

Mata Kuliah : Struktur Beton Lanjutan
Kode : TSP - 407
SKS : 3 SKS

Pelat

Pertemuan - 2

- **TIU :**
 - Mahasiswa dapat mendesain berbagai elemen struktur beton bertulang

- **TIK :**
 - Mahasiswa dapat mendesain sistem pelat dua arah dengan metode perencanaan langsung

- Sub Pokok Bahasan :
 - Sistem Pelat Dua Arah
 - Tebal Minimum Pelat
 - Lajur Kolom dan Lajur Tengah
 - Metode Perencanaan Langsung Pelat Dua Arah

- **Sistem Pelat Dua Arah (Metode Analisis)**
- **Metode Perencanaan Langsung (*Direct Design Method, DDM*)**, dirumuskan dalam SNI 2847:2013 pasal 13.6, merupakan prosedur pendekatan untuk analisis dan desain pelat dua arah. Metode ini dibatasi untuk sistem pelat yang dibebani oleh beban terdistribusi merata, serta tertumpu oleh kolom-kolom dalam jarak yang sama atau hampir sama. Metode Perencanaan Langsung ini menggunakan sejumlah koefisien untuk menentukan besarnya momen rencana pada lokasi-lokasi kritis.
- **Metode Rangka Ekuivalen (*Equivalent Frame Method, EFM*)**, dirumuskan dalam SNI 2847:2013 pasal 13.7. Struktur Bangunan 3 dimensi dibagi-bagi menjadi beberapa rangka ekuivalen dua dimensi, pembagian tersebut dilakukan dengan cara membuat potongan sepanjang garis tengah di antara kedua kolom. Struktur rangka dianalisis secara terpisah lantai per lantai dalam arah memanjang dan melintang

• Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah

1. Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2,0$

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

Namun tidak kurang dari 125 mm

2. Untuk $\alpha_{fm} > 2,0$

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

Namun tidak kurang dari 90 mm.

3. Untuk $\alpha_{fm} < 0,2$

h = ketebalan minimum pelat tanpa balok (Tabel 12.4)

Tabel 12.4 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Dalam

f_y (MPa)	Tanpa Penebalan Panel		Dengan Penebalan Panel			
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi		Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

• Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah

dengan :

l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok, dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

β adalah rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek dari pelat dua arah

α_{fm} adalah nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu pelat

α_f adalah rasio kekakuan lentur penampang balok ($E_{cb}I_b$) terhadap kekakuan lentur pelat ($E_{cs}I_s$), yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari pelat-pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

$$\alpha_f = \frac{E_{cb}I_b}{E_{cs}I_s}$$

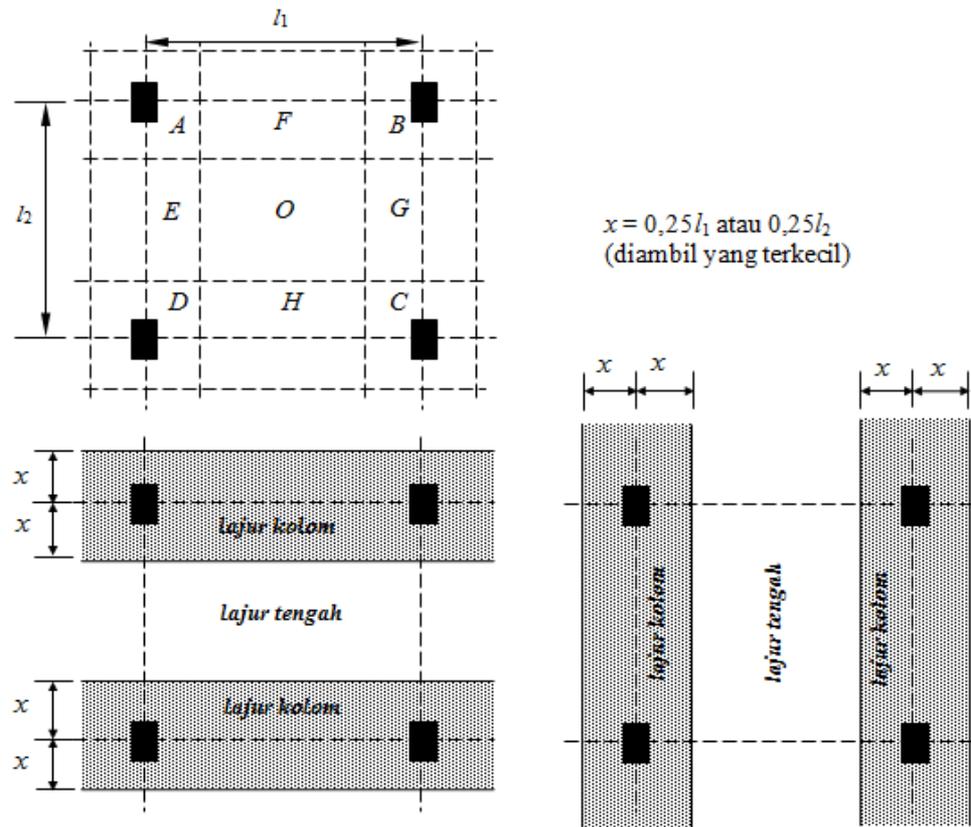
I_b adalah momen inersia brutto dari penampang balok terhadap sumbu berat, penampang balok mencakup pula bagian pelat pada setiap sisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau di bawah pelat, namun tidak lebih dari empat kali tebal pelat

I_s adalah momen inersia brutto dari penampang pelat

Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah

- Tebal minimum pelat tanpa balok dalam seperti ditentukan dalam Tabel 12.4 tidak boleh kurang dari 120 mm (untuk pelat tanpa penebalan panel), atau tidak kurang dari 100 mm (untuk pelat dengan penebalan panel).
- Dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.(d). disyaratkan bahwa untuk panel dengan tepi yang tidak menerus, maka balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α yang tidak kurang dari 0,8.
- Atau sebagai alternatif, maka ketebalan maksimum yang dihitung dari syarat 1 dan 2 harus dinaikkan minimal 10%.

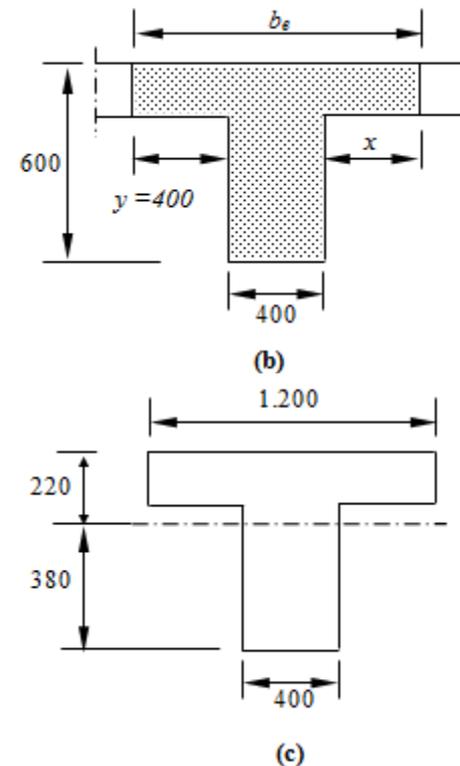
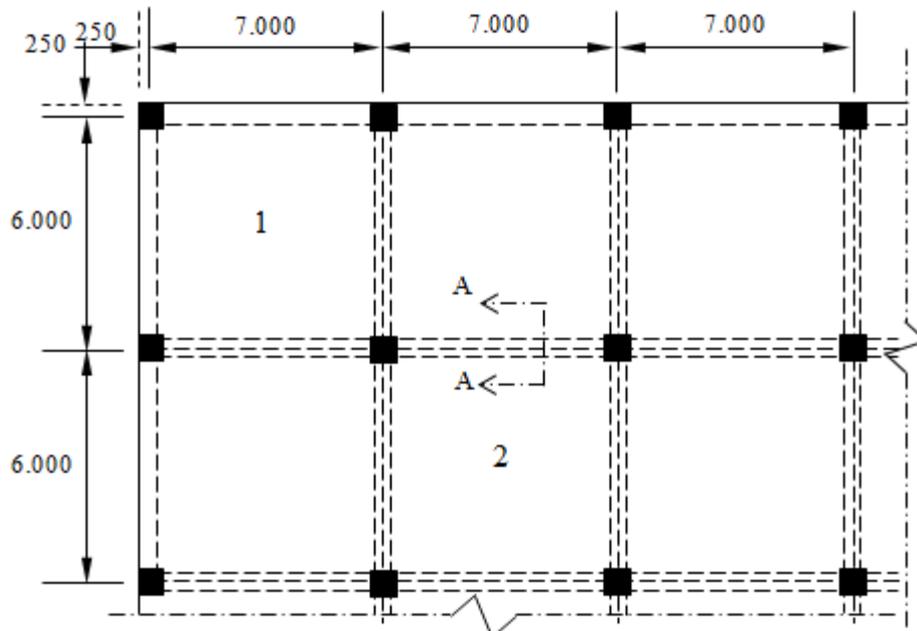
- Lajur Kolom dan Lajur Tengah



Gambar 12.4 Lajur Kolom dan Lajur Tengah

Contoh 12.6

- Suatu sistem pelat lantai dua arah dengan balok ditunjukkan dalam Gambar C.12.6. Pelat dan balok ditopang oleh kolom berukuran 500 mm × 500 mm. Ukuran balok diperlihatkan dalam gambar tersebut. Tentukan ketebalan minimum yang diperlukan untuk suatu pelat dalam. Gunakan $f'_c = 20$ MPa, $f_y = 400$ MPa.

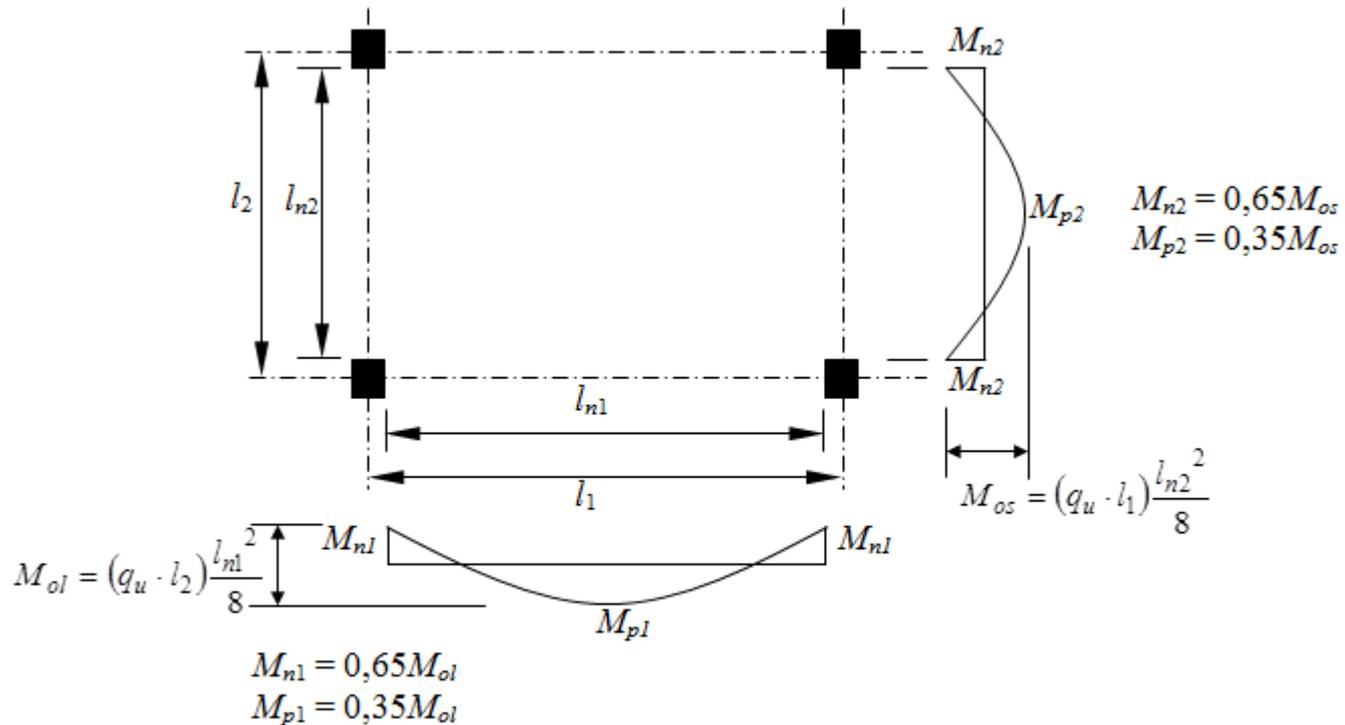


Metode Perencanaan Langsung Pelat Dua Arah

Untuk menggunakan metode perencanaan langsung pada sistem pelat dua arah, maka SNI 2847:2013 pasal 13.6.1 memberikan beberapa batasan sebagai berikut :

- Paling sedikit ada 3 bentang menerus dalam setiap arah
- Pelat berbentuk persegi, dengan perbandingan antara bentang panjang terhadap bentang pendek diukur sumbu ke sumbu tumpuan, tidak lebih dari 2
- Panjang bentang yang bersebelahan, diukur antara sumbu ke sumbu tumpuan, dalam masing-masing arah tidak berbeda lebih dari sepertiga bentang terpanjang
- Posisi kolom boleh menyimpang maksimum sejauh 10% panjang bentang dari garis-garis yang menghubungkan sumbu-sumbu kolom yang berdekatan
- Beban yang diperhitungkan hanyalah beban gravitasi dan terbagi merata pada seluruh panel pelat. Sedangkan beban hidup tidak boleh melebihi 2 kali beban mati
- Untuk suatu panel pelat dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya, kekakuan relatif balok dalam dua arah yang tegak lurus,

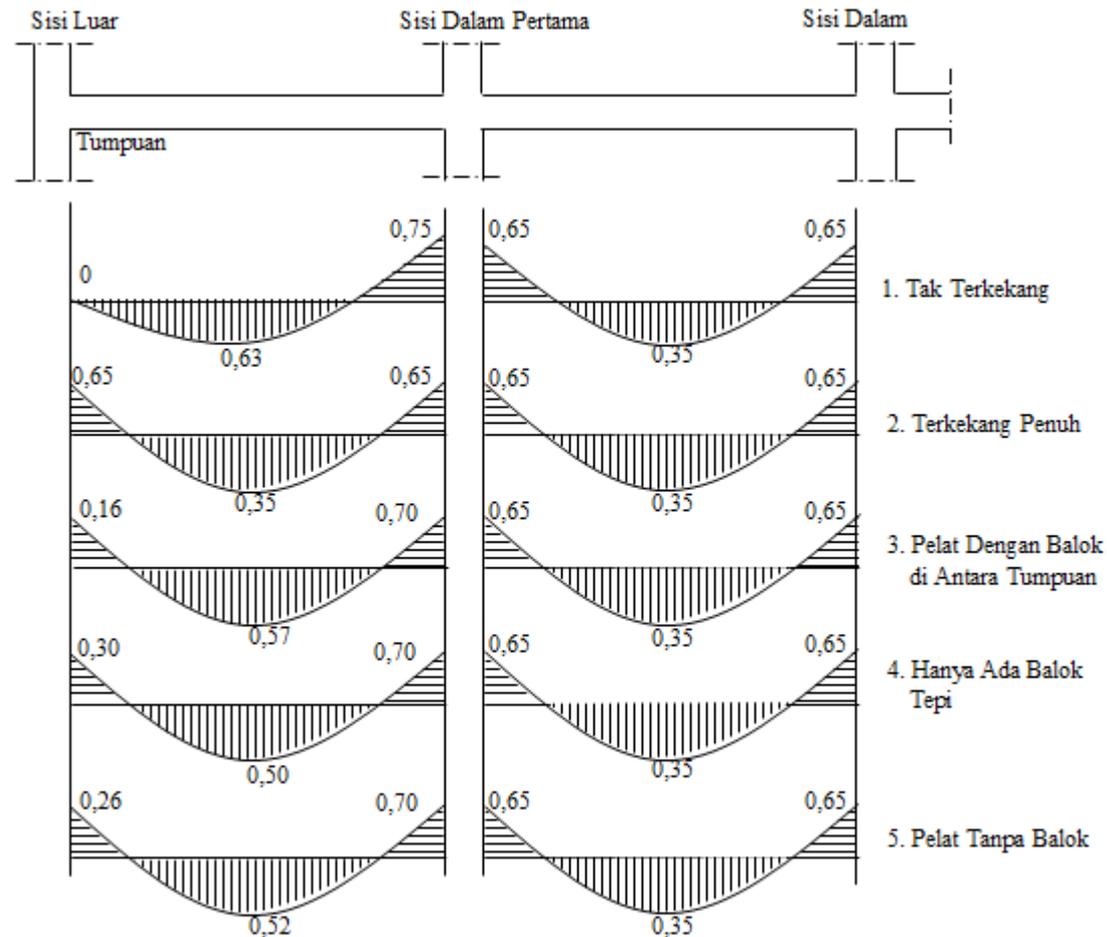
$$0,2 < \frac{\alpha_{f1} l_2^2}{\alpha_{f2} l_1^2} < 5,0$$



Gambar 12.6 Distribusi Momen Pada Suatu Pelat Dalam

Tabel 12.5 Distribusi Momen Pada Pelat Ujung

	Tepi Luar Tak Terkekang	Pelat Dengan Balok di Antara Semua Tumpuan	Pelat Tanpa Balok di Antara Tumpuan-Tumpuan Dalam		Tepi Luar Terkekang Penuh
			Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
Momen Terfaktor Negatif Dalam	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Momen Terfaktor Positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Momen Terfaktor Negatif Luar	0	0,16	0,26	0,30	0,65



Gambar 12.7 Distribusi Momen Statik Total Menjadi Momen Positif dan Negatif

- Momen statik terfaktor total yang dibahas sebelumnya, sebagian harus didistribusikan ke kedua buah lajur kolom dan ke kedua lajur tengah pada panel pelat yang berdekatan
- Besarnya distribusi momen ke lajur kolom dan lajur tengah merupakan fungsi dari rasio l_2/l_1 , α_f dan β_t sebagai berikut :

$$\alpha_f = \frac{E_{cb}I_b}{E_{cs}I_s} = \frac{\text{kekakuan balok}}{\text{kekakuan pelat}}$$

$$\beta_t = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s} = \frac{\text{kekakuan torsi balok tepi}}{\text{kekakuan lentur pelat selebar panjang bentang balok}}$$

dengan

$$C = \text{kekakuan torsi} = \sum \left(1 - \frac{0,63x}{y} \right) \left(\frac{x^3y}{3} \right)$$

- Persentase dari momen rencana yang didistribusikan ke lajur kolom dan lajur tengah untuk pelat luar dan pelat dalam, ditampilkan dalam Tabel 12.6 hingga Tabel 12.9.
- Pada panel pelat dalam, bagian dari momen rencana yang tidak didistribusikan ke lajur kolom (Tabel 12.6) harus dipikul oleh setengah lajur tengah yang berdekatan.
- Nilai dalam Tabel 12.6 dapat diinterpolasi jika rasio l_2/l_1 berada antara 0,5 dan 2,0, atau jika $\alpha_f l_2/l_1$ di antara 0 hingga 1.
- Dari Tabel 12.6 juga dapat terlihat bahwa jika tidak digunakan balok (seperti pada kasus pelat datar dan lantai datar), maka nilai $\alpha_f = 0$.
- Persentase akhir momen pada lajur kolom dan lajur tengah sebagai fungsi dari M_o , ditunjukkan dalam Tabel 12.7.

Tabel 12.6 Persentase Momen Pada Lajur Kolom Untuk Pelat Dalam (SIN 2847:2013, Pasal 13.6.4)

	$\alpha_f l_2/l_1$	Rasio l_2/l_1		
		0,5	1,0	2,0
Momen negatif tumpuan dalam	0	75	75	75
	$\geq 1,0$	90	75	45
Momen positif di tengah bentang	0	60	60	60
	$\geq 1,0$	90	75	45

Tabel 12.7 Persentase Momen Pada Pelat Dalam Dua Arah Tanpa Balok ($\alpha_f = 0$)

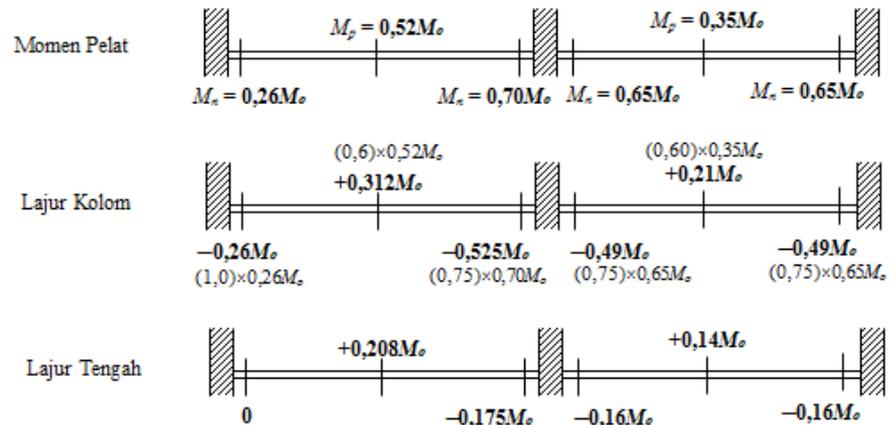
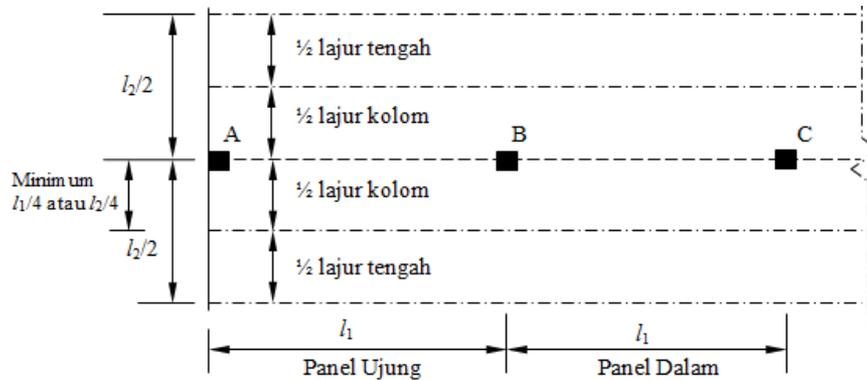
	Momen Negatif	Momen Positif
Momen Pelat	$-0,65M_o$	$+0,65M_o$
Lajur Kolom	$0,75(-0,65M_o) = -0,49M_o$	$0,60(0,35M_o) = 0,21M_o$
Lajur Tengah	$0,25(-0,65M_o) = -0,16M_o$	$0,40(0,35M_o) = 0,14M_o$

Tabel 12.8 Persentase Momen Pada Lajur Kolom Untuk Pelat Luar (SNI 2847:2013, Pasal 13.6.4)

	$\alpha_f l_2/l_1$	β_t	Rasio l_2/l_1		
			0,5	1,0	2,0
Momen negatif pada tumpuan luar	0	0	100	100	100
		$\geq 2,5$	75	75	75
	$\geq 1,0$	0	100	100	100
Momen positif di tengah bentang	$\geq 1,0$	$\geq 2,5$	90	75	45
	0	-	60	60	60
Momen negatif pada tumpuan dalam	$\geq 1,0$	-	90	75	45
	0	-	75	75	75
	$\geq 1,0$	-	90	75	45

Tabel 12.9 Persentase Momen Lajur Kolom dan Lajur Tengah Pada Pelat Ujung
(Untuk Semua Rasio l_2/l_1 , $\alpha_{f1} = \beta_i = 0$)

	%	Lajur Kolom	Lajur Tengah
Momen Negatif Pada Tumpuan Luar	100	$0,26M_o$	0
Momen Positif	60	$0,312M_o$	$0,208M_o$
Momen Negatif Pada Tumpuan Dalam	75	$0,525M_o$	$0,175M_o$



Gambar 12.8 Distribusi Momen Pelat Ke Lajur Kolom dan Lajur Tengah

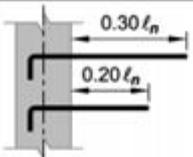
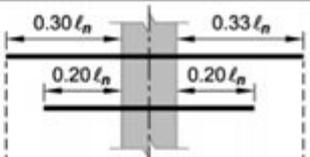
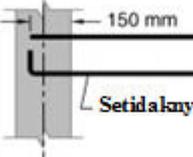
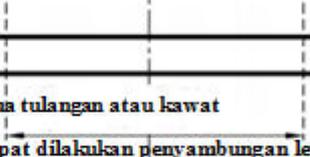
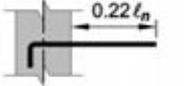
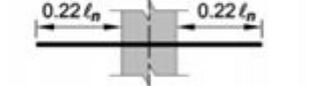
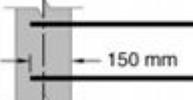
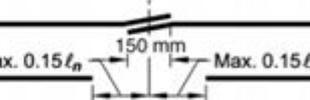
- Setelah semua momen statik didistribusikan ke lajur tengah dan lajur kolom, maka luas tulangan lentur untuk setiap momen positif dan negatif dapat dihitung dengan cara yang sama seperti pada penampang balok, dengan menggunakan persamaan :

$$M_u = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = R_u b d^2$$

- Setelah nilai R_u diperoleh, maka selanjutnya dapat dihitung rasio tulangan ρ , dengan menggunakan persamaan :

$$R_u = \phi \rho f_y \left(1 - \frac{\rho f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

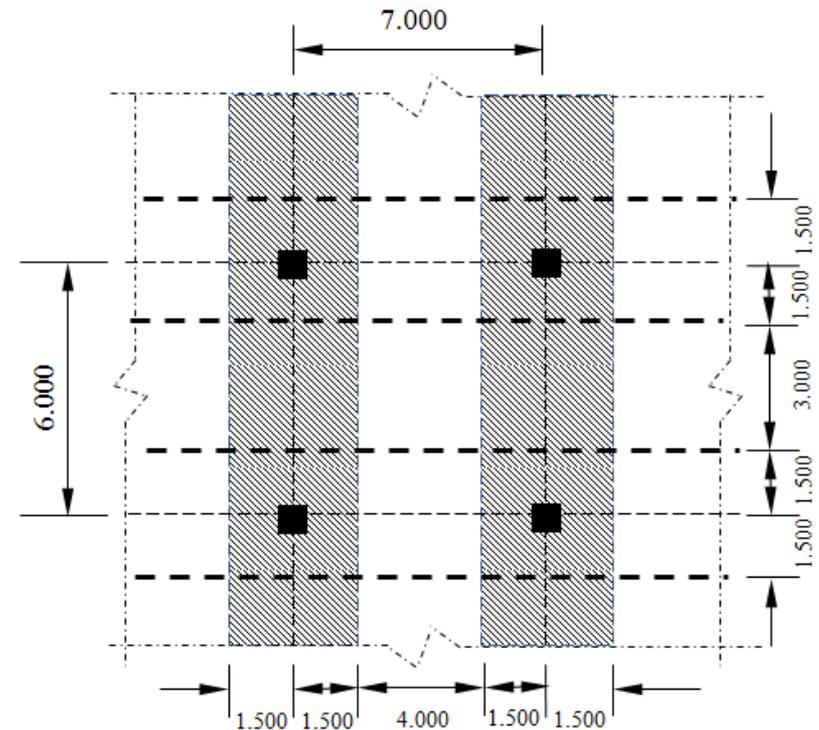
- Jarak antar tulangan tidak boleh melebihi batasan maksimum yaitu 450 mm atau dua kali ketebalan pelat, dipilih nilai yang lebih kecil dari keduanya.

Lajur	Lokasi	Persentase Minimum A_s	Tanpa Panel Setempat	Dengan Panel Setempat
Lajur Kolom	Atas	50%		
	Bawah	Sisanya		
			<p>Setidaknya ada dua tulangan atau kawat Dapat dilakukan penyambungan lewatan</p>	
Lajur Tengah	Atas	100%		
	Bawah	50%		
			<p>bentang bersih, l_k muka tumpuan jarak as ke as, l</p>	
			<p>Tumpuan luar (pelat berhenti) Tumpuan dalam (menerus) Tumpuan luar (pelat berhenti)</p>	

Gambar 12.9 Detail Tulangan Pada Pelat Tanpa Balok

Contoh 12.7

- Dengan menggunakan metode perencanaan langsung, desainlah panel lantai datar dalam (interior) seperti ditunjukkan dalam Gambar C.12.5 (Contoh 12.5). Sistem pelat tersebut terdiri dari empat panel dalam kedua arahnya, dengan ukuran pale pelat adalah $6,0 \times 7,0$ m. Setiap panel ditopang oleh kolom 500×500 mm, dengan panjang kolom $3,6$ m. Pelat memikul beban hidup merata sebesar $4,5 \text{ kN/m}^2$ dan beban mati tambahan sebesar $1,15 \text{ kN/m}^2$ (di luar berat sendiri pelat).
- Gunakan $f'_c = 27,5 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$.



Gambar C.12.7.a

Contoh 12.8

- Dengan menggunakan metode perencanaan langsung, desainlah panel lantai datar luar (eksterior) yang memiliki dimensi, beban, mutu beton dan baja yang sama seperti pada Contoh 12.7. Pada struktur ini tidak digunakan balok tepi.

