

PELAT DUA ARAH

SNI 2013

Mohd Isneini

C Niken

Pelat Beton Bertulang

Metoda Perencanaan Langsung

Metoda ini boleh digunakan sebagai cara pendekatan untuk analisis struktur pelat lantai beton (SNI 2013 Pasal 13.6.1:

- dengan atau tanpa balok-balok pendukung
- dengan beban vertikal (beban gravitasi, DL dan LL) terbagi merata
- yang mempunyai denah teratur dan memenuhi syarat-syarat sbb
 - (1) terdapat 3 atau lebih bentang dalam setiap arah
 - (2) Panel pelat berbentuk empat persegi panjang, dengan perbandingan sisi panjang dan sisi pendek (diukur dari pkp tumpuan) ≤ 2
 - (3) Panjang bentang yang berdekatan (diukur dari pkp tumpuan) dalam setiap arah, tidak boleh berbeda lebih dari $1/3$ bentang terpendek.
 - (4) Posisi kolom (pada sistim pelat tanpa balok) boleh meyimpang dari sumbu-sumbu kolom terdekat maksimum sejauh 10% dari panjang bentang dalam arah peyimpangan.

Metoda Perencanaan Langsung

(5) Jika terdapat balok-balok pendukung pada semua sisinya, kekakuan relatif balok dalam dua arah yang saling tegak lurus harus memenuhi:

$$0,2 \leq \frac{\alpha_1 \cdot l_2^2}{\alpha_2 \cdot l_1^2} \leq 5,0$$

Persyaratan ini tidak restriktif / mutlak.

- (6) beban hidup tidak melebihi 3 x beban mati (kecuali jika LL yang sama besar bekerja pada seluruh sistem plat pada waktu yang bersamaan).
- (7) Redistribusi momen (SNI 13.6.1.7) tidak berlaku

Jika persyaratan tersebut di atas tidak terpenuhi → hendaknya digunakan metoda portal ekuivalen (*Equivalent frame method*).



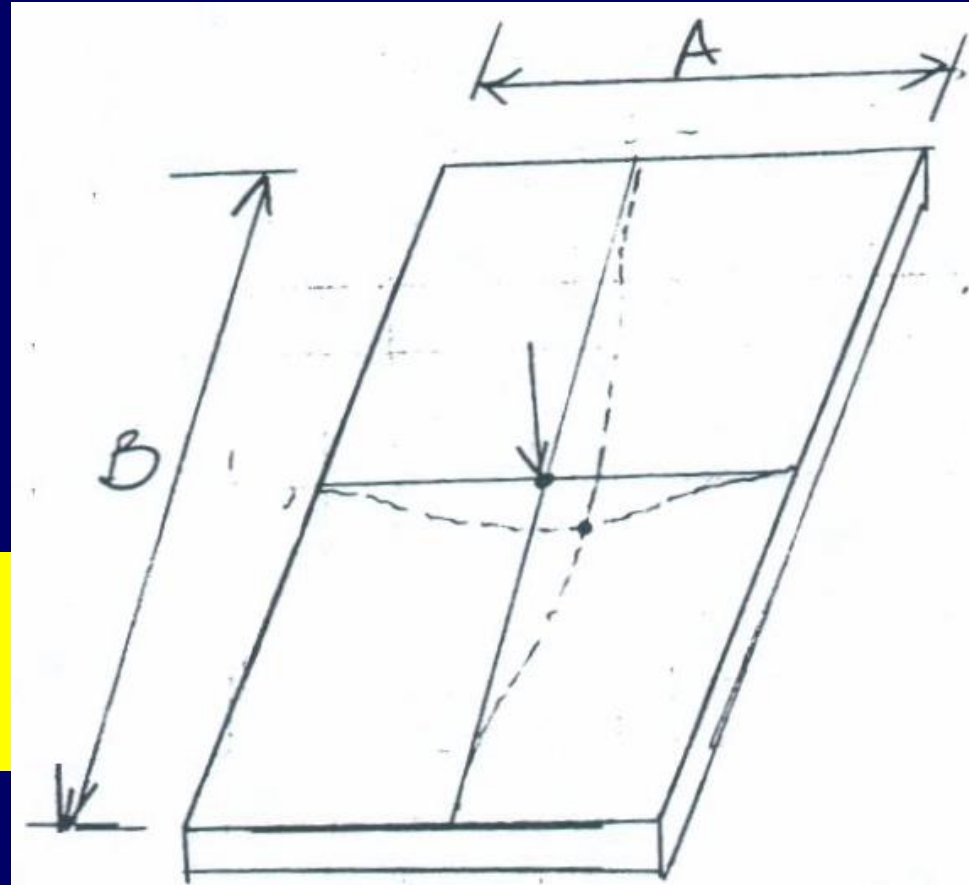
w_s = load taken by short direction

w_l = load taken by long direction

$$\delta_A = \delta_B$$

$$\frac{5w_s A^4}{384EI} = \frac{5w_l B^4}{384EI}$$

$$\frac{w_s}{w_l} = \frac{B^4}{A^4} \quad \text{For } B = 2A \Rightarrow w_s = 16w_l$$



Beban yang dipikul bentang pendek jauh lebih besar dari pada bentang panjang

Rule of Thumb: For $B/A > 2$, design as one-way slab

BILA:

$$2 < \frac{b_E}{b_W} < 4$$

dan

$$0.2 < \frac{t}{h} < 0.5$$

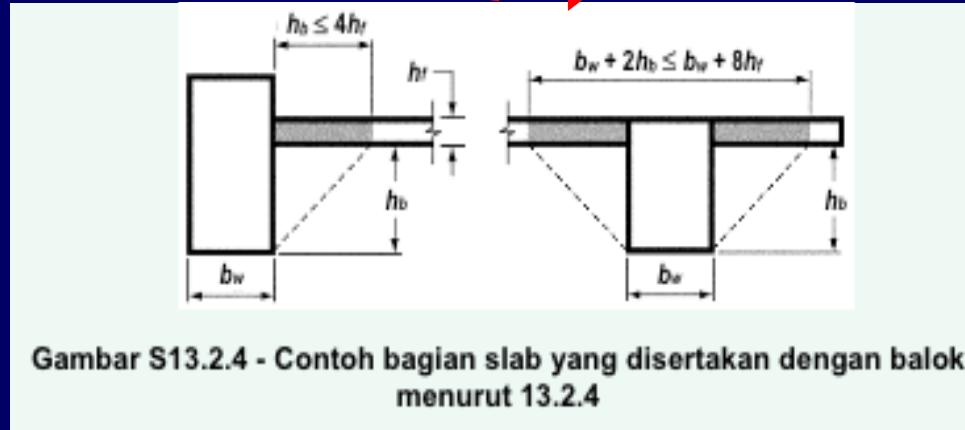
RUMUS k panjang

$$k = 1 + 0.2 \frac{b_E}{b_W}$$

LENTUR

PUNTIR

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$$



$$\beta_t = \frac{E_{cb} C}{2 E_{cs} I_{cs}}$$

Pelat yg menempel pd balok yg ditinjau diluar b_E

Nilai jepit tepi pelat terhadap lentur

$$I = k \cdot 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$C = \sum (1 - 0.63 x/y) x^3 y / 3$$

Koef puntir

Kt mhsw:
pilih yg
besar

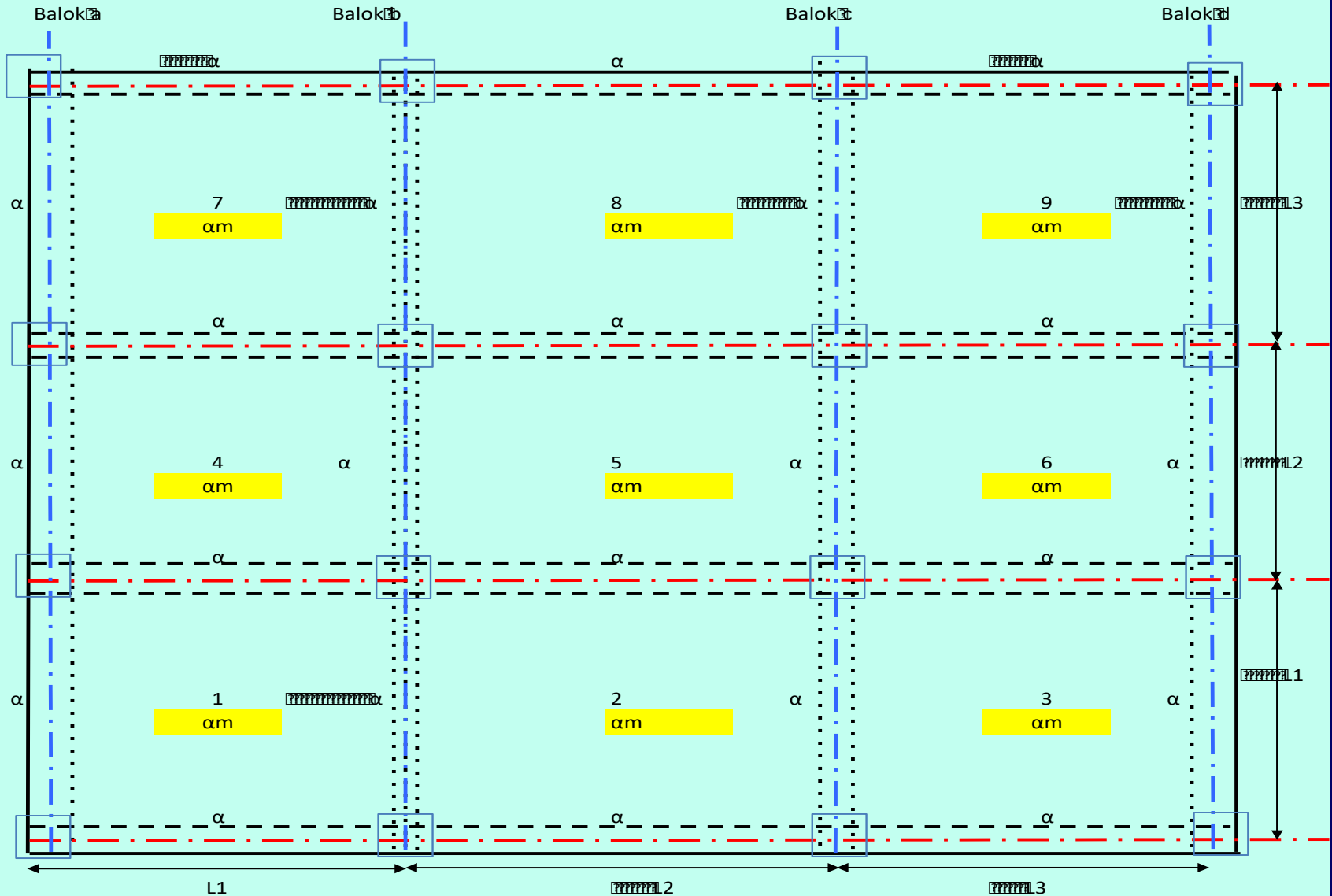
$$f_r = 0.7 \sqrt{f'_c}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left(4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right)}{1 + \left(\frac{b_E}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

$$\alpha_{\text{pelat}} = \alpha_m = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) / 4$$



SNI 2019: 8.3.1

TEBAL PELAT

$$\alpha_m \leq 0.2$$

Berarti tanpa balok interior

Tanpa panel $\rightarrow h \geq 125 \text{ mm}$

Dengan panel $\rightarrow h \geq 100 \text{ mm}$

Tabel 8.3.1.1 – Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm)^[1]

f_y , MPa ^[2]	Tanpa <i>drop panel</i> ^[3]			Dengan <i>drop panel</i> ^[3]		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]	
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	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

$$0.2 \leq \alpha_m \leq 2$$

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

$$h \geq 125 \text{ mm}$$

$$\alpha_m > 2$$

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

$$\beta = l_{yn} / l_{xn}$$

•Ketebalan Minimum Pelat

SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2 menentukan ketebalan minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih. Karena perhitungan lendutan dari pelat dua arah cukup rumit, dan untuk mencegah lendutan yang besar, maka ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus empiris sebagai berikut :

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

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)} \quad \text{Namun tidak kurang dari 125 mm} \quad (1)$$

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

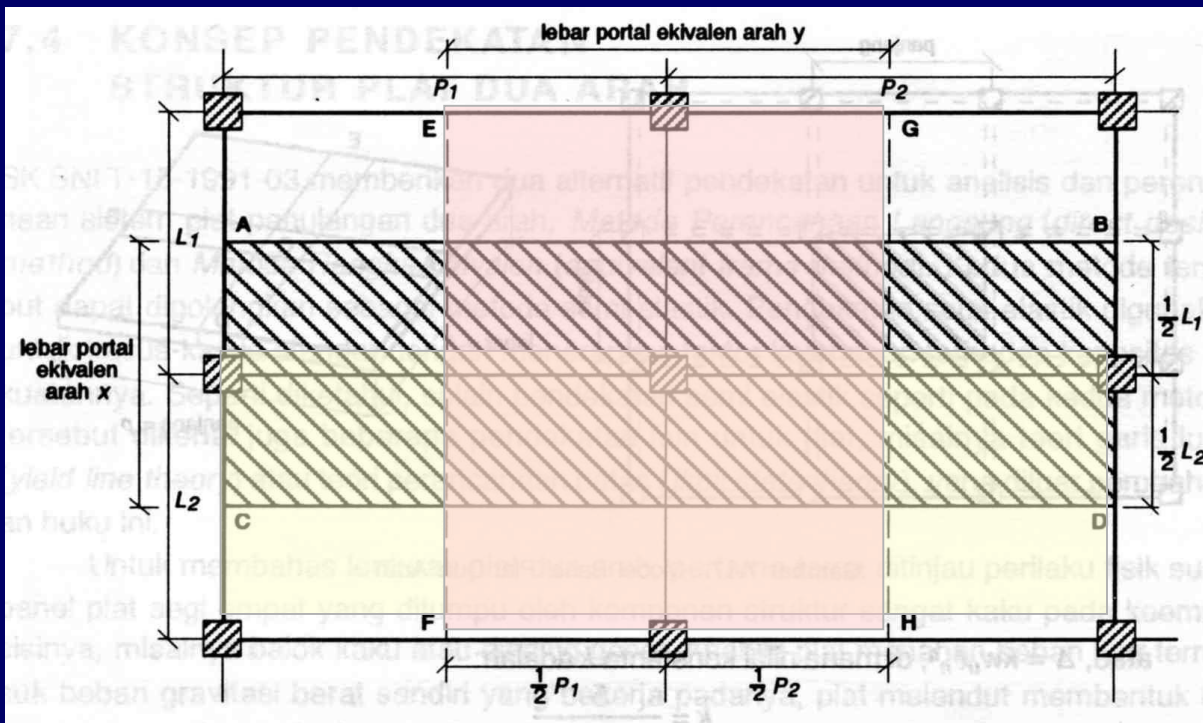
$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad \text{Namun tidak kurang dari 90 mm.} \quad (2)$$

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

h = ketebalan minimum pelat tanpa balok (Tabel 8.3.1.1 SNI 2847:2019)

RANGKA PORTAL IDEALISASI

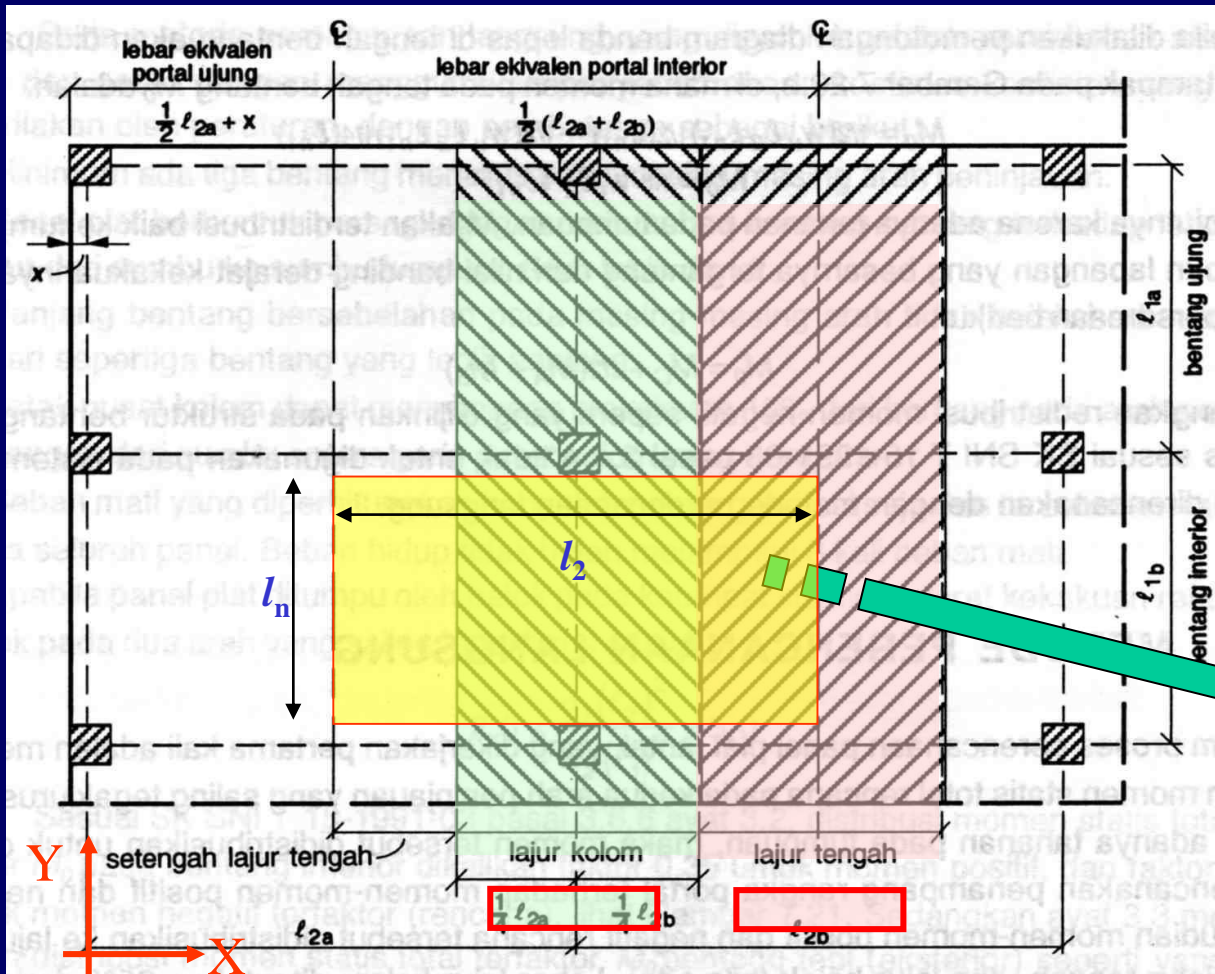
Dalam metoda ini digunakan rangka portal idealisasi yang diperoleh dengan pemotongan fiktif vertikal pada seluruh bangunan di sepanjang garis tengah antara kolom-kolom.



Analisis struktur dilakukan pada rangka portal idealisasi, yg terdiri dari balok2 atau plat ekuivalen dan kolom2. Jadi **pelat ditinjau sebagai bagian dari balok-balok** pada rangka portal tersebut.

Dipilih salah satu salah satu portal, misalnya arah y

LAJUR KOLOM DAN LAJUR TENGAH



l_1 = panjang panel pada arah momen yang ditinjau

l_2 = panjang pd arah tegak lurus l_1

l_n = bentang bersih (jarak antar muka kolom, kepala kolom, dinding dst.) dan harus lebih besar dari $0,65 l_1$.

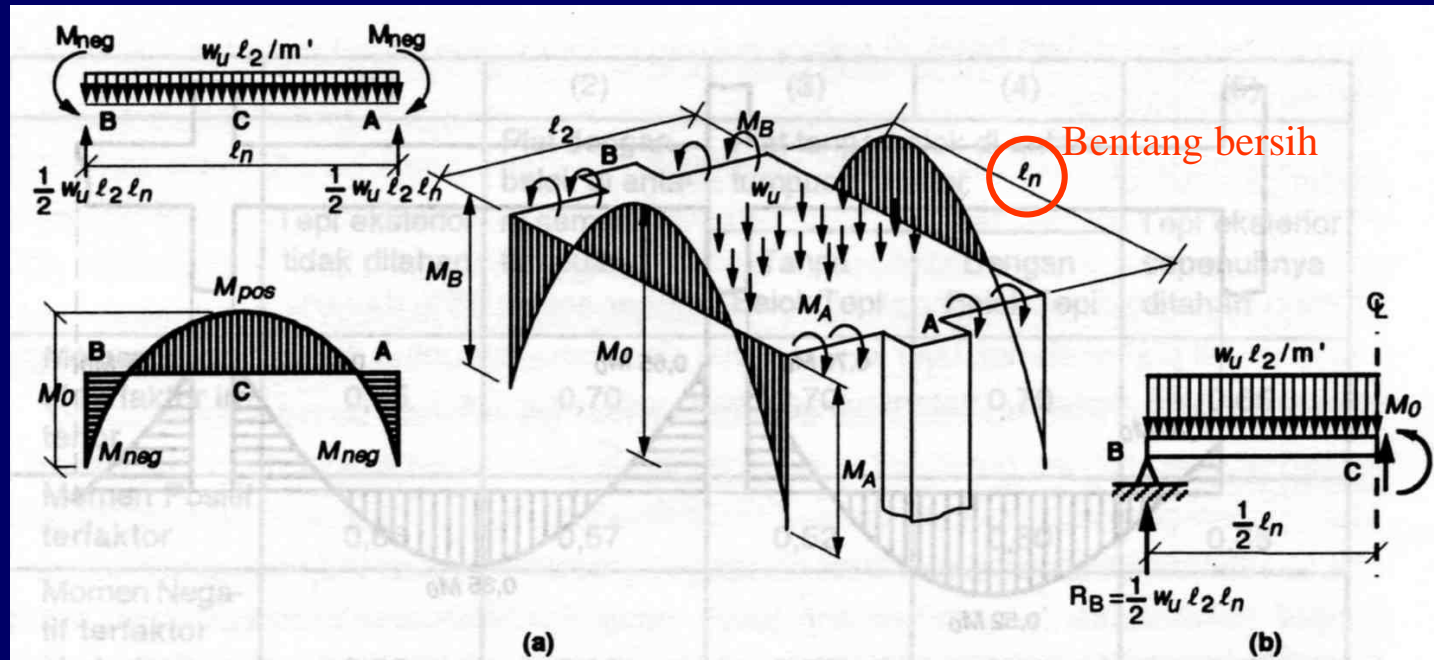
Panel yang ditinjau dalam menghitung M_o untuk arah melintang bangunan (sb.y)

Lajur kolom $0.25 l_1$ atau $0.25 l_2 \rightarrow$ pilih yg kecil (SNI 2013: 13.2)

Pelat Beton Bertulang

Metoda Perencanaan Langsung

MOMEN STATIS TOTAL TERFAKTOR M_o



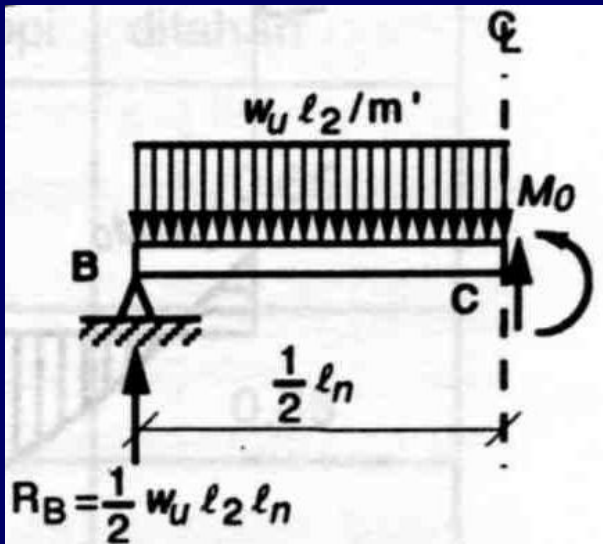
Karena simetris maka momen dan gaya geser di seluruh tepi segmen terpotong bernilai sama.

Jika pada ujung2 A & B tidak terdapat tahanan, panel plat dapat dianggap sebagai balok dengan tumpuan sederhana dalam arah bentang l_n .

Pelat Beton Bertulang

Metoda Perencanaan Langsung

MOMEN STATIS TOTAL TERFAKTOR



Dari FBD ini dapat dihitung M_o sbb.:

$$M_o = \frac{1}{2} (w_u \cdot l_2 \cdot l_n) \cdot \frac{1}{2} (l_n) - \frac{1}{2} (w_u \cdot l_2 \cdot l_n) \cdot \frac{1}{4} (l_n)$$

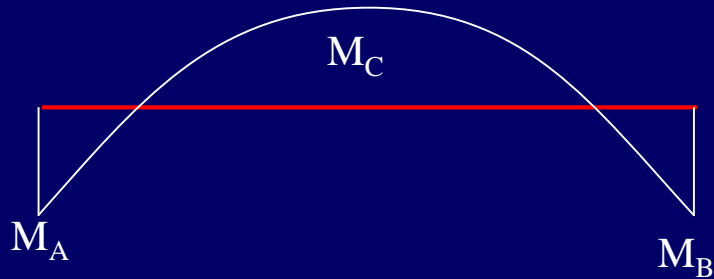
$$M_o = \frac{w_u \cdot l_2 \cdot l_n^2}{8}$$

Pasal 13.6.2 SNI 2013:

- bila bentang pd arah yg ditinjau berbeda, diambil rata-rata dr 2 bentang
- $l_n \geq 0.65 l$
- Momen yang dipakai sbg dasar perhitungan adalah pada penampang kritis
- Spasi tulangan pd penampang kritis ≤ 2 tebal pelat
- Bila pelat tidak menerus maka tulangan M positif harus diteruskan dan dikaitkan ke balok terdekat

Selanjutnya M_o didistribusikan ke tumpuan dan ke lapangan menurut nilai banding kekakuannya:

$$M_o = M_C + \frac{1}{2} (M_A + M_B)$$



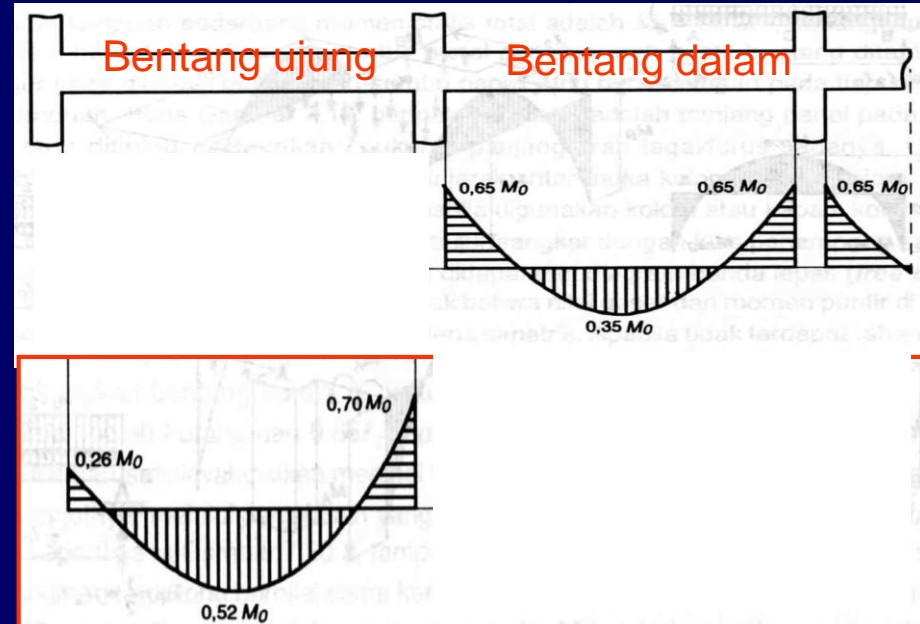
DISTRIBUSI MOMEN TOTAL TERFAKTOR M_o (SNI 2013 Pasal 13.6.3)

PADA ARAH LONGITUDINAL (ARAH BENTANG YG DITINJAU)

(1) Bentang dalam:

- Momen terfaktor negatif = $0,65 \cdot M_o$
- Momen terfaktor positif = $0,35 \cdot M_o$

(2) Bentang tepi (ujung)



13.6.3.3 Pada bentang ujung, momen statis terfaktor total, M_o , harus didistribusikan sebagai berikut:

	(1)	(2)	(3)		(4)	(5)
	Tepi eksterior tak-terkekang	Slab dengan balok di antara semua tumpuan	Slab tanpa balok di antara tumpuan interior		Dengan balok tepi	Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa balok tepi			
Momen terfaktor negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65
Momen terfaktor positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,50	0,35
Momen terfaktor negatif eksterior	0	0,16	0,26	0,30	0,30	0,65

M terfaktor bentang dalam & M terfaktor bentang ujung



JALUR KOLOM

% dari $M^{\text{neg}}_{\text{interior}}$
% dari $M^{\text{pos}}_{\text{terfaktor}}$

Bag tepi slab: dr momen terfaktor^{neg} eks

→ sisa

β

JALUR TENGAH kiri
JALUR TENGAH kanan

BALOK

% dari jalur kolom

$\alpha_1 \cdot l_2 / l_1 \geq 1 \rightarrow 85\%$

$0 < \alpha_1 \cdot l_2 / l_1 < 1,0 \rightarrow 0\% - 85\%$

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$$

JALUR KOLOM

MOMEN TERFAKTOR PADA LAJUR KOLOM (PASAL 13.6.4.1):

Untuk plat **interior** → lajur kolom harus direncanakan mampu memikul Momen negatif sbb. (dinyatakan dalam % dari momen negatif terfaktor interior):

l_2 / l_1	0,5	1,0	2,0
$\alpha_1 \cdot l_2 / l_1 = 0$	75%	75%	75%
$\alpha_1 \cdot l_2 / l_1 \geq 1$	90%	75%	45%

Kpn alfa $l_2/l_1 = 0$

LAJUR KOLOM BALOK TEPI/TEPI SLAB

Pada lajur kolom bisa terjadi ketidak seimbangan beban, dan pada balok tepi, tepi slab beban yang ada tidak ada yang mengimbangi, maka:

PASAL 13.6.3.5: Balok tepi/ tepi slab harus direncanakan menahan momen puntir

PASAL 13.4.2.: Lajur kolom harus direncanakan dg mempertimbangkan puntir

Untuk plat **eksterior** → lajur kolom harus direncanakan mampu memikul Momen negatif sbb. (dinyatakan dalam % dari momen negatif terfaktor eksterior):

l_2 / l_1		0,5	1,0	2,0
$\alpha_1 \cdot l_2 / l_1 = 0$	$\beta_t = 0$	100%	100 %	100 %
	$\beta_t \geq 2,5$	75%	75%	75%
$\alpha_1 \cdot l_2 / l_1 \geq 1$	$\beta_t = 0$	100%	100 %	100 %
	$\beta_t \geq 2,5$	90%	75%	45%

Bila portal yg ditinjau U-S → C yg dihitung dr balok B-T

MOMEN TERFAKTOR PADA LAJUR KOLOM:

Lajur kolom harus direncanakan mampu memikul momen positif sbb. (dinyatakan dalam % dari momen positif terfaktor) Pasal 13.6.4.4:

l_2 / l_1	0,5	1,0	2,0
$\alpha_1 \cdot l_2 / l_1 = 0$	60%	60%	60%
$\alpha_1 \cdot l_2 / l_1 \geq 1$	90%	75%	45%

Bs dipakai interpolasi

MOMEN TERFAKTOR PADA BALOK (Pasal 13.6.5):

Balok yang terdapat di antara tumpuan/kolom harus direncanakan mampu mendukung momen sebesar:

- 85% momen terfaktor pada lajur kolom, apabila $\alpha_1 \cdot l_2 / l_1 \geq 1$
- Interpolasi linier antara 0% - 85% momen terfaktor pada lajur kolom, apabila $0 < \alpha_1 \cdot l_2 / l_1 < 1,0$.

JALUR TENGAH

MOMEN TERFAKTOR PADA LAJUR TENGAH (Pasal 13.6.6):

- Bagian dari momen terfaktor negatif dan positif yang tidak dipikul oleh lajur kolom, harus dipikul oleh setengah lajur tengah di sebelah kiri-kanan lajur kolom ybs.
- Lajur tengah harus direncanakan mampu mendukung jumlah momen yang disumbangkan oleh masing2 setengah lajur tengah yang berdampingan.
- Dekat dan // dinding menahan $2x M_{\text{setengah lajur tengah}}$

MODIFIKASI MOMEN TERFAKTOR:

- Momen terfaktor negatif dan positif boleh dimodifikasi sebesar 10%, asalkan momen total terfaktor M_o untuk suatu panel dalam arah yang ditinjau tidak kurang dari jumlah yang disyaratkan, yaitu:

$$M_o = \frac{w_u \cdot l_2 \cdot l_{n1}^2}{8}$$

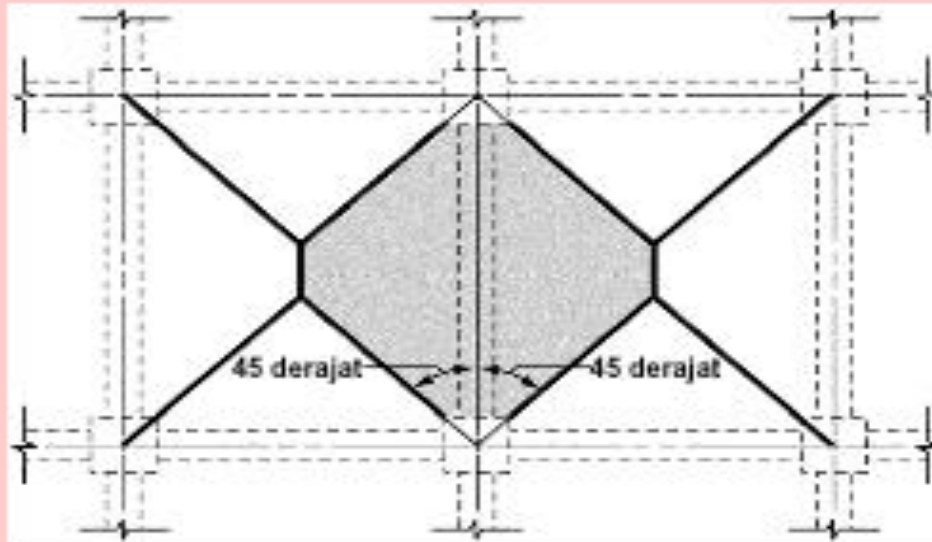
GESER

$$\alpha l_2/l_1 \geq 1$$

Geser krn beban tributari dihitung

Pasal 13.6.8.4

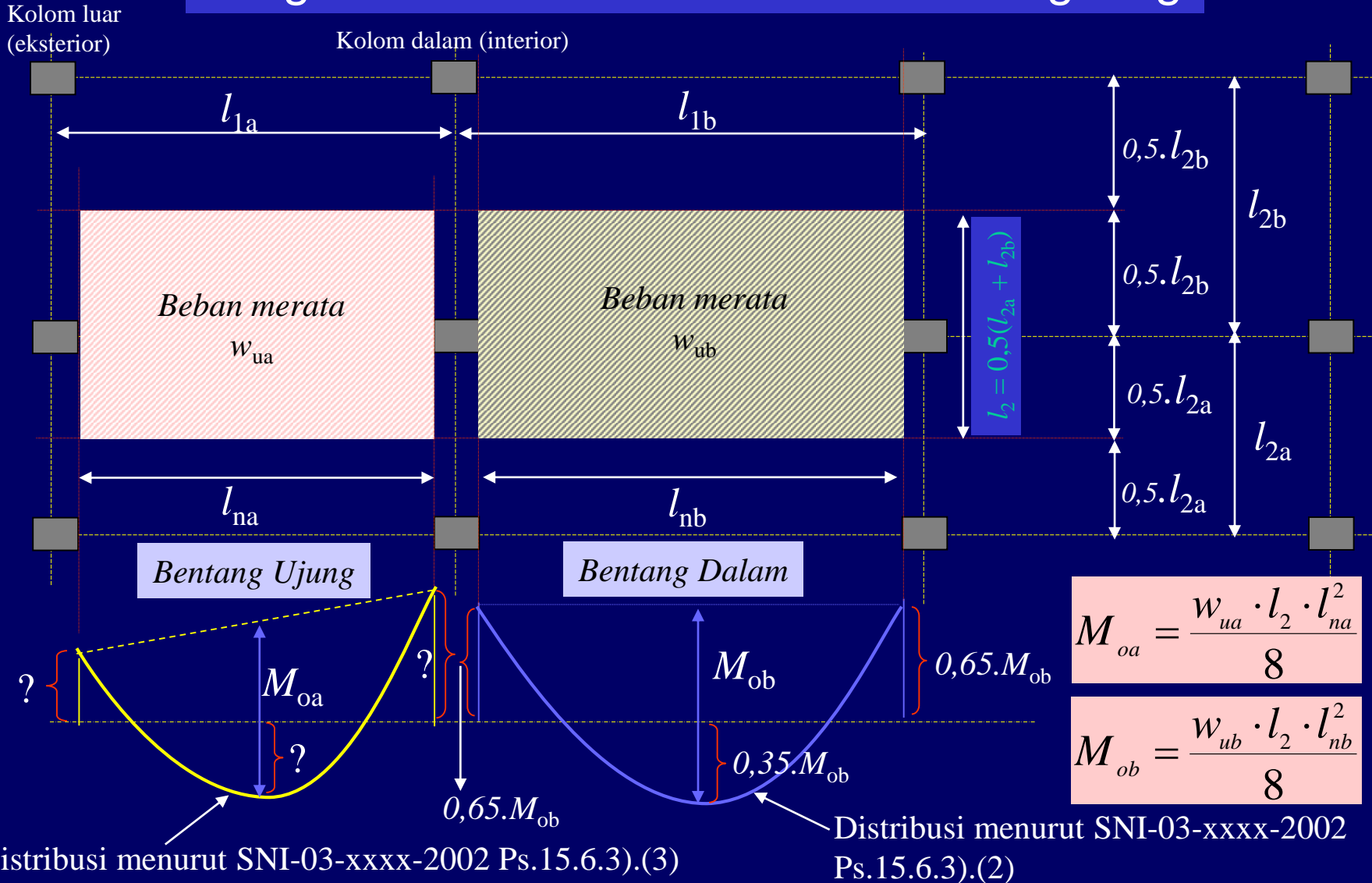
Beban didistribusikan ke balok penumpu



Gambar S13.6.8 - Daerah tributari untuk geser pada balok interior

Pelat Beton Bertulang

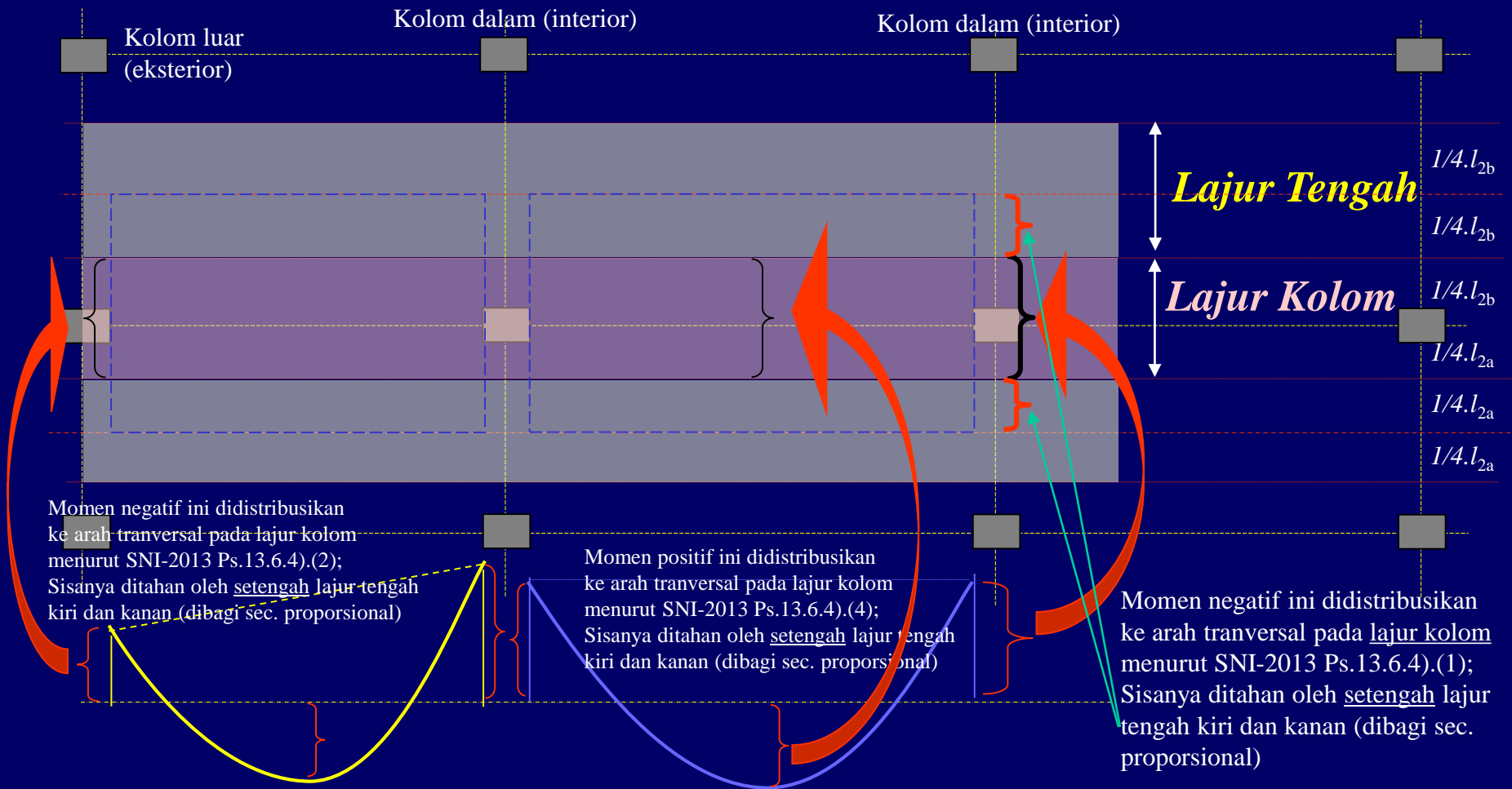
Ringkasan: Metoda Perencanaan Langsung



Pelat Beton Bertulang

Ringkasan: Metoda Perencanaan Langsung

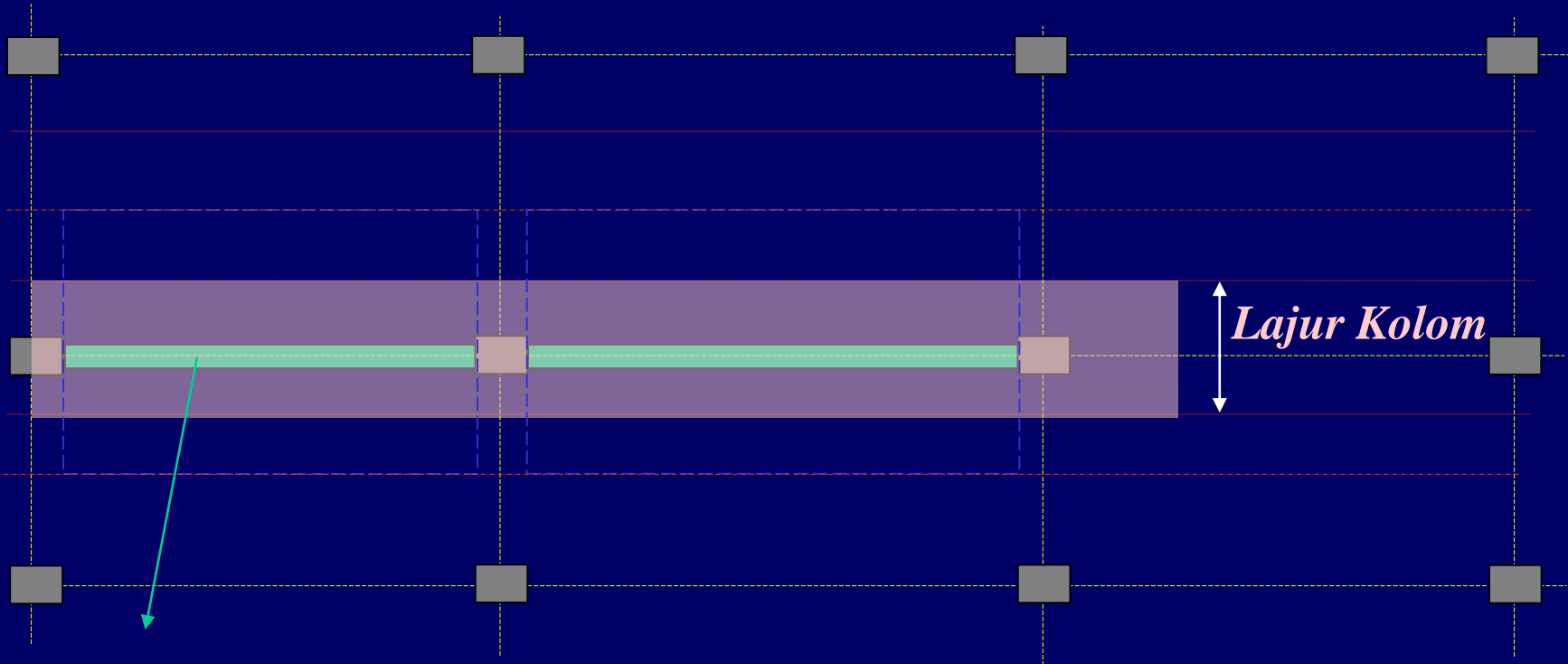
Selanjutnya momen M_o yang telah didistribusikan ke arah longitudinal (searah bentang yang ditinjau) tersebut, hasilnya didistribusikan ke arah transversal (pada lajur kolom dan lajur tengah) sbb.:



Pelat Beton Bertulang

Ringkasan: Metoda Perencanaan Langsung

Jika diantara kolom-kolom (tumpuan) terdapat balok monolit:



Jika diantara kolom-kolom (tumpuan) terdapat balok monolit:

maka balok ini harus direncanakan mampu menahan **85%** momen pada lajur kolom tsb. bila $(\alpha_1 l_2/l_1) \geq 1,0$; 15% sisanya didukung oleh pelat pada lajur kolom tersebut.

Untuk $0 < (\alpha_1 l_2/l_1) < 1,0$: bagian momen yang dipikul oleh balok dapat diinterpolasi linier dari nol s/d 85%.

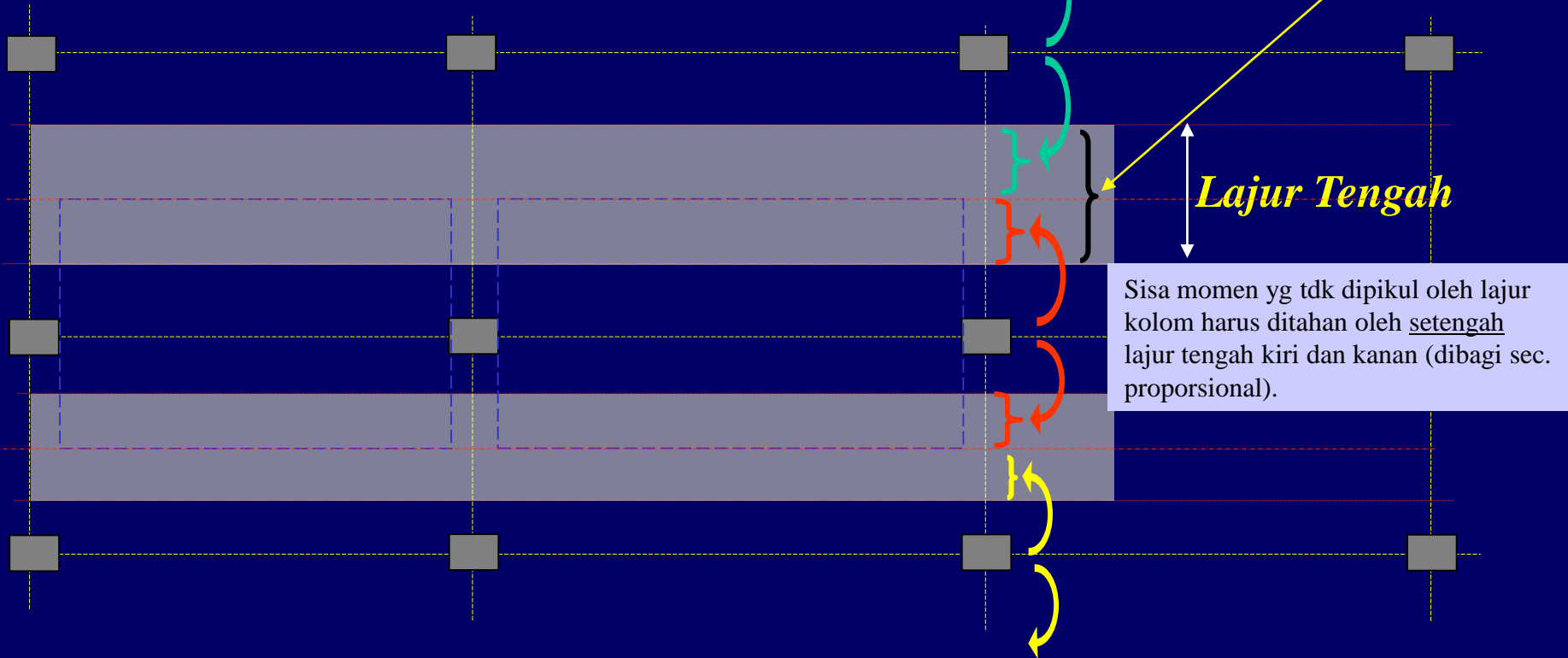
Selain itu, balok harus juga memikul beban2 lain yang langsung bekerja pada balok tsb., termasuk berat sendiri bagian balok yg menonjol di bawah/atas pelat.

Pelat Beton Bertulang

Ringkasan: Metoda Perencanaan Langsung

Distribusi momen arah transversal pada lajur tengah.:

Sisa momen yg tdk dipikul oleh lajur kolom harus ditahan oleh setengah lajur tengah kiri dan kanan (dibagi sec. proporsional). Sebuah lajur tengah harus direncanakan mampu memikul **jumlah** momen yang disumbangkan oleh kedua setengah-jalur-tengah yang bersebelahan.

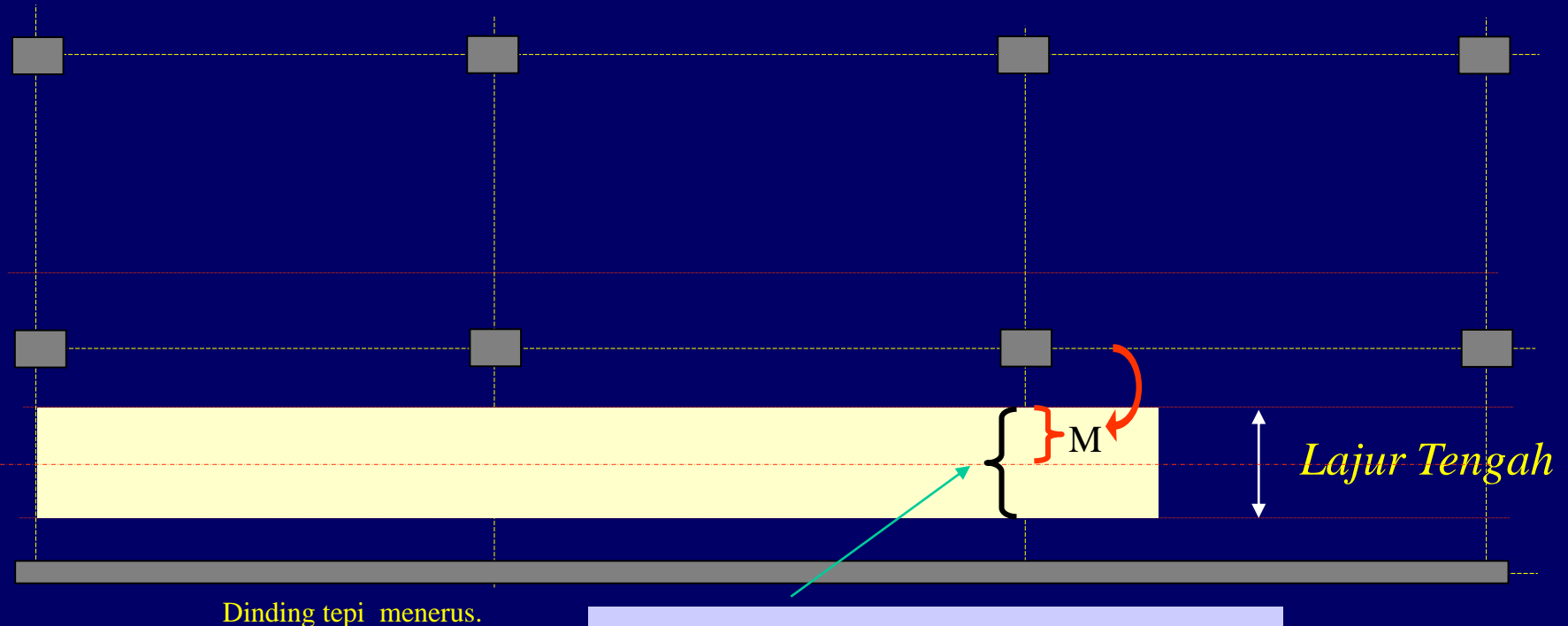


Pelat Beton Bertulang

Ringkasan: Metoda Perencanaan Langsung

Distribusi momen arah transversal pada lajur tengah.:

Suatu lajur tengah yang berdekatan dan sejajar dengan suatu tepi yang ditumpu oleh dinding harus direncanakan mampu memikul **dua kali momen** yang dibagikan pada setengah lajur tengah yang berdekatan dengan baris pertama dari tumpuan dalam.



Dinding tepi menerus.

Lajur tengah ini harus direncanakan mampu mendukung momen sebesar $2M$

PENULANGAN

Pasal 13.3.8.5: Pada jalur kolom, semua tulangan bawah harus menerus
Minimum 2 tulangan bawah tersebut harus diangkur ke tumpuan eksterior

PELAT TANPA BALOK

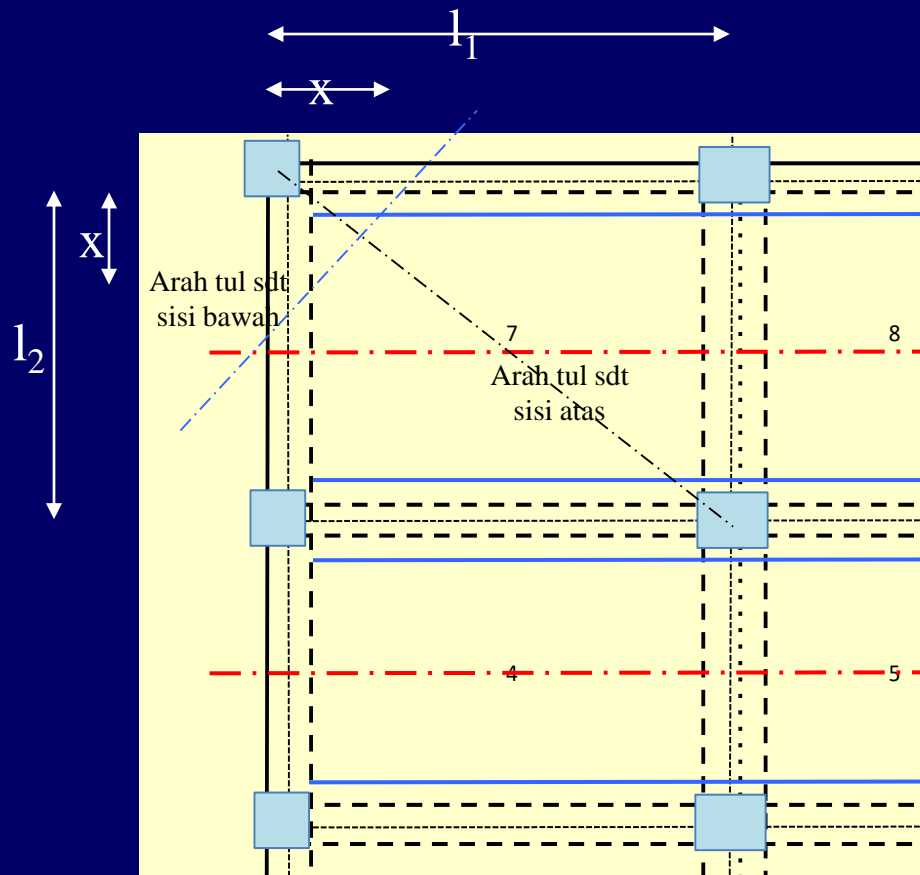
LAJUR	LOKASI	A_s MINIMUM PADA PENAMPANG	TANPA PANEL TURUN	DENGAN PANEL TURUN
LAJUR KOLOM	ATAS	SISA 50%		
	BAWAH	100%		
LAJUR TENGAH	ATAS	100%		
	BAWAH	SISA 50%		
			<p>Bentang bersih - ℓ_n Muka pendukung Pusat ke pusat bentang</p>	<p>Bentang bersih - ℓ_n Muka pendukung Pusat ke pusat bentang</p>
			Pendukung eksterior (Tanpa slab menerus)	Pendukung interior (Terdapat slab menerus)
				Pendukung eksterior (Tanpa slab menerus)

Jika tinggi pelat memungkinkan, tulangan bs pakai kait/dibengkokkan

SUDUT EKSTERIOR

SNI 13.3.6

Ditumpu dinding atau salah satu balok mempunyai $\alpha_f > 1$



-Harus ada tulangan atas dan bawah pd sudut

- Pada sisi atas: parallel thd diagonal

- Pada sisi bawah: tegak lurus thd diagonal

- X : daerah tulangan sudut

$$X = 0.2 l_1 \text{ bila } l_1 > l_2$$

$$X = 0.2 l_2 \text{ bila } l_2 > l_1$$