} bentang eksterior	$M_o = 1,0 (0,57) (318.999)$ $= 181.829 \text{ kNm.}$
M_{neg} tumpuan interior pertama	$M_o = 0,70 (318.999)$ $= 223.299 \text{ kNm}$
M_{neg} tumpuan interior	$M_o = 0,65 (318.999)$ $= 207.349 \text{ kNm.}$
M_{neg} bentang interior	$M_o = 1,0 (0,35) (318.999)$ $= 111.649 \text{ kNm.}$
Portal B	$M_o = 159.499 \text{ kNm}$

M_{neg} tumpuan eksterior	$M_o = 0,16 (159.499)$ $= 25.519 \text{ kNm}$
M_{pos} bentang eksterior	$M_o = 1,0 (0,57) (159.499)$ $= 90.914 \text{ kNm}$
M_{neg} tumpuan interior pertama	$M_o = 0,70 (159.499)$ $= 111.649 \text{ kNm.}$
M_{neg} tumpuan interior	$M_o = 0,65 (159.499)$ $= 103.674 \text{ kNm.}$
M_{pos} bentang interior	$M_o = 1,0 (0,35) (159.499)$ $= 55.825 \text{ kNm}$
Portal C:	$M_o = 264.657 \text{ kNm}$
M_{neg} tumpuan eksterior	$M_o = 0,16 (264.657)$ $= 42,345 \text{ kNm}$
M_{pos} bentang eksterior	$M_o = 1,0 (0,57) (264.657)$ $= 150,854 \text{ kNm}$
M_{neg} tumpuan interior pertama	$M_o = 0,70 (264.657)$ $= 185,854 \text{ kNm}$
M_{neg} tumpuan interior	$M_o = 0,65 (264.657)$ $= 172,027 \text{ kNm}$

$$M_{\text{pos}} \text{ bentang interior} \quad M_o = 1,0 (0,35) (264.657) \\ = 92,630 \text{ kNm}$$

$$\text{Portal D :} \quad M_o = 132.328 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{neg}} \text{ tumpuan eksterior} \quad M_o = 0,16 (132.328) \\ = 21,172 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{pos}} \text{ bentang eksterior} \quad M_o = 1,0 (0,57) (132.328) \\ = 75,27 \text{ kNm.}$$

$$M_{\text{neg}} \text{ tumpuan interior pertama} \quad M_o = 0,70 (132.328) \\ = 92,630 \text{ kNm.}$$

$$M_{\text{neg}} \text{ tumpuan interior} \quad M_o = 0,65 (132.328) \\ = 86,013 \text{ kNm}$$

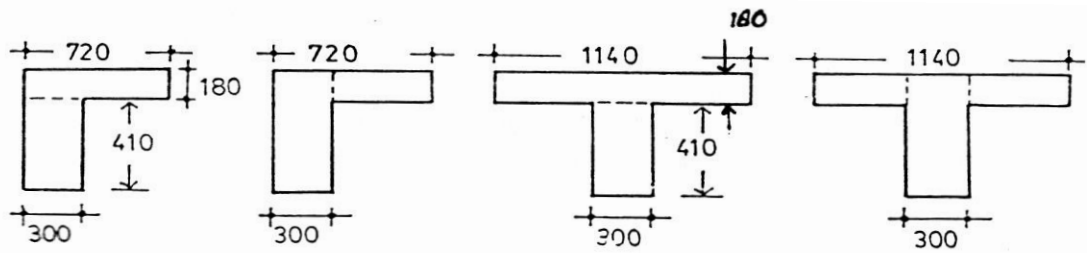
$$M_{\text{pos}} \text{ bentang interior} \quad M_o = 1,0 (0,35) (132.328) \\ = 46,315 \text{ kNm.}$$

Menentukan tetapan torsi C dari Balok Transversal

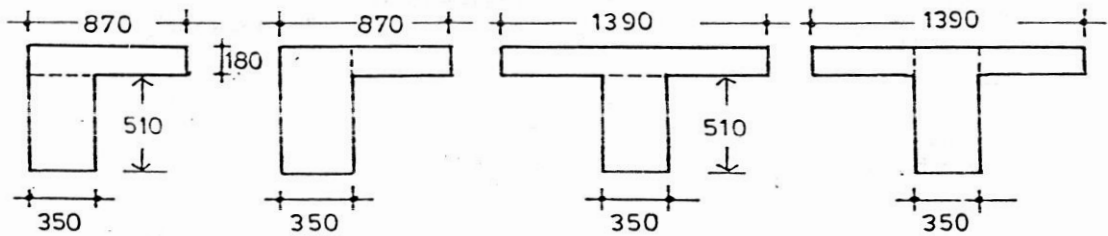
Arah pendek balok dalam

$$b_E = b_W + 2(h - t) = 300 + 2(600 - 180) = 1140 \text{ mm (digunakan)}$$

$$b_E = b_W + 8(t) = 300 + 8(180) = 1740 \text{ mm}$$



(a). Arah pendek



(a). Arah panjang

Gambar 4.5. Potongan melintang komponen torsi

$$C \left[1 - \frac{0,63(180)}{1140} \right] \left(\frac{(180)^3(1140)}{3} \right) + \left[1 - \frac{0,63(300)}{410} \right] \left(\frac{(300)^3(410)}{3} \right) = 3.984.710.400$$

$$C \left[1 - \frac{0,63(300)}{410} \right] \left(\frac{(300)^3(410)}{3} \right) + \left[1 - \frac{0,63(180)}{420} \right] \left(\frac{(180)^3(420)}{3} \right) = 2.585.050.400$$

Arah pendek balok tepi

$$b_E = b_W + (h - t) = 300 + (600 - 180) = 720 \text{ mm (digunakan)}$$

$$b_E = b_W + 4(t) = 300 + 4(180) = 1020 \text{ mm}$$

$$c \left[1 - \frac{0,63(180)}{720} \right] \left(\frac{(180)^3(720)}{3} \right) + \left[1 - \frac{0,63(300)}{410} \right] \left(\frac{(300)^3(410)}{3} \right) = 3.168.23.400$$

$$c \left[1 - \frac{0,63(300)}{600} \right] \left(\frac{(300)^3(600)}{3} \right) + \left[1 - \frac{0,63(180)}{420} \right] \left(\frac{(180)^3(420)}{3} \right) = 4.295.030.400$$

Arah panjang balok dalam

$$b_E = b_W + 2(h - t) = 350 + 2(700 - 180) = 1390 \text{ mm (digunakan)}$$

$$b_E = b_W + 8(t) = 350 + 8(180) = 1790 \text{ mm}$$

$$c \left[1 - \frac{0,63(180)}{1390} \right] \left(\frac{(180)^3(1390)}{3} \right) + \left[1 - \frac{0,63(350)}{510} \right] \left(\frac{(350)^3(510)}{3} \right) = 6.691.147.900$$

$$c \left[1 - \frac{0,63(350)}{700} \right] \left(\frac{(350)^3(700)}{3} \right) + \left[1 - \frac{0,63(180)}{545} \right] \left(\frac{(180)^3(545)}{3} \right) = 7.691.884.567$$

Arah panjang balok tepi

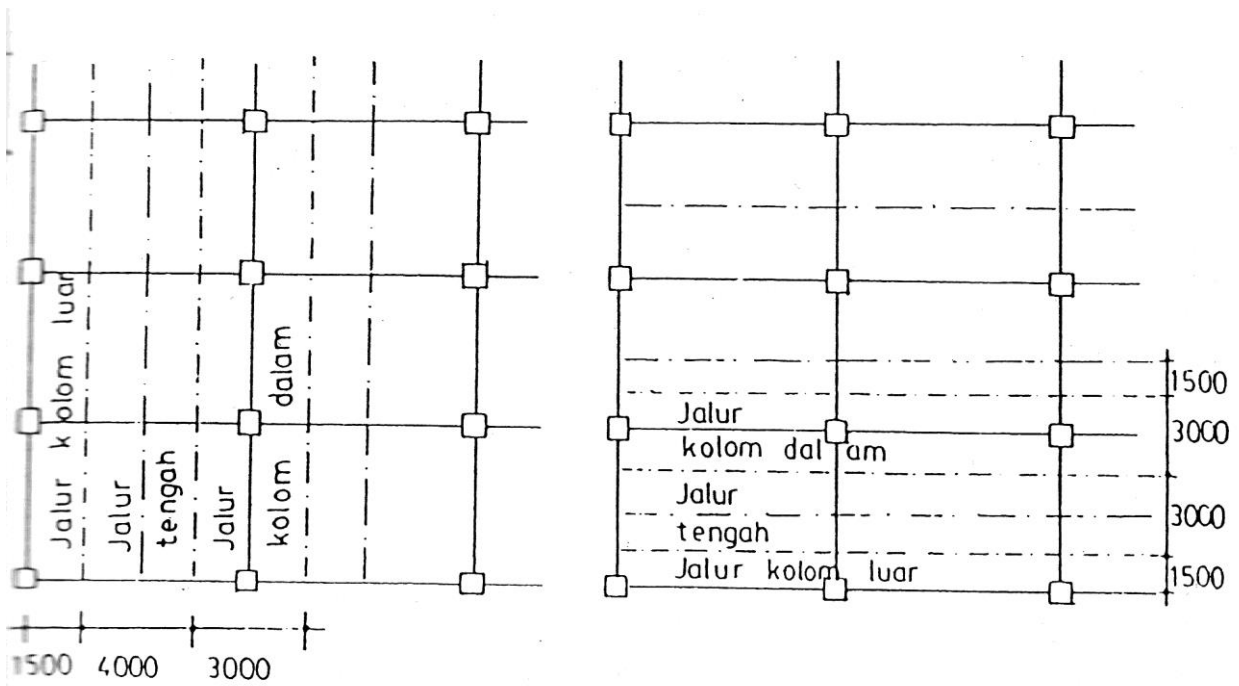
$$b_E = b_W + (h - t) = 350 + (700 - 180) = 870 \text{ mm (digunakan)}$$

$$b_E = b_W + 4(t) = 350 + 4(180) = 1070 \text{ mm}$$

$$c \left[1 - \frac{0,63(180)}{870} \right] \left(\frac{(180)^3(870)}{3} \right) + \left[1 - \frac{0,63(350)}{510} \right] \left(\frac{(350)^3(510)}{3} \right) = 5.608.267.900$$

$$c \left[1 - \frac{0,63(180)}{570} \right] \left(\frac{(180)^3(570)}{3} \right) + \left[1 - \frac{0,63(350)}{700} \right] \left(\frac{(350)^3(700)}{3} \right) = 7.740.484.567$$

Mendistribusikan momen longitudinal ke arah transversal. untuk pembagian lebar transversal menjadi jalur kolom dan jalur tengah untuk tiap portal dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pembagian jalur tengah dan jalur Kolom pada contoh perencanaan pelat dengan balok-balok.

Hitungan distribusi arah transversal

a). Momen negative pada tumpuan eksterior

portal A:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{6000}{7000} = 0,857$$

$$\alpha_1 = 6,06$$

$$\alpha_1 \frac{I_1}{I_2} = 5,193 > 1,0$$

$$C = 4.295.030.400$$

$$I_s = \frac{1}{12} (6000)(180)^3 = 2,916 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\beta_1 = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s} = 0,736 < 2,50 \text{ (dengan } E_{cb} - E_{cs}\text{)}$$

Tabel 4.1. menunjukkan interpolasi linear untuk kolom dari batas-batas yang ditetapkan dalam Tabel 3.11. momen total sebesar 51,040 kNm dibagikan atas tiga bagian 93,90 % untuk jalur kolom (yang 85 % dari itu masuk ke balok dan 15 % nya masuk pelat jalur kolom) oleh karena $\alpha_1 I_2/I_1 = 5,193 \geq 1,0$ dan 6,1 % ke pelat jalur tengah.

Hasil-hasil ini diperlihatkan pada Tabel 4.3.

Portal B:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{6000}{7000} = 0,857$$

$$\alpha_1 = 10,175$$

$$\alpha_1 \frac{I_1}{I_2} = 8,720 > 1,0$$

$$C = 4.295.030.400$$

$$I_s = \frac{1}{12}(3000)(180)^3 = 1,458 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\beta_1 = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s} = 0,147 \text{ (dengan } E_{cb} - E_{cs}\text{)}$$

Momen total sebesar 25,519 kNm dibagikan atas tiga prosentase jalur kolom 98,775 % (85 % - nya masuk ke balok dan 15% -nya masuk ke pelat jalur kolom) karena $\alpha_1 I_2/I_1 = 8,720 \geq 1,0$ dan 1,225% masuk ke jalur tengah

Portal C:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{7000}{6000} = 1,167$$

$$\alpha_1 = 2,773$$

$$\alpha_1 \frac{I_1}{I_2} = 3,236 > 1,0$$

$$C = 7.740.484.567$$

$$I_s = \frac{1}{12}(7000)(180)^3 = 3.402.000.000 \text{ mm}^4$$

$$\beta_1 = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s} = 1,153 \text{ (dengan } E_{cb} - E_{cs}\text{)}$$

Momen total sebesar 42,345 kNm dibagikan atas tiga prosentase jalur kolom 86,339% (85 % - nya masuk ke balok dan 15% -nya masuk ke pelat jalur kolom) karena $\alpha_1 I_2/I_1 = 3,236 > 1,0$ dan 13,661% masuk ke jalur tengah.

Portal D:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{7000}{6000} = 1,167$$

$$\alpha_1 = 4,679$$

$$\alpha_1 \frac{I_1}{I_2} = 4,460 > 1,0$$

$$C = 7.740.484.567$$

$$I_s = \frac{1}{12}(3500)(180)^3 = 1,701 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\beta_1 = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s} = 2,275 \text{ (dengan } E_{cb} - E_{cs}\text{)}$$

Momen total sebesar 21,172 kNm dibagikan atas tiga prosentase jalur kolom 72,691% (85 % - nya masuk ke balok dan 15% -nya masuk ke pelat jalur kolom) karena $\alpha_1 I_2/I_1 = 5,460 > 1,0$ dan 27,309% masuk ke jalur tengah.

Tabel 4.1. Interpolasi linear momen negative pada tumpuan interior

I_2/I_1	0,5	0,857	1,0	1,167	2,0
$\alpha_1 I_2/I_1 > 1,0$					
$\beta_1 = 0$	100	100	100	100	100
$\beta_1 = 0,147$	99,412	98,775	98,530		
$\beta_1 = 0,736$	97,056	93,900	92,640		
$\beta_1 = 1,138$			88,620	86,339	74,964
$\beta_1 = 2,275$			77,250	72,691	49,950
$\beta_1 \geq 2,50$	90,000		75,000		45,000

b). Momen-momen negative pada tumpuan interior pertama dan tumpuan interior

Portal A:

$$I_2/I_1 = 0,857$$

$$\alpha_1 = 6,06$$

$$\alpha_1 I_2/I_1 = 5,1939 > 1,0$$

Menurut tabel 3.11. Prosentase untuk lajur kolom 84,645% (harga interpolasi lihat tabel 4.4.) sisanya masuk dalam pelat jalur tengah.

Portal B:

$$I_2/I_1 = 0,857$$

$$\alpha_1 = 10,175$$

$$\alpha_1 I_2/I_1 = 8,720 > 1,0$$

Menurut tabel 3.11. Prosentase untuk lajur kolom 84,645% (harga interpolasi lihat tabel 4.4.) sisanya masuk dalam pelat jalur tengah.

Portal C:

$$I_2/I_1 = 1,167$$

$$\alpha_1 = 2,773$$

$$\alpha_1 I_2/I_1 = 3,236 > 1,0$$

Menurut tabel 3.11. Prosentase untuk lajur kolom 69,99% (harga interpolasi linear lihat tabel 4.2.) sisanya masuk dalam pelat jalur tengah.

Portal D:

$$I_2/I_1 = 1,167$$

$$\alpha_1 = 4,679$$

$$\alpha_1 I_2/I_1 = 5,460 > 1,0$$

Menurut tabel 3.11. Prosentase untuk lajur kolom 69,99% (harga interpolasi linear lihat tabel 4.2.) sisanya masuk dalam pelat jalur tengah.

Tabel 4.2. Interpolasi linear momen negative pada tumpuan interior

I_2/I_1	0,5	0,857	1,0	1,167	2,0
$\alpha_1 I_2/I_1 = 1,0$	75	75	75	75	75
$\alpha_1 I_2/I_1 \geq 1,0$	90	84,645	75	69,99	45

- c). Momen-momen positif di dalam bentang luar dan bentang dalam karena batas-batas yang ditetapkan untuk $\alpha_1 I_2/I_1 \geq 1,0$ adalah sama untuk momen positif dan momen negative pada tumpuan dalam maka prosentase momen-momen positif bentang dalam dan bentang laur

adalah identik dengan yang untuk momen-momen negative seperti yang ditentukan di dalam bagian (b) dalam contoh ini. Hasil-hasil distribusi transversal dari momen-momen longitudinal dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. distribusi dari momen longitudinal contoh perencanaan pelat dengan balok-balok

Portal A

Lebar total = 6000 mm lebar jalur kolom = 3000 mm lebar jalur tengah = 3000 mm					
	Bentang luar			Bentang dalam	
	luar negatif	positif	dalam negatif	negatif	positif
M_{total}	51,040	181,829	223,299	207,349	111,649
M_{balok}	40,737	130,823	160,660	149,184	80,330
$M_{pelat\ jalur\ kolom}$	7,189	23,086	28,352	26,326	14,176
$M_{pelat\ jalur\ tengah}$	3,114	27,920	34,287	31,839	17,143

Portal B

Lebar total = 3000 mm lebar jalur kolom = 1500 mm lebar 1/2 jalur tengah = 1500 mm					
	Bentang luar			Bentang dalam	
	luar negatif	positif	dalam negatif	negatif	positif
M_{total}	25,519	90,914	111,649	103,649	55,825
M_{balok}	21,425	65,411	80,330	74,593	40,165
$M_{pelat\ jalur\ kolom}$	3,781	11,523	14,176	13,163	7,088
$M_{pelat\ jalur\ tengah}$	0,313	13,960	17,143	15,918	8,572

Portal C

Lebar total = 3000 mm lebar jalur kolom = 1500 mm lebar jalur tengah = 4000 mm					
--	--	--	--	--	--

	Bentang luar			Bentang dalam	
	luar negatif	positif	dalam negatif	negatif	positif
M_{total}	42,345	150,854	185,259	172,027	92,360
M_{balok}	31,076	89,745	110,213	102,340	55,107
$M_{pelat\ jalur\ kolom}$	5,484	15,837	19,449	18,060	9,724
$M_{pelat\ jalur\ tengah}$	5,785	45,272	55,597	51,627	27,799

Portal D

Lebar total = 3000 mm lebar jalur kolom = 1500 mm lebar 1/2 jalur tengah = 2000 mm					
	Bentang luar			Bentang dalam	
	luar negatif	positif	dalam negatif	negatif	positif
M_{total}	21,179	75,427	92,360	86,103	46,315
M_{balok}	13,082	44,873	55,107	51,105	27,518
$M_{pelat\ jalur\ kolom}$	2,308	7,908	9,712	9,018	4,856
$M_{pelat\ jalur\ tengah}$	5,782	22,646	27,799	25,890	13,944

Menghitung tulangan pelat berdasarkan momen-momen yang paling menentukan. Untuk keseragaman diameter tulangan dalam satu jalur maka hitungan penulangan disusun dalam bentuk tabel untuk tiap jalurnya juga langsung diadakan cek kapasitas lenturnya lihat tabel dalam lampiran 7.a. sampai tabel dalam lampiran 7.h.

Menentukan panjang penyaluran dan panjang sambungan lewatan

- (a) Panjang penyaluran menurut SK SNI-T-15-1991-03 tidak ditentukan persyaratannya untuk baja polos maka dipakai persyaratan PBI '71 yaitu panjang penyaluran baja polos kelipatan dua dari I_{db} baja deform.

$$l_{db} = 0,02 A_b \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}}$$

$$= 0,02 \left[\frac{\pi}{4} (12)^2 \right] \frac{400}{\sqrt{30}} = 165,105 \text{ mm}$$

Tetapi tidak kurang dari $= 0,06 d_b f_y$

$$= 0,06 (12) (400) = 288 \text{ mm}$$

Diambil $l_{db} = 290 \text{ mm}$, $l_{db} \text{ polos} = 2 (290) = 580 \text{ mm}$

$L_d = 1,4 l_{db}$ untuk tulangan atas dan tidak boleh kurang dari 300 mm.

Maka $L_d = 1,4 (580) = 812 \text{ mm}$, dipakai $L_d = 820 \text{ mm}$ untuk tulangan atas dan $L_d = 580 \text{ mm}$ untuk tulangan bawah.

(b). Panjang sambungan lewatan

$$\frac{A_s \text{ ada}}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1695,0}{1617,105} = 1,048 < 2$$

Menurut tabel 3.3. untuk nilai $\frac{A_s \text{ ada}}{A_s \text{ perlu}} < 2$ dan persentase maksimum dari A_s yang disambung lewat di dalam panjang lewatan perlu 50% maka termasuk kelas B.

Untuk kelas B

$$L_{dp} = 1,3 L_d = 1,3 (580) = 754 \text{ mm}, \text{ dipakai } L_{dp} = 760 \text{ mm}.$$

Menggambar denah penulangan dan potongan melintang pelat lantai dengan balok-balok lihat gambar dalam lampiran 13.a.

