

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Menurut Ali Asroni (2010), beton di bentuk oleh campuran antara beberapa macam bahan yaitu air, semen, pasir, dan batu. Terkadang beton juga dicampurkan dengan bahan lain seperti *admixture* yang dapat menambah kekuatannya.

2.2 Keunggulan dan Kelemahan Pemakaian Bahan Beton

Menurut Ali Asroni (2010), beton pada zaman sekarang sering digunakan sebagai bahan untuk struktur utama pada bangunan.

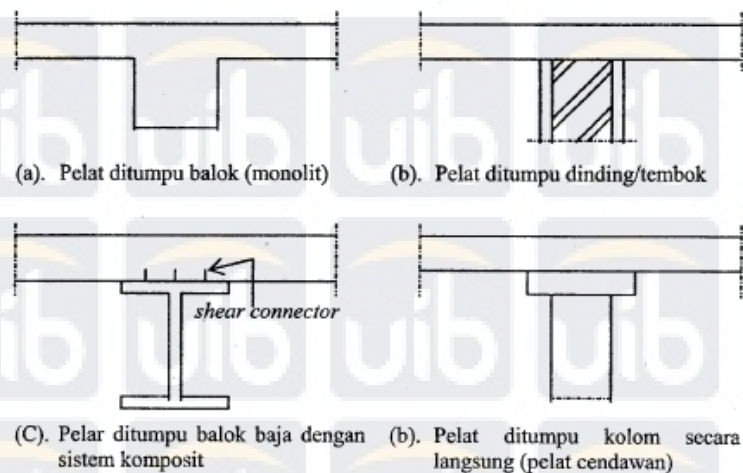
- Keunggulan beton sebagai bahan konstruksi, yaitu:
 1. Beton tahan terhadap api dan tahan aus.
 2. Beton sangat kuat terhadap beban getaran seperti gempa bumi, angin dan lain-lain.
 3. Beton memiliki bentuk yang *flexible* sehingga dapat dibentuk dalam berbagai macam bentuk.
 4. Beton memiliki biaya perawatan yang kecil.
- Kelemahan beton sebagai bahan konstruksi, yaitu:
 1. Kekuatan tarik beton sangat kecil, sehingga diperlukan tulangan.
 2. Konstruksi menggunakan bahan beton itu berat, sehingga pengerjaannya membutuhkan alat berat untuk bangunan tinggi.
 3. Konstruksi beton bersifat permanen.

2.3 Definisi Struktur Pelat Beton Bertulang

Pelat beton bertulang adalah struktur bangunan yang memiliki ketebalan tipis terbuat dari beton dan tulangan besi untuk menahan beban yang bekerja di atasnya. Ketebalan pelat beton sangat kecil jika di bandingkan dengan panjang dan lebar pelat nya. Pelat beton memiliki manfaat untuk pengkaku portal struktur.

2.4 Tumpuan Pelat

Pelat yang digunakan untuk bangunan gedung biasanya di tumpu oleh balok dan dicor secara bersamaan atau ditumpu oleh dinding yang diletakkan di atasnya kemungkinan lain pelat ditumpu oleh balok baja sehingga menjadi baja komposit atau pelat langsung ditumpu oleh kolom.



Gambar 2.1 Tumpuan Pelat

2.5 Jenis Perletakan Pelat pada Balok

Menurut Ali Asroni (2010), perletakan pelat terhadap balok dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Terletak bebas

Keadaan ini terjadi jika pelat diletakkan begitu saja di atas balok, atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama, sehingga pelat dapat

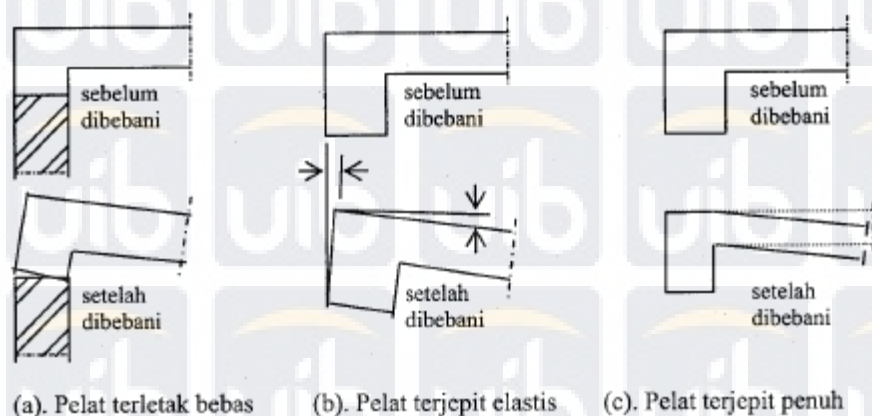
berotasi bebas pada tumpuan tersebut. Pelat yang ditumpu oleh tembok juga termasuk dalam kategori terletak bebas.

2. Terjepit elastis

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil, sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi pelat.

3. Terjepit penuh

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, ukuran balok cukup besar, sehingga mampu untuk mencegah terjadinya rotasi pelat.



Gambar 2.2 Perletakan Pelat pada Balok

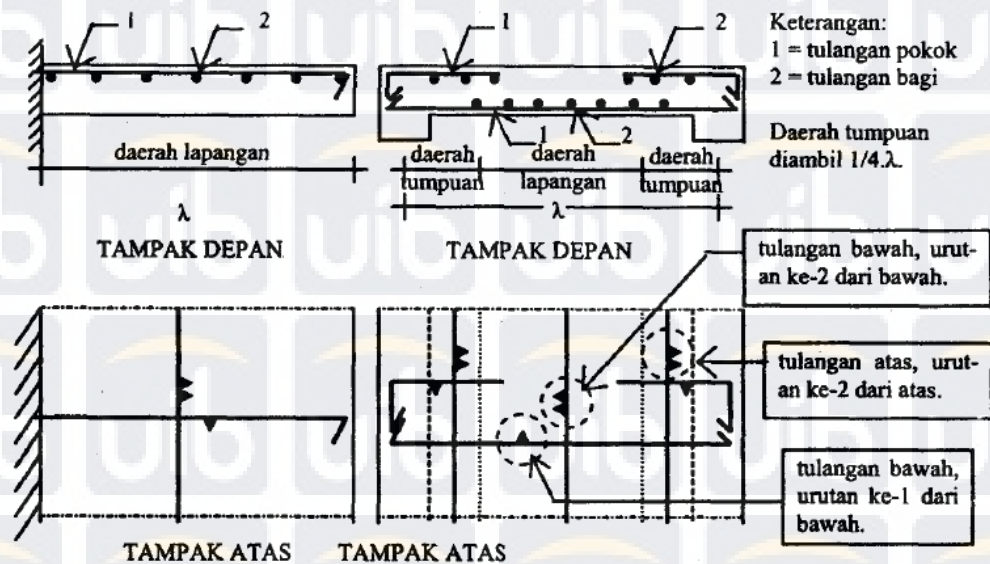
2.6 Sistem Penulangan Pelat

Penulangan pada pelat dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu pelat dengan tulangan pokok satu arah dan pelat dengan tulangan pokok dua arah.

2.6.1 Penulangan pelat satu arah

Pelat ini banyak ditemukan untuk pelat beton yang menahan beban dan momen dalam satu arah. Contohnya pelat kantilever. Karena hanya menahan beban dan momen dalam satu arah maka untuk tulangan yang dipasang cukup 1

arah searah dengan bentang yang terpanjang. Agar posisi tulangan pokok tidak mengalami perubahan perlu menggunakan tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus dengan tulangan utama atau disebut juga tulangan bagi.

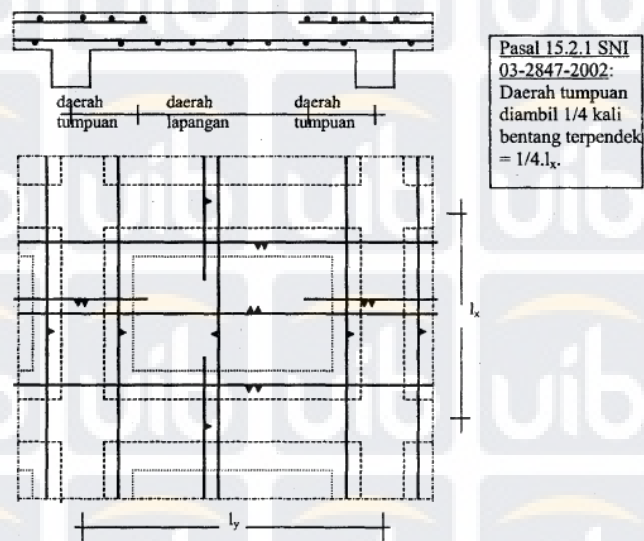


Gambar 2.3 Pelat dengan penulangan pokok 1 arah

2.6.2 Penulangan Pelat dua arah

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini banyak dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contohnya pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar.

Karena momen lentur bekerja pada dua arah, yaitu searah dengan bentang I_x dan bentang I_y , maka tulangan pokok juga dipasang pada 2 arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu tulangan bagi. Bentang I_y selalu dipilih $\geq I_x$, tetapi momennya M_{I_y} selalu $\leq M_{I_x}$, sehingga tulangan arah I_x dipasang di dekat tepi luar.

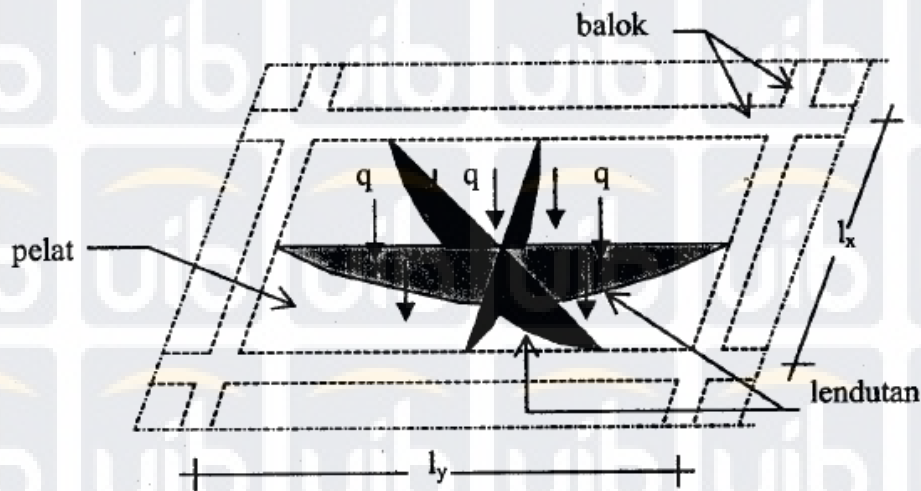


Gambar 2.4 Pelat dengan tulangan pokok 2 arah

2.7 Pelat dengan Empat Tumpuan Saling Sejajar

Pelat ini termasuk kategori kedalam pelat dua arah karena pelat dengan 4 tumpuan sejajar menahan momen dan beban dalam dua arah. Beban merata yang terjadi di pelat menyebabkan lendutan yang besar yang berada di tengah bentang yang tersebar menyeluruh ke semua arah yang mengakibatkan lendutan yang semakin kecil ketika mendekati tumpuan.

Cara yang baik untuk menghitung/menentukan besar momen lentur ialah dengan analisis tiga dimensi. Tapi analisis tiga dimensi ini tidak praktis, maka para perancang bangunan gedung dalam menghitung momen lentur lebih menyukai menggunakan tabel-tabel dari hasil hitungan para ahli struktur yang telah dipublikasikan.



Gambar 2.5 Lendutan pada pelat dengan bentang dua arah

2.8 Tabel Hitungan untuk Pelat

Berdasarkan tabel pelat dari PBI-1971, momen lentur dibedakan menurut 3 jenis tumpuan, yaitu: terletak bebas, menerus atau terjepit elastis, dan terjepit penuh. Besar momen lentur dihitung dengan rumus berikut :

$$M_i = 0,001 \times C_i \times q \times l_x^2$$

Dengan

Subscript i = menunjukkan arah bentang yang ditinjau (l_y atau l_x)

C_i = koefisien momen sesuai arah bentang i , yang tercantum pada tabel PBI-1971

q = beban terbagi rata yang bekerja pada pelat, kN/m^2

l_x = bentang arah x (bentang pada sisi pelat yang pendek), m.










l_y = bentang arah y (betang pada sisi pelat yang panjang), m.



Tabel 2.1 Momen di dalam Pelat yang Menumpu pada Keempat Tepinya akibat Beban Terbagi Rata

		l_y / l_x	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5	
I lx		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25	
II lx		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	25	28	31	34	36	37	40	40	40	41	41	41	42	42	42	42	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
III		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	13	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79
IVA		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125	
IVB		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
VA		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125	
VB		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	60	61	61	62	63	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125	
VIA		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79
VIB		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Keterangan : = Terletak bebas
 = Terjepit penuh

Tabel 2.1 (Lanjutan)

		l_y / l_x	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5	
I		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25	
II		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	15	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	
III		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	19	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	56	
IVA		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	25
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	
IVB		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	13	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
VA		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	25	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	75	
VB		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
VIA		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	19	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	56	
VIB		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63	
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	13	
		$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	62	63	63	63	63	63	
		$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	38	

Keterangan :  = Terletak bebas
 = Menerus atau terjepit elastis

2.9 Pembebanan pada Pelat Lantai

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1983

pembebanan memiliki beberapa jenis beban yaitu :

- Beban mati merupakan berat dari seluruh bagian dari gedung yang bersifat tetap/tidak bergerak.
- Beban hidup adalah beban yang disebabkan aktifitas atau penggunaan suatu gedung.

Elemen-elemen pembebanan plat lantai, yaitu:

- Beban hidup (untuk rumah tinggal) = 200 kg/m²
- Lantai dari ubin per cm tebal = 24 kg/m²
- Beban spesi per cm tebal = 21 kg/m²
- Beban plafond + rangka = 18 kg/m²
- Beban MEP = 25 kg/m²
- Berat jenis beton bertulang = 2400 kg/m³

2.10 Perencanaan Tulangan Pelat

2.10.1 Pertimbangan dalam perhitungan tulangan

Pada perencanaan pelat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan/ketentuan sebagai berikut:

- 1) Pada perhitungan pelat, lebar pelat diambil 1 meter ($b = 1000 \text{ mm}$)
- 2) Panjang bentang (λ) (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)
 - a) Pelat yang tidak menyatu dengan struktur pendukung:

$$\lambda = \lambda_n + h \text{ dan } \lambda \leq \lambda_{\text{as-as}}$$

- b) Pelat yang menyatu dengan struktur pendukung

Jika $\lambda_n \leq 3,0 \text{ m}$, maka $\lambda = \lambda_n$

Jika $\lambda_n > 3,0 \text{ m}$, maka $\lambda = \lambda_n + 2 \times 50 \text{ mm}$ (PBI-1971)

- 3) Tebal minimal pelat (h) (Pasal 11.5. SNI 03-2847-2002):

- a) Untuk pelat satu arah (Pasal 11.5.2.3 SNI 03-2847-2002), tebal minimal pelat dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Tinggi (h) minimal balok non pratekan atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tinggi minimal, h			
	Dua tumpuan	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak karena lendutan yang besar			
Pelat solid satu arah	L/20	L/24	L/28	L/10
balok atau pelat jalur satu arah	L/16	L/18,5	L/21	L/8

- b) Untuk pelat dua arah (Pasal 11.5.3 SNI 03-2847-2002), tebal minimal pelat bergantung pada $\alpha_m = \alpha$ rata-rata, α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan rumus berikut:

$$\alpha = \frac{E_{cb}/I_b}{E_{cp}/I_p}$$

1) Jika $\alpha_m < 0,2$ maka $h \geq 120$ mm

2) Jika $0,2 < \alpha_m < 2$ maka

$$h = \frac{\lambda_n(0,8 + \frac{F_y}{1500})}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (\alpha_m - 0,2)}$$

dan $h \geq 120$ mm

3) jika $\alpha_m > 2$ maka

$$h = \frac{\lambda_n(0,8 - \frac{F_y}{1500})}{36 - 9 \cdot \beta}$$

dan $h \geq 90$ mm

dengan β = rasio bentang bersih pelat dalam arah memanjang dan arah memendek

- 4) Tebal pelat tidak boleh kurang dari ketentuan Tabel 2.3 yang bergantung pada tegangan tulangan F_y . Nilai F_y pada tabel dapat diinterpolasi linier.

Tabel 2.3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh f_y (MPa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$\lambda_n/33$	$\lambda_n/36$	$\lambda_n/36$	$\lambda_n/36$	$\lambda_n/40$	$\lambda_n/40$
400	$\lambda_n/30$	$\lambda_n/33$	$\lambda_n/33$	$\lambda_n/33$	$\lambda_n/36$	$\lambda_n/36$
500	$\lambda_n/28$	$\lambda_n/31$	$\lambda_n/36$	$\lambda_n/31$	$\lambda_n/34$	$\lambda_n/34$

- 4) Tebal selimut beton minimal (Pasal 9.7.1 SNI 03-2847-2002):

Untuk batang tulangan $D \leq 36$, tebal selimut beton ≥ 20 mm

Untuk batang tulangan $D44 - D56$, tebal selimut beton ≥ 40 mm

- 5) Jarak bersih antar tulangan s (Pasal 9.6.1 SNI 03-2847-2002):

$s \geq D$ dan $s \geq 25$ mm (D adalah diameter tulangan)

Pasal 5.3.2.3: $s \geq 4/3$ x diameter maksimal agregat, atau $s \geq 40$ mm

- 6) Jarak maksimal tulangan (as ke as):

Tulangan pokok :

Pelat 1 arah : $s \leq 3.h$ dan $s \leq 450$ mm (pasal 12.5.4)

Pelat 2 arah : $s \leq 2.h$ dan $s \leq 450$ mm (pasal 12.3.2)

Tulangan bagi (Pasal 9.12.2.2):

$s \leq 5.h$ dan $s \leq 450$ mm

7) Luas tulangan minimal pelat

a) Tulangan pokok (Pasal 12.5.1. SNI 03-2847-2002):

$$f_c' \leq 31,36 \text{ MPa}, A_s \geq \frac{1,4}{F_y} \cdot b \cdot d \text{ dan}$$

$$f_c' > 31,36 \text{ MPa}, A_s \geq \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot F_y} \cdot b \cdot d$$

b) Tulangan bagi/tulangan susut dan suhu (Pasal 9.12.2.1 SNI 03-2847-2002):

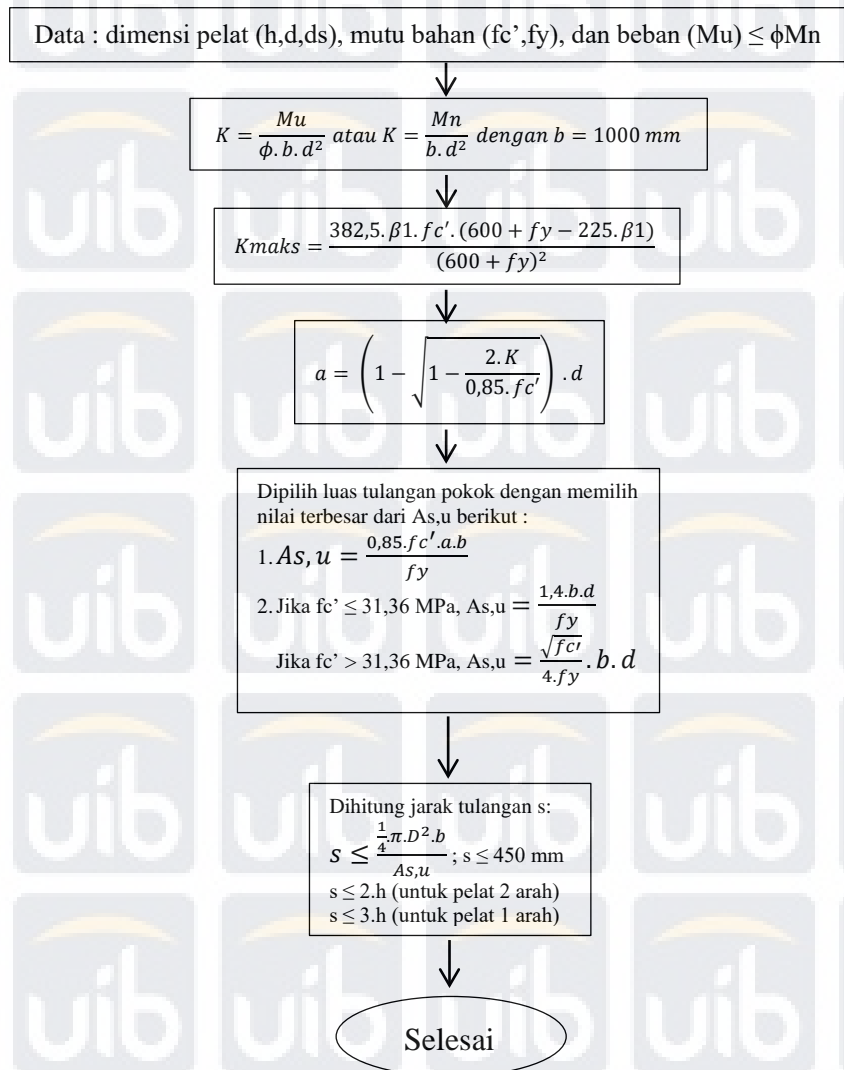
$$\text{Untuk } F_y \leq 300 \text{ MPa, maka } A_{sb} \geq 0,0020 \cdot b \cdot h$$

$$\text{Untuk } F_y = 400 \text{ MPa, maka } A_{sb} \geq 0,0018 \cdot b \cdot h$$

$$\text{Untuk } F_y \geq 400 \text{ MPa, maka } A_{sb} \geq 0,0018 \cdot b \cdot h \cdot (400/F_y)$$

$$\text{tetapi } A_{sb} \geq 0,0014 \cdot b \cdot h$$

2.10.2 Skema hitungan pelat



Gambar 2.6 Skema hitungan tulangan pelat