

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Besi Tulangan

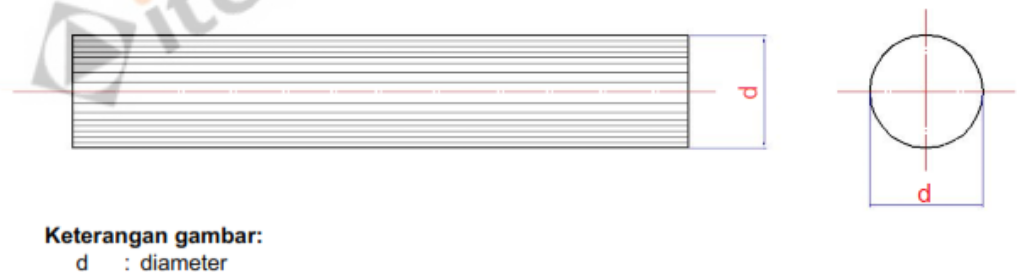
Besi tulangan atau besi beton (*reinforcing bar*) adalah batang baja yang berberentuk menyerupai jala baja yang digunakan sebagai alat penekan pada beton bertulang dan struktur batu bertulang untuk memperkuat dan membantu beton di bawah tekanan. Besi tulangan secara signifikan meningkatkan kekuatan tarik struktur. (*the civil engineering handbook second edition*).

2.1.1 Jenis Besi Tulangan

Jenis besi tulangan ada 2 macam, sebagai berikut :

- a. Baja tulangan beton polos (BjTP)

Baja tulangan polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip/berulir. (SNI 2052:2017)



Gambar 2. 1 Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

Baja tulangan polos (BjTP) terbuat dari *billet* baja tuang kontinyu dengan komposisi karbon (C), silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), belerang (S) dan karbon ekuivalen (C_{eq}). Seperti pada **Tabel 2.1**

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja Tulangan Polos (BjTP)

Kelas baja tulangan	Kandungan unsur maksimum (%)					
	C	Si	Mn	P	S	C _{eq} *
BjTP 280	-	-	-	0.050	0.050	-

Catatan :

1. Tolernasi nilai karbon (C) pada produk baja tulangan beton diperbolehkan lebih besar 0.03%.
2. * karbon ekuivalen, $C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$

(Sumber : SNI 2052:2017)

Baja tulangan polos (BjTP) tidak mengandung lipatan, gelombang, retakan, serpihan hanya diperbolehkan berkarat ringan pada permukaan. Untuk diameter dan berat per meter baja tulangan polos tercantum pada **Tabel 2.2**

Tabel 2. 2 Ukuran Baja Tulangan Beton Polos

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Bereat nominal per meter*
		mm	mm ²	Kg/m
1	P 6	6	28	0.222
2	P 8	8	50	0.395
3	P 10	10	79	0.617
4	P 12	12	113	0.888
5	P 14	14	154	1.208
6	P 16	16	201	1.578
7	P 19	19	284	2.226
8	P 22	22	380	2.984
9	P 25	25	491	3.853
10	P 28	28	616	4.834

11	P 32	32	804	6.313
12	P 36	36	1018	7.990
13	P 40	40	1257	9.865
14	P 50	50	1964	15.413

Catatan :

1. Sebagai referensi
2. Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sebagai berikut:
 - a. Luas penampang nomina (A)

$$A = 0.7854 \times d^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$d = \text{diameter nominal (mm)}$$
 - b. Berat nominal = $\frac{0.785 \times 0.7854 \times d^2}{100} \text{ (kg/m)}$

(Sumber : SNI 2052:2017)

Baja tulangan polos (BjTP) memiliki toleransi diameter, seperti pada **Tabel**

2.3

Tabel 2.3 Ukuran Dan Toleransi Diameter Baja Tulangan Polos (BjTP)

No	Diameter (d)	Toleransi (t)	Penyimpangan kebulatan maks (p)
	Mm	mm	mm
1	6	± 0.3	0.42
2	8 ≤ d ≤ 14	± 0.4	0.56
3	16 ≤ d ≤ 25	± 0.5	0.70
4	28 ≤ d ≤ 34	± 0.6	0.84
5	d ≥ 36	± 0.8	1.12

Catatan :

1. Penyimpangan kebulatan maksimum dengan rumus :

$$p = (dmaks - dmin) \leq (2t \times 70 \%)$$
2. Toleransi untuk baja tulangan beton polos = $d - daktual$

(Sumber : SNI 2052:2017)

Baja tulangan polos (BjTP) memiliki sifat mekanis seperti pada **Tabel 2.4**

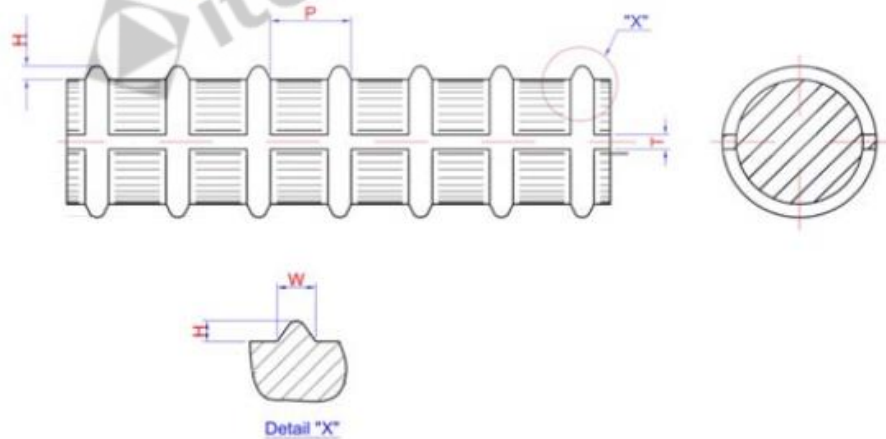
Tabel 2. 4 Sifat Mekanis Baja Tulangan Polos

Kelas baja tulangan	Uji tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (hasil uji)
	Kuat leleh (YS)	Kuat Tarik (TS)	Renggang dalam 200 mm, Min.	Sudut lengkung	Diameter pelengkung	
	Mpa	Mpa	%		Mm	
BjTP 280	Min. 280	Min. 350	11 ($d \leq 10$ mm)	180 derajat	3.5d ($d \leq 16$ mm)	-
	Maks 405		12 ($d \geq 12$ mm)		5d ($d \geq 19$ mm)	

(Sumber : SNI 2052:2017)

b. Baja tulangan beton sirip/ulir (BjTS)

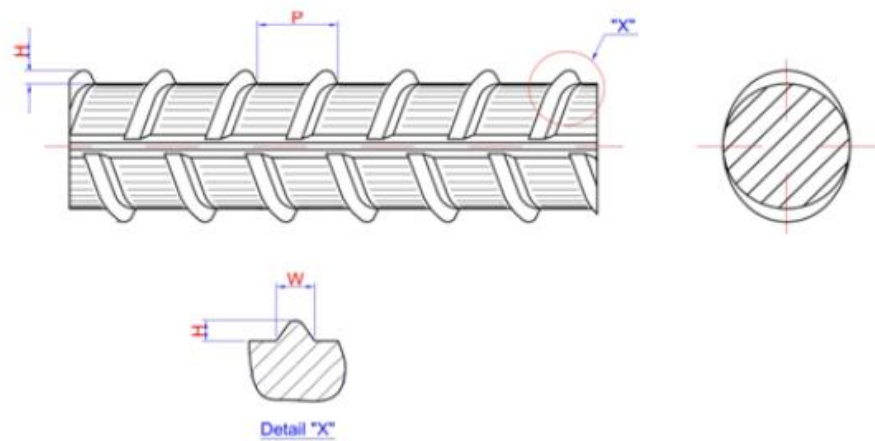
Baja tulangan beton sirip/ulir adalah baja tulangan betong yang permukaannya memiliki sirip/ulir melintang dan memanjang yang dimaksud untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari belakang secara relatif terhadap beton. (SNI 2052:2017)



Keterangan gambar:

- H : tinggi sirip/ulir
- P : jarak sirip/ulir melintang
- W : lebar sirip/ulir membujur
- T : Gap/rib

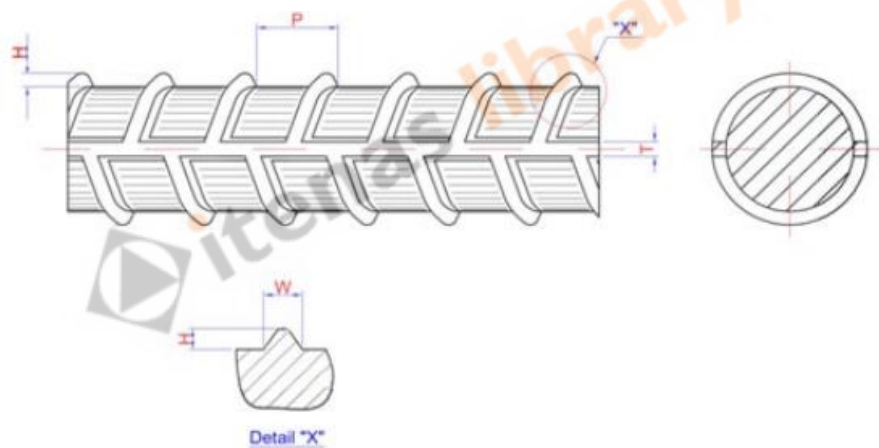
Gambar 2. 2 Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Bambu



Keterangan gambar:

- H : tinggi sirip/ulir
- P : jarak sirip/ulir melintang
- W : lebar sirip/ulir membujur

Gambar 2. 3 Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Curam



Keterangan gambar:

- H : tinggi sirip/ulir
- P : jarak sirip/ulir melintang
- W : lebar sirip/ulir membujur
- T : Gap/rib

Gambar 2. 4 Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Tulang Ikan

Bahan baku baja tulangan beton sirip/ulir (BjTS) terbuat dari *billet* baja tuang kontinyu dengan komposisi karbon (C), silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), belerang (S) dan karbon ekivalen (C_{eq}). Seperti pada **Tabel 2.5**

Tabel 2. 5 Komposisi Kimia Baja Tulangan Sirip/Ulir (Bjts)

Kelas Baja Tulangan	Kandungan Unsur Maksimum (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Ceq*
Bjts 280	-	-	-	0.050	0.050	-
Bjts 420A	0.32	0.55	1.65	0.050	0.050	0.60
Bjts 420B	0.32	0.55	1.65	0.050	0.050	0.60
Bjts 520	0.35	0.55	1.65	0.050	0.050	0.625
Bjts 550	0.35	0.55	1.65	0.050	0.050	0.625
Bjts 700**	0.35	0.55	1.65	0.050	0.050	0.625

Catatan :

1. Tolernansi nilai karbon (c) pada produk baja tulangan beton diperbolehkan lebih besar 0.03%.
2. * karbon ekuivalen, $c_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$
3. **bjts 700 perlu ditambahkan unsur paduan lainnya sesuai kebutuhan selain pada table di atas dan termasuk kelompok baja paduan

(Sumber : SNI 2052:2017)

Baja tulangan sirip/ulir (BjTS) diameter dan berat per meter baja tulangan polos tercantum pada **Tabel 2.6**

Tabel 2. 6 Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir

No	Penamaan	Diameter Nomin al (D)	Luas Penampang Nomin al (A)	Tinggi Sirip (H)		Jarak Sirip Melintang (P) Maks	Lebar Sirip Membujur (T) Maks	Berat Nomin al Per Meter
				Min	Maks			
		Mm	Mm ²	Mm	Mm	Mm		Kg/M
1	S 6	6	28	0.3	0.6	4.2	4.7	0.222
2	S 8	8	50	0.4	0.8	5.6	6.3	0.395
3	S 10	10	79	0.5	1	7	7.9	0.617
4	S 13	13	133	0.7	1.3	9.1	10.2	1.042
5	S 16	16	201	0.8	1.6	11.2	12.6	1.578
6	S 19	19	284	1	1.9	13.3	14.9	2.226
7	S 22	22	380	1.1	2.2	15.4	17.3	2.984
8	S 25	25	491	1.3	2.5	17.5	19.7	3.853

9	S 29	29	661	1.5	2.9	20.3	22.8	5.185
10	S 32	32	804	1.6	3.2	22.4	25.1	6.313
11	S 36	36	1018	1.8	3.6	25.2	28.3	7.990
12	S 40	40	1257	2	4	28	31.4	9.865
13	S 50	50	1964	2.5	5	35	39.3	15.413
14	S 54	54	2290	2.7	5.4	37.8	42.3	17.978
15	S 57	57	2552	2.9	5.7	39.9	44.6	20.031

(Sumber : SNI 2052:2017)

Baja tulangan beton sirip/ulir (BjTS) memiliki sifat mekanis yang tercantum pada **Tabel 2.7**

Tabel 2. 7 Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir (BjTS)

Kelas baja tulangan	Uji Tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (hasil uji)
	Kuat leleh (YS)	Kuat tarik (TS)	Renggangan dalam 200 mm, Min.	Sudut lengkung	Diameter pelengkung	
	Mpa	Mpa	%		Mm	
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ($d \leq 10$ mm)	180 derajat	3.5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1.25
			12 ($d \geq 13$ mm)	180 derajat	5d ($d \geq 19$ mm)	
BjTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 ($d \leq 19$ mm)	180 derajat	3.5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1.25
			12 ($22 \leq d \leq$ 36 mm)	180 derajat	5d ($19 \leq d$ ≤ 25 mm)	
			7 ($d \geq 29$ mm)	180 derajat	7d ($29 \leq d \leq$ 36 mm)	

				90 derajat	9d (d > 36 mm)	
BjTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	14 (d ≤ 19 mm)	180 derajat	3.5d (d ≤ 16 mm)	Min. 1.25
				180 derajat	5d (19 ≤ d ≤ 25 mm)	
			180 derajat	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)		
			90 derajat	9d (d > 36 mm)		
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 (d ≤ 25 mm)	180 derajat	5d (d ≤ 25 mm)	Min. 1.25
			6 (d ≥ 29 mm)	180 derajat	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)	
				90 derajat	9d (d > 36 mm)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687.5	7 (d ≤ 25 mm)	180 derajat	5d (d ≤ 25 mm)	Min. 1.25

			6 ($d \geq 29$ mm)	180 derajat	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90 derajat	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 ($d \leq 25$ mm)	180 derajat	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1.25
			6 ($d \geq 29$ mm)	180 derajat	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90 derajat	9d ($d > 36$ mm)	
Keterangan : <ol style="list-style-type: none"> d adalah diameter nominal baja tulangan beton. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung. 						

(Sumber : SNI 2052:2017)

2.2 Pelat

Pelat merupakan salah satu komponen struktur pada bangunan, umumnya pelat lantai dibangun dengan konstruksi beton bertulang sebagai dasar utamanya. Pelat lantai juga merupakan struktur yang pertama menerima beban, baik beban mati ataupun beban hidup yang kemudian disalurkan ke sistem struktur rangka yang lain.

Menurut Asroni (2010) pelat beton bertulang adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dan dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap suatu gedung. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi seperti beban mati dan/atau beban hidup yang mengakibatkan terjadinya momen lentur.

Sudarmoko (1990) pelat merupakan elmen horizontal struktur yang mendukung beban mati maupun beban hidup dan menyalurkan kerangka vertical dari sistem

struktur. Pelat dipakai pada struktur arsitektur, jembatan, struktur hidrolik, dan lain sebagainya.

2.2.1 Fungsi Pelat

Pelat lantai memiliki beberapa fungsi di antaranya adalah sebagai berikut :

1. Sebagai tempat berpijak;
2. Menempatkan sistem *plumbing*, mekanikal dan elektrik;
3. Meredam suara dari ruangan bawah maupun atas;
4. Menambah kekakuan pada arah horizontal dan vertikal.

2.2.2 Pembebanan Pelat

Struktur pelat selain harus menahan beratnya sendiri dan juga harus menahan beban. Beban yang di perhitungkan adalah beban mati (Q_d) dan beban hidup (Q_l).

1. Beban mati (Q_d)

Beban mati adalah berat seluruh bahan bangunan gedung yang terpasang termasuk segala unsur tambahan yang satu kesatuan dengannya.

2. Beban hidup (Q_l)

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung dan struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. Beban hidup digunakan dalam perancangan gedung dan struktur harus beban maksimum akibat penggunaan bangunan gedung tersebut. akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang diterapkan pada tabel 4-1 SNI 1727-2018.

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,75}{\sqrt{KLL AT}} \right) \quad (2.1)$$

Keterangan :

L = beban hidup rencana tereduksi (m^2)

- L_0 = beban hidup rencana tanpa reduksi (m^2)
 K_{LL} = factor elmen beban hidup (tabel 2.8)
 A_T = luas tribuatari dalam (m^2)

Tabel 2. 8 Faktor Elmen Beban Hidup (KLL)

Elemen	K _{LL}
Kolom-kolom interior	4
Kolom-kolom eksterior tanpa pelat kantilever	4
Kolom-kolom tepi dengan pelat kantilever	3
Kolom-kolom sudut dengan pelat kantilever	2
Balok-balok tepi tanpa pelat kantilever	2
Balok balok interior	2
Semua komponen struktur yang tidak disebut diatas : Balok-balok tepi dengan pelat-pelat kantilever Balok-balok kantilever Pelat-pelat satu arah Pelat-pelat dua arah Komponen struktur tanpa ketentuan-ketentuan untuk penyaluran Geser menerus tegak lurus terhadap bentangnya	1

(Sumber SNI 1727:2018)

3. Beban *ultimate* (Q_u)

Beban *ultimate* merupakan kombinasi beban terfaktor dari beban mati (Q_d) dan beban hidup (Q_l). Kombinasi beban sebagai berikut:

$$Q_u = 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \quad (2.2)$$

2.2.3 Sistem Penulangan Pelat

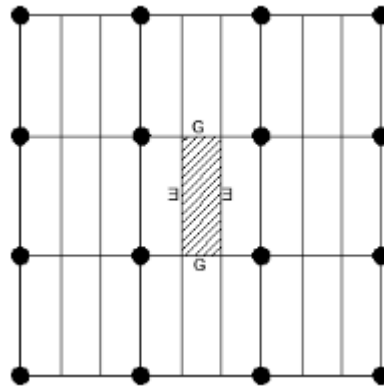
Sistem penulangan pelat terdapat 2 macam, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

1. Pelat satu arah

Pelat satu arah menurut Usman (2008) adalah pelat yang hanya ditumpu pada dua sisi yang saling berhadapa atau pelat yang ditumpu pada keempat sisinya tetapi $L_y/L_x > 2$, sehingga hampir seluruh beban dilimpahkan pada sisi terpendek.

Menurut Asroni, (2010) pelat dengan tulangan balok satu arah akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa

momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah kantilever dan pelat yang ditumpu oleh 2 tumpuan sejajar saja.

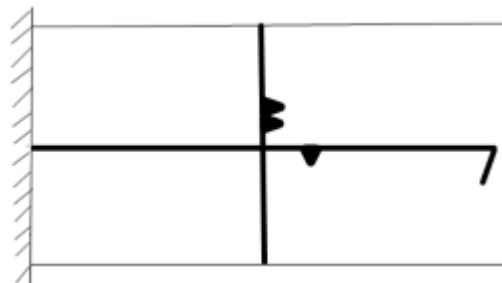


Gambar 2. 5 Pelat satu arah

Momen lentur pelat satu arah hanya berkerja pada 1 arah saja, yaitu searah bentang L, maka tulangan pokok juga dipasang 1 arah yang searah dengan bentang L. Agar kedudukan tulangan pokok pada saat pengecoran beton tidak berubah dari tempat semula, maka dipasang pulang tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Seperti **Gambar 2.6**.



Gambar 2. 6 Tampak Samping Pelat Kantilever



Gambar 2. 7 Tampak Atas Pelat Kantilever

Perhitungan penulangan pelatnya maka digunakan persamaan sebagai berikut:

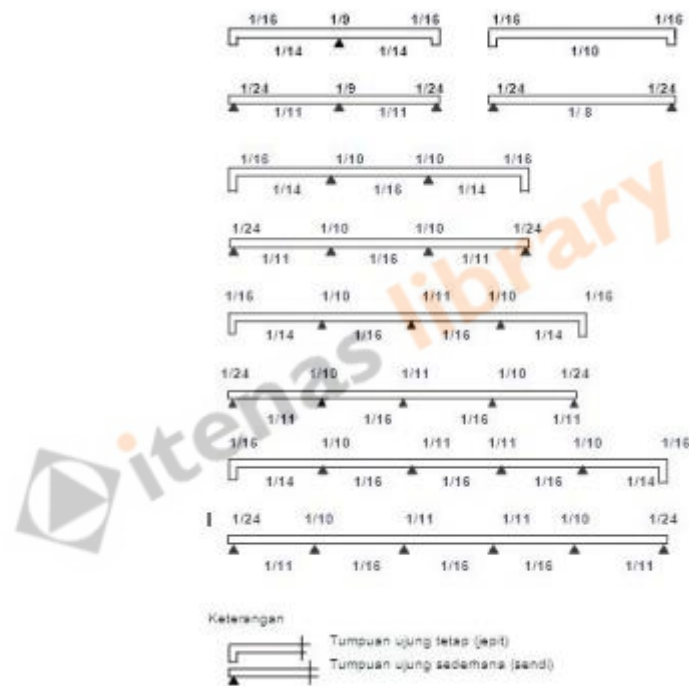
- a. Menghitung nilai momen (M_u)

$$M = x \cdot Q_u \cdot L_n^2 \quad (2.3)$$

Dimana

$$L_n = L_x (0,5 \times \text{lebar balok a}) - (0,5 \times \text{lebar balok b}) \quad (2.4)$$

Untuk menghitung nilai momen pelat satu arah dapat digunakan cara pendekatan dengan koefisien momen PBI 1971, seperti **Gambar 2.8**.



Gambar 2. 8 Koefisein Momen

- b. Cek kuat geser beton

$$V_u = 0,5 \times Q_u \times L_n \quad (2.5)$$

$$\phi V_n = 0,17 \times \sqrt{f'c} \times 1000 \times \phi \text{ geser} \quad (2.6)$$

- c. Menentukan tinggi efektif (d)



Gambar 2. 9 Tinggi Efektif Bentang Mu

$$ds = Pb + \frac{1}{2}D \quad (2.7)$$

$$d = h - ds \quad (2.8)$$

- d. Nilai koefisien *resistance* (Rn) dan nilai m

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad (2.9)$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} \quad (2.10)$$

- e. Menghitung rasio tulangan (ρ)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.11)$$

$$\rho_{min} = \frac{Mn}{b \times d^2} \quad (2.12)$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_y \times \epsilon_c}{\beta} \quad (2.13)$$

$$\rho_{max} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_y}{\epsilon_c + \epsilon_t} \times \rho_{balance} \quad (2.14)$$

dimana :

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \quad (2.15)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xm \times Rn}{f_y}} \right) \quad (2.16)$$

- f. Menghitung tinggi beton kekang (a)

$$Mn = Cc \times d \quad (2.17)$$

$$Mn = (0,85 \times f'_{cx} \times a \times b) \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.18)$$

Dari persamaan di atas, nilai a dapat dihitung dengan persamaan:

$$a_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

- g. Menghitung tinggi garis netral (x)

$$C = \frac{a}{\beta} \quad (2.19)$$

h. Kontrol renggangan leleh baja (ϵ_s)

$$\epsilon_s = \frac{(\epsilon_{cu} \times (d-c))}{c} \quad (2.20)$$

i. Menghitung luas tulangan pokok

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.21)$$

j. Jarak tulangan pokok

$$A_d = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (2.22)$$

$$s = \frac{A_d \times 1000}{A_s} \quad (2.23)$$

k. Control jarak tulangan pokok

$$A_s \text{ pakai} = \frac{A_d \times 1000}{s} \quad (2.24)$$

Jika $s < 3h$ maka OK.

l. Luas tulangan susut (A_s susut)

$$A_s \text{ susut} = 0,002 \times b \times h \quad (2.25)$$

m. Jarak tulangan susut (S susut)

$$S \text{ susut} = \frac{A_p \times 1000}{A_s \text{ susut}} \quad (2.26)$$

Dimana :

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (2.27)$$

n. Control jarak tulangan susut

Jika $S < 5h$ maka OK.

Keterangan :

M = momen lentur pelat per satuan panjang (kNm)

C = koefisien momen

Qu = Beban ultimate (Kn/m²)

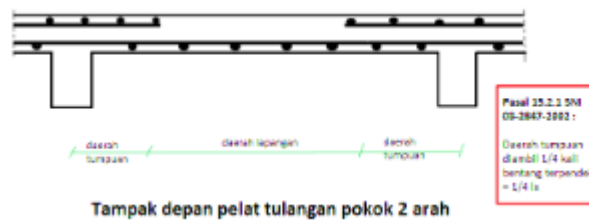
Ln = bentang bersih (m)

L_x	= bentang pendek (m)
V_u	= gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau (kN)
V_n	= kelewatan gaya nominal (kN)
F'_c	= mutu beton (MPa)
d	= tinggi efektif (mm)
h	= tebal pelat (mm)
P_b	= tebal selimut beton (mm)
D	= diameter tulangan (mm)
M_n	= momen nominal (kNm)
ρ	= rasio tulangan
C_c	= gaya dalam beton (N)
a	= tinggi kekang beton (mm)
b	= bentang yang ditinjau (mm)
x	= letak garis netral (mm)
ϵ_s	= renggangan leleh baja (mm)
s	= jarak tulangan pokok (mm)

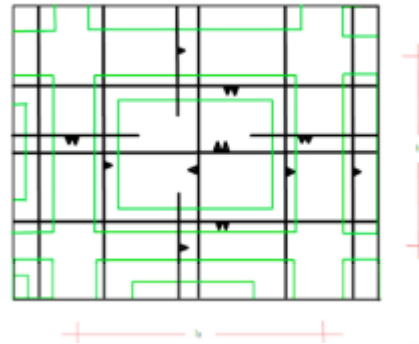
2.2.4 Pelat Dua Arah

Sistem pelat lantai dua arah dapat juga terjadi pada pelat bentang tunggal maupun menerus dengan persyaratan jenis pelat lantai dua arah jika perbandingan dari bentang panjang (L) terhadap bentang pendek (S) kurang dari dua.

Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar. Karena momen lentur yang bekerja pada 2 arah, seruah bentang L_x dan bentang L_y . Maka tulangan pokok juga dipasang pada 2 arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu tulangan bagi. Tetapi pada pelat di daerah tumpuan hanya bekerja momen lentur satu arah saja, sehingga untuk daerah tumpuan dipasang tulangan pokok dan tulangan bagi seperti **Gambar 2.10** dan **Gambar 2.11**.



Gambar 2. 10 Pelat Dua Arah Tampak Depan



Gambar 2. 11 Pelat Dua Arah

Analisa pelat lantai 2 arah menggunakan beberapa persamaan seperti dibawah ini :

Menentukan beban rencana

$$Q_u = 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \quad (2.27)$$

$$K = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (2.28)$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0.85 f'_c}}\right) d \quad (2.29)$$

Menentukan tulangan pokok dengan rumus :

$$A_s = \frac{0.85 f'_c a b}{f_y} \quad (2.30)$$

Jika $f'_c < 31,36$ MPa jadi :

$$A_{su} > \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y} \quad (2.31)$$

Menghitung jarak antara tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2 s}{A_{su}} \quad (2.32)$$

$$S < (2.h) \quad (2.33)$$

Luas tulangan dihitung dengan persamaan :

$$A_s = \frac{\frac{1}{4}\pi D^2 S}{s} \quad (2.34)$$

2.3 Wiremesh

Wiremesh adalah bahan material yang terbuat dari beberapa batang besi, baja atau aluminium dalam jumlah banyak dan dihubungkan satu sama lain dengan cara dilas atau bahkan dihubungkan dengan PIN atau peralatan lain sehingga berbentuk lembaran yang dapat digulung.

Wiremesh dibuat dalam berbagai jenis dan ukuran yang biasanya disesuaikan berbagai macam kebutuhan proyek. Misalnya ukuran kecil atau tipis digunakan untuk kebutuhan saring sayuran, tanaman dan sampai besar untuk proyek konstruksi.

Perhitungan tulangan *Wiremesh* adalah sebagai berikut :

1. Tulangan konvensional

$$A_s = \frac{1}{4} x \pi x D^2 x \left(\frac{1000}{s}\right) \quad (2.35)$$

2. Tulangan *wiremesh*

$$A_s \text{ perlu} = A_s x \frac{f_y}{f_{yw}} \quad (2.36)$$

Dimana

$$A_s w = \frac{1}{4} x \pi x D^2 x \left(\frac{1000}{s}\right) \quad (2.37)$$

Jika $A_s w > A_s \text{ perlu}$ OK.

Keterangan :

F_y = Mutu tulangan polos

F_{yw} = Mutu tulangan *wiremesh*

A_s = Luas tulangan konvensional

$A_s w$ = Luas tulangan *wiremesh*

s = Jarak antar tulangan

Untuk mengetahui berapa jumlah *wiremesh* yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan :

$$n \text{ wiremesh} = \frac{\text{luas pelat lantai}}{\text{luas 1 lembar wiremesh}} \quad (2.38)$$

2.3.1 Manfaat Wiremesh

Wiremesh dapat digunakan sebagai :

1. Pembesian tulangan beton untuk pelat lantai;
2. Dinding beton;
3. Saluran drainase beton;
4. Jalan raya;
5. Trotoar;
6. Landasan bandar udara pesawat, dan lain sebagainya.

2.3.2 Spesifikasi Wiremesh

Wiremesh juga memiliki spesifikasi khusus yang berbeda dengan baja tulangan biasa. Seperti pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2. 9 Spesifikasi Bahan *Wiremesh*

Tipe	Diameter (mm)	Berat actual (gr/mm)	Kekuatan tarik (N/mm ²)	Batas ulur (N/mm ²)	Elongation (%)
M4	4	15,45	Min 490	Min 400	Min 8%
M5	4,7	21,33	Min 490	Min 400	Min 8%
M5	4,5	19,55	Min 490	Min 400	Min 8%
M6	5,7	31,37	Min 490	Min 400	Min 8%
M6	5,5	29,2	Min 490	Min 400	Min 8%
M7	6,7	43,34	Min 490	Min 400	Min 8%
M7	6,5	40,79	Min 490	Min 400	Min 8%

M8	7,7	57,24	Min 490	Min 400	Min 8%
M8	7,5	54,31	Min 490	Min 400	Min 8%
M9	8,7	73,07	Min 490	Min 400	Min 8%
M9	8,5	69,75	Min 490	Min 400	Min 8%
M10	9,7	90,84	Min 490	Min 400	Min 8%
M10	9,5	87,13	Min 490	Min 400	Min 8%
M11	10,7	110,53	Min 490	Min 400	Min 8%
M11	10,5	106,44	Min 490	Min 400	Min 8%
M12	11,7	132,16	Min 490	Min 400	Min 8%
M12	11,5	127,68	Min 490	Min 400	Min 8%

(sumber bajabesi.ahlikonstruksi/wire-mesh)

2.4 Biaya Proyek

Biaya proyek terdiri atas dua komponen, yaitu:

a. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung merupakan biaya pasti selama proyek itu berlangsung, yang menjadi faktor hasil proyek dan mencakup biaya bahan-bahan, upah, atau biaya alat-alat.

b. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung merupakan biaya yang tidak pasti selama proyek itu berlangsung tetapi memiliki kaitan dengan kegiatan proyek. Yang menjadi faktor biaya tidak langsung adalah gaji pegawai, biaya umum perkantoran, dan lain-lain.

2.5 Rancangan Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek proyek pembangunan. Formulasi rencana anggaran biaya ditunjukkan pada persamaan 2.39.

$$\text{RAB} = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}) \quad (2.39)$$

Di setiap daerah, anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda karena perbedaan harga satuan bahan dan upah tenaga kerja. Penyusunan anggaran biaya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu anggaran biaya kasar dan anggaran biaya teliti. Beberapa faktor yang mempengaruhi penyusunan anggaran biaya suatu bangunan antara lain:

1. Faktor teknis berupa ketentuan dan persyaratan yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan pembangunan serta gambar konstruksi bangunan.
2. Faktor non-teknis berupa harga bahan bangunan dan upah tenaga kerja.

2.6 Metode Perencanaan Estimasi Anggaran Biaya

2.6.1 Tahap Estimasi

Langkah-langkah dalam membuat estimasi biaya adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data teknis dan data lapangan.
2. Estimasi berdasarkan data yang ada.
3. Mengelompokkan jenis pekerjaan.
4. Menghitung volume setiap pekerjaan sesuai gambar.
5. Daftar harga material dan upah perkerjaan dikelompokkan.
6. Menganalisa harga satuan setiap pekerjaan.
7. Menghitung rencana anggaran biaya proyek.

2.6.2 Penyusunan Anggaran Biaya

Perlu diketahui beberapa hal sebelum menyusun anggaran biaya antara lain untuk keperluan apa dan kapan anggaran biaya tersebut dibuat. Hal ini mempengaruhi cara penyusunan dan hasil yang diharapkan. Dalam menyusun anggaran biaya, banyak pihak yang terkait, seperti instansi, perencana dan kontraktor. Banyak cara untuk menyusun anggaran biaya, tetapi tetap dengan prinsip yang sama.

Ada dua macam jenis untuk menyusun anggaran biaya, yaitu:

1. Anggaran biaya kasar

Dalam menyusun anggaran biaya kasar, diperlukan beberapa hal seperti gambar rencana, bahan material yang digunakan dan cara pembuatannya dan persyaratan pokok yang telah ditentukan

Beberapa faktor yang mempengaruhi penyusunan anggaran biaya kasar, yaitu:

- a. Jenis bangunan
- b. Ukuran bangunan
- c. Lokasi bangunan
- d. Jenis konstruksi

Untuk menghitung anggaran biaya terlebih dahulu perlu disiapkan bahan-bahan yang telah diuraikan termasuk data/catatan-catatan mengenai harga bangunan sejenis yang ada. Selanjutnya perlu ditetapkan ukuran pokok berdasarkan gambar perencanaan yang akan dipakai sebagai dasar perhitungan untuk menentukan harga satuan pekerjaan. Yang dimaksud dengan ukuran pokok dalam penulisan disini adalah bangunan gedung, yang dipakai sebagai ukuran pokok adalah luas lantai per m^2 , luas atap per m^2 atau sisi bangunan per m^3 (jarang digunakan).

Perkiraan harga satuan yang digunakan baik untuk perhitungan luas lantai, maupun isi bangunan, tergantung pada:

- a. Sifat atau bentuk bangunan yang meliputi: bangunan sederhana, bangunan sedang atau baik, bangunan megah atau monumental
- b. Jenis bangunan yang meliputi: kantor, sekolah, gedung pertemuan dan sebagainya
- c. Jenis konstruksi yang meliputi: berat, atau ringan dari konstruksi, gedung bertingkat/tidak bertingkat
- d. Jenis bahan-bahan bangunan pokok yang digunakan

Untuk menentukan ukuran pokok dapat ditempuh beberapa cara, yaitu:

- a. Luas lantai (ukuran dalam, ukuran sumbu dan ukuran luar)
- b. Luas atap (ukuran berdasarkan denah bangunan termasuk tritisan)
- c. Isi bangunan dihitung berdasarkan luas lantai dikalikan tinggi gedung

Ukuran tinggi gedung dihitung dari tengah-tengah kedalaman fondasi (separuh tinggi fondasi dari alas fondasi sampai lantai) dengan tengah-tengah jarak antara tulang atau tritisan dan puncak bangunan. Ruang bawah (basement) dihitung penuh. (Administrasi Kontrak dan Anggaran Borongan)

2. Anggaran biaya teliti

Beberapa hal yang diperlukan dalam menyusun anggaran biaya teliti, yaitu:

- a. Peraturan dan syarat-syarat
- b. Gambar rencana
- c. Buku analisa harga satuan

Perhitungan yang dibuat untuk menyusun anggaran biaya teliti akan menghasilkan suatu biaya atau harga bangunan dan dengan biaya atau harga tersebut untuk pelaksanaan, bangunan akan terwujud sesuai dengan yang direncanakan. Oleh karena itu anggaran biaya teliti, rinci dan selengkap-lengkapnyanya.

Sebelum mulai menghitung anggaran biaya teliti perlu diperhatikan ketentuan- ketentuan sebagai berikut:

- a. Semua bahan untuk menyusun anggaran biaya teliti supaya dikumpulkan dan diatur dengan rapi

- b. Gambar-gambar rencana atau gambar bestek dan penjelasan atau keterangan yang tercantum dalam peraturan dan syarat-syarat atau bestek, berita acara atau risalah penjelasan pekerjaan harus selalu dicocokkan satu sama lain
- c. Membuat catatan sebanyak mungkin yang perlu, baik mengenai gambar bestek ataupun bestek
- d. Menentukan sistem yang tepat dan teratur yang akan dipakai dalam perhitungan

2.6.3 Koefisien

Koefisien adalah suatu factor dasar pengali yang berpengaruh pada perhitunga biaya bahan, alat dan upah tenaga kerja. Masing masih koefisien memiliki persentasi dalam suatu satuan pekerjaan. Koefisien tersebut ada 3, yaitu :

- a. Koefisien bahan.
- b. Koefisien tenaga kerja.
- c. Koefisien tenaga kerja atau kuantitas jam kerja.

2.6.4 Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan merupakan jumlah harga bahan material alat dan upah tenaga kerja yang harus dibayar berdasarkan perhitungan analisis. Setiap bahan, jenis pekerjaan dan kualitas memiliki harga yang berbeda. Maka dari itu patokan harga disesuaikan dengan lokasi pekerjaan proyek dibangun.

Upah tenaga kerja yang telah diperoleh dari suatu lokasi, disatukan dalam daftar harga satuan upah. Penentuan upah pekerja, diambil dari standar harga yang berlaku disekitar lokasi proyek sesuai dari spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Dinas PU.

Dalam analisa ini, setiap pekerja harus memiliki perlatan kerja masing-masing yang menunjang keahlian. Penentuan harga satuan diambil dari standar harga yang berlaku di lokasi proyek yang sedang dikerjakan sesuai dengan spesikasi yang telah ditentukan oleh Dinas PU setempat, dan diberi nama daftar harga satuan alat. Dapat disimpulkan secara umum sebagai berikut :

$$\text{Harga satuan pekerjaan} = \text{H.S bahan} + \text{H.S Upah} + \text{H.S Alat} \quad (2.39)$$

Harga satuan pekerjaan relatif sulit untuk distandarkan, meskipun standar harga pasar telah ditetapkan dalam jangka waktu yang telah ditentukan untuk pekerjaan dan lokasi tertentu. Sehingga pada dasarnya harga konstruksi tetap standar, tetapi biasanya biaya yang dikeluarkan untuk proses konstruksi tidak menentu, tergantung faktor yang mempengaruhinya. Faktor yang mempengaruhi harga satuan, sebagai berikut:

1. Waktu pelaksanaan (*Time Schedule*)
2. Metode pelaksanaan
3. Produktivitas sumber daya
4. Harga satuan dasar dari sumber daya

2.6.5 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan analisa material, upah, tenaga kerja dan peralatan membuat satu-satuan pekerjaan tertentu yang diatur dalam pasal-pasal analisa SNI, dari hasilnya ditetapkan koefisien pengali untuk material, upah tenaga kerja dan peralatan segala jenis pekerjaan.

Analisa SNI (Standar Nasional Indonesia) adalah kumpulan analisis biaya konstruksi yang disusun oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Puslitbang Kimpraswil) yang berisi tentang tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan untuk masing-masing jenis pekerjaan. Maksud dari harga satuan pekerjaan adalah harga yang harus dibayar untuk menyelesaikan satu jenis pekerjaan konstruksi (Departemen Kimpraswil, 2002). Dalam tata cara perhitungan dalam analisa SNI memuat indeks bahan bangunan dan indeks tenaga kerja yang dibutuhkan untuk setiap satuan pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknik yang bersangkutan. Nilai indeks atau angka koefisien tersebut didefinisikan sebagai faktor pengali pada perhitungan biaya bahan dan upah tenaga kerja untuk setiap jenis pekerjaan.

Prinsip pada metode SNI adalah perhitungan harga satuan pekerjaan yang berlaku di seluruh Indonesia berdasarkan harga bahan, harga satuan upah, dan harga satuan alat sesuai dengan kondisi setempat. Spesifikasi dan cara

pengerjaan setiap jenis pekerjaan disesuaikan dengan standar spesifikasi teknis pekerjaan yang telah dibakukan. Kemudian dalam pelaksanaan perhitungan satuan pekerjaan harus didasarkan pada gambar teknis dan rencana kerja serta syarat-syarat yang berlaku (RKS). Perhitungan indeks bahan telah ditambahkan toleransi sebesar 15% - 20%, dimana didalamnya termasuk angka susut, yang besarnya tergantung bahan dan II-17 komposisi masing-masing. Jam kerja efektif untuk para pekerja diperhitungkan 5 jam perhari.

