

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bangunan Struktur Gedung Bertingkat Tinggi

Bangunan bertingkat tinggi merupakan sebuah bangunan gedung yang memiliki ketinggian lebih dari 40 meter sampai dengan 100 meter keatas. Struktur bangunan bertingkat tinggi tersusun atas beberapa bagian seperti pondasi, pilecap, *sloof*, kolom, balok, plat lantai, tangga, *shearwall*.

2.2. Pembebanan Pada Perencanaan Struktur

Dalam merencanakan struktur suatu bangunan bertingkat, beban merupakan faktor utama dalam perencanaan. Jenis dan besar beban yang bekerja pada suatu perhitungan struktur tergantung dari jenis struktur.

Pada perhitungan struktur bangunan ini diberikan kombinasi pembebanan yang mengacu pada PPIUG 1983. Beban yang bekerja berupa beban gravitasi. Beban gravitasi pada struktur berupa beban mati, beban hidup, beban angin dan beban tambahan.

2.2.1. Beban Mati

Beban mati (dead load), yaitu elemen beban mati pada struktur gedung yang sifatnya permanent dan tidak akan terpisah dari struktur gedung tersebut.

Tabel 2.1 Jenis-jenis beban mati pada gedung

No	Jenis Beban Mati	Berat	Satuan
1	Baja	7850	Kg/m ³
2	Batu.Alam	2600	Kg/m ³
3	Beton	2200	Kg/m ³
4	Beton Bertulang	2400	Kg/m ³

5	Kayu	1000	Kg/m ³
6	Mortar, Spesi	2200	Kg/m ³
7	Pasir	1600	Kg/m ³
8	Dinding Pasangan bata ½ bata	250	Kg/m ³
9	Curtain Wall kaca + rangka	60	Kg/m ³
10	Plafond	20	Kg/m ³
11	Finishing lantai	2200	Kg/m ³
12	MEP	25	Kg/m ³
13	Penutup Atap	50	Kg/m ³

Sumber : PPIUG 1983

2.2.2. Beban Hidup

Beban hidup (live load), yaitu beban hidup pada pelat lantai yang tergantung pada kegunaan dan fungsi perencanaan bangunan.

Tabel 2.2 Jenis-jenis beban hidup pada gedung

No	Jenis Beban Hidup	Berat	Satuan
1	Rumah tinggal sederhana	125	Kg/m ²
2	Sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250	Kg/m ²
3	Ruang Olahraga	400	Kg/m ²
4	Ruangan Dansa	500	Kg/m ²
5	Mesjid, gereja, ruangan rapat, bioskop	400	Kg/m ²
6	Panggung penonton	500	Kg/m ²
7	Parkiran	800	Kg/m ²

Sumber : PPIUG 1983

2.2.3. Faktor Reduksi Kekuatan ϕ

Pada SNI 03-2847-2002 ditentukan beberapa faktor reduksi kekuatan yang dilambangkan dengan ϕ :

1. Struktur lentur tanpa baban aksial (misalnya : balok)

$$\phi = 0,80$$

2. Beban aksial dan beban aksial dengan lentur

- a. Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur,

$$\phi = 0,80$$

- b. Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur

- (1). Komponen struktur dengan tulangan spiral atau sengkang ikat,

$$\phi = 0,70$$

- (2). Komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa,

$$\phi = 0,65$$

3. Geser dan torsi

$$\phi = 0,75$$

4. Tumpuan pada beton

$$\phi = 0,65$$

2.3. Kolom

Kolom merupakan batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan salah satu elemen struktur tekan yang berperanan penting pada suatu bangunan, sehingga keruntuhan yang terjadi pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga keruntuhan total pada seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

Fungsi kolom merupakan sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila dimisalkan, kolom seperti rangka tubuh manusia yang memastikan

sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom didistribusikan kepermukaan tanah dibawahnya (Novis,2011).

SK SNI-03-2847-2002 menjelaskan bahwa kolom merupakan suatu komponen struktur dengan rasio yang tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi tiga kali dimensi yang terutama digunakan untuk mendukung beban aksial tekan. Kolom struktur harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Menurut Wang (1986) dan Ferguson (1986) jenis-jenis kolom ada tiga yaitu :

1. Kolom ikat (tie column).
2. Kolom spiral (spiral column).
3. Kolom komposit (composite column).

Dalam buku struktur beton bertulang (Istimawan Dipohusodo, 1994), ada tiga jenis kolom beton bertulang :

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom jenis ini merupakan sebuah kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok yang memanjang, yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Fungsi pada jenis tulangan ini adalah untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.
2. Kolom menggunakan pengikat spiral. Kolom Jenis ini bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja berfungsi sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililit keliling membentuk

heliks dan menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud.

3. Struktur kolom komposit, merupakan suatu komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.

Didalam buku Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang (Asroni Ali edisi Pertama, 2010) menjelaskan tentang ketentuan perencanaan suatu kolom struktur.

1. Luas Tulangan Total (Ast)

Menurut pasal 12.9.1 SNI 03-2874-2002, luas total (Ast) tulangan longitudinal (tulangan memanjang) kolom harus memenuhi syarat berikut :

$$0,01 \cdot Ag \leq Ast \leq 0,08 \cdot Ag$$

Dengan :

Ast = luas total tulangan memanjang (mm^2)

Ag = luas bruto penampang kolom (mm^2)

2. Diameter tulangan geser (sengkang)

Diameter sengkang pada kolom disyaratkan sebagai berikut :

$$10 \text{ mm} \leq \phi_{\text{begel}} \leq 16 \text{ mm}$$

3. Gaya tarik dan gaya tekan pada penampang kolom

Kolom yang berpenampang persegi empat mampu menahan beban eksentris P_n , maka pada penampang kolom posisi bagian kiri menahan beban tarik yang akan ditahan oleh baja tulangan, sedangkan posisi bagian kanan menahan beban tekan yang akan ditahan oleh beton dan baja tulangan.

a. Gaya tarik bagian kiri ditahan oleh tulangan, sebesar :

$$T_s = A_s \cdot F_s$$

b. Gaya tekan yang ditahan beton bagian kanan, sebesar :

$$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b$$

Sedangkan gaya tekan yang ditahan oleh tulangan kanan (C_s), yaitu :

c. Jika luas beton tekan di perhitungkan, maka

$$Cs = As' \cdot (fs' - 0,85 \cdot fc')$$

Selanjutnya diperoleh gaya aksial

$$P_n = Cc + Cs - Ts$$

dengan

As' = luas tulangan tarik (mm^2)

Cc = gaya tekan beton (kN)

Cs = gaya tekan baja tulangan (kN)

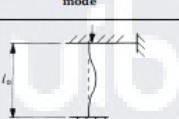
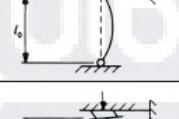
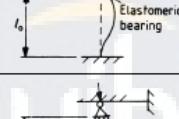
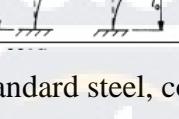
fc' = mutu beton (MPa)

fs = tegangan tarik baja tulangan (MPa)

fs' = tegangan tekan baja tulangan (MPa)

Ts = gaya tarik baja tulangan (kN)

BS 5400-4:1990 menjelaskan kolom beton bertulang merupakan bagian kompresi yang lebih besar dimensi lateralnya adalah lebih kecil dari atau sama dengan empat kali dimensi lateral yang lebih kecil. Kolom dianggap pendek jika rasio le/h di setiap bidang tekuk kurang dari 12 dimana le : Panjang efektif kolom ; h : tinggi kolom. Tinggi efektif kolom le , dalam bidang tertentu dapat diperoleh dari Tabel 2.3 dimana lo adalah ketinggian antara akhir kekangan.

Case	Idealized column and buckling mode	Restraints			Effective height, l_e
		Location	Position	Rotation	
1		Top	Full	Full ^a	0.70 l_o
		Bottom	Full	Full ^a	
2		Top	Full	None	0.85 l_o
		Bottom	Full	Full ^a	
3		Top	Full	None	1.0 l_o
		Bottom	Full	None	
4		Top	None ^a	None ^a	1.3 l_o
		Bottom	Full	Full ^a	
5		Top	None	None	1.4 l_o
		Bottom	Full	Full ^a	
6		Top	None	Full ^a	1.5 l_o
		Bottom	Full	Full ^a	
7		Top	None	None	2.3 l_o
		Bottom	Full	Full ^a	

Sumber : British Standard steel, concrete and composite bridges, Part 4 : Code of practice for design of concrete bridges BS 5400-4:1990

2.4. Balok

Balok merupakan salah satu elemen struktur sebuah bangunan dengan bentang horizontal yang dirancang kaku dan untuk menanggung beban dari plat lantai dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang (Saiful, 2015). Balok dikerjakan bersamaan dengan pekerjaan plat lantai agar terbentuk menjadi satu kesatuan struktur monolit. Balok berfungsi juga sebagai pengikat kolom-kolom agar jika terjadi pegeseran/pergerakan, kolom-kolom tersebut tetap dapat bertahan pada bentuk dan posisi nya. Balok berfungsi juga untuk menahan kondisi pembebanan yang rumit seperti tekuk atau lentur. Kombinasi gaya tekan

dan gaya tarik disebut lentur dan tegangannya tersebar tidak merata pada potongan melintang. Gaya lentur akan bertambah jika beban pada balok berlebih sehingga pada daerah yang bertegangan tinggi terjadi aksi sendi (balok patah dan terdapat sendi pada titik ini) (Muhammad Ismail, 2014). Tegangan aktual yang timbul pada balok tergantung pada besar dan distribusi material pada penampang melintang elemen struktur. Semakin besar balok maka semakin kecil tegangannya. (Ariestadi,2008 ;Dian,2008).

Dalam buku struktur beton bertulang (Istimawan Dipohusodo, 1994), Berdasarkan perencanaan lentur ada beberapa macam bentuk balok beton bertulang, antara lain:

1. Balok persegi dengan tulangan tunggal

Balok persegi dengan tulangan tunggal merupakan balok yang hanya mempunyai tulangan tarik saja dan dapat mengalami keruntuhan akibat lentur.

2. Balok persegi dengan tulangan rangkap

Apabila besar penampang balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton tidak dapat memikul tekanan yang timbul akibat bekerjanya momen lemtur. Maka dipasangnya tulangan dibagian serat tekan.

3. Balok T

Balok T merupakan balok yang berbentuk huruf T dan bukan berbentuk persegi sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul tekan. Perencanaan balok T adalah proses menentukan dimensi tebal dan lebar flens, lebar dan tinggi efektif badan balok dan luas tulangan baja tarik.

Berdasarkan tumpuannya ada beberapa macam bentuk balok beton bertulang, antara lain :

1. Balok Induk

Balok induk adalah balok utama yang bertumpu langsung pada kolom dan balok yang menghubungkan kolom dengan kolom lainnya. Balok induk juga berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok induk direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang dimensi sama. Untuk merencanakan balok induk, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya :

- Menentukan mutu beton yang akan digunakan
- Menghitung pembebanan yang terjadi (Beban mati, beban hidup)

2. Balok Anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk dan tidak pernah bertumpu langsung pada kolom. Balok anak ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi.

3. Balok Bagi

Balok bagi adalah balok yang menghubungkan balok dengan balok anak lainnya/ balok anak dengan balok induk.

(Sumber : Dipohusodo, Istiwawan. Struktur Beton Bertulang. Gramedia Pustaka Utama)

2.4.1. Perencanaan Beton Tulangan Balok

- a. Momen rencana positif akibat beban terfaktor

$$Mu^+ = \frac{1}{24} Qu L^2$$

Dengan :

Mu = momen terfaktor yang bekerja

Qu = kombinasi beban

L = panjang

- b. Momen rencana negatif akibat beban terfaktor

$$\text{Mu} = \frac{1}{12} \text{Qu} L^2$$

Dengan :

Mu = momen terfaktor yang bekerja

Qu = kombinasi beban

L = panjang

c. Gaya geser rencana akibat beban terfaktor

$$V_u = \frac{\text{Qu} \times L}{2}$$

Dengan :

V_u = gaya geser tekfaktor pada balok

Qu = kombinasi beban

L = panjang

d. Rasio Tulangan pada kondisi seimbang

$$\rho_b = \frac{\beta_1 \times 0.85 \times f_{c'}}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

Dengan:

ρ_b = rasio tulangan balok

β_1 = factor pembentuk tegangan beton tekan persegi ekuivalen

$f_{c'}$ = mutu beton

f_y = kuat tarik baja tulangan tarik

e. Faktor tahanan momen maksimum

$$R_{\max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times \left[1 - \frac{0,5 \times 0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f_{c'}} \right]$$

Dengan :

R_{\max} = faktor tahanan momen maksimum

ρ_b = rasio tulangan balok

$f_{c'}$ = mutu beton

f_y = kuat tarik baja tulangan tarik

f. Momen rencana

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

Dengan:

M_n = momen nominal penampang struktur

ρ_b = rasio tulangan balok

g. Faktor tahanan momen rencana

$$R_n = \frac{M_n \times 10^6}{b \times d^2}$$

Dengan :

R_n = faktor tahanan momen rencana

M_n = momen nominal penampang struktur

b = lebar penampang balok

d = tinggi penampang balok

h. Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_{c'}}} \right)$$

Dengan :

ρ = rasio tulangan balok

$f_{c'}$ = mutu beton

f_y = kuat tarik baja tulangan tarik

R_n = faktor tahanan momen rencana

i. Rasio tulangan minimum

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

Dengan :

ρ_{\min} = rasio tulangan minimum

Fy = kuat tarik baja tulangan tarik

2.5. Pelat Lantai

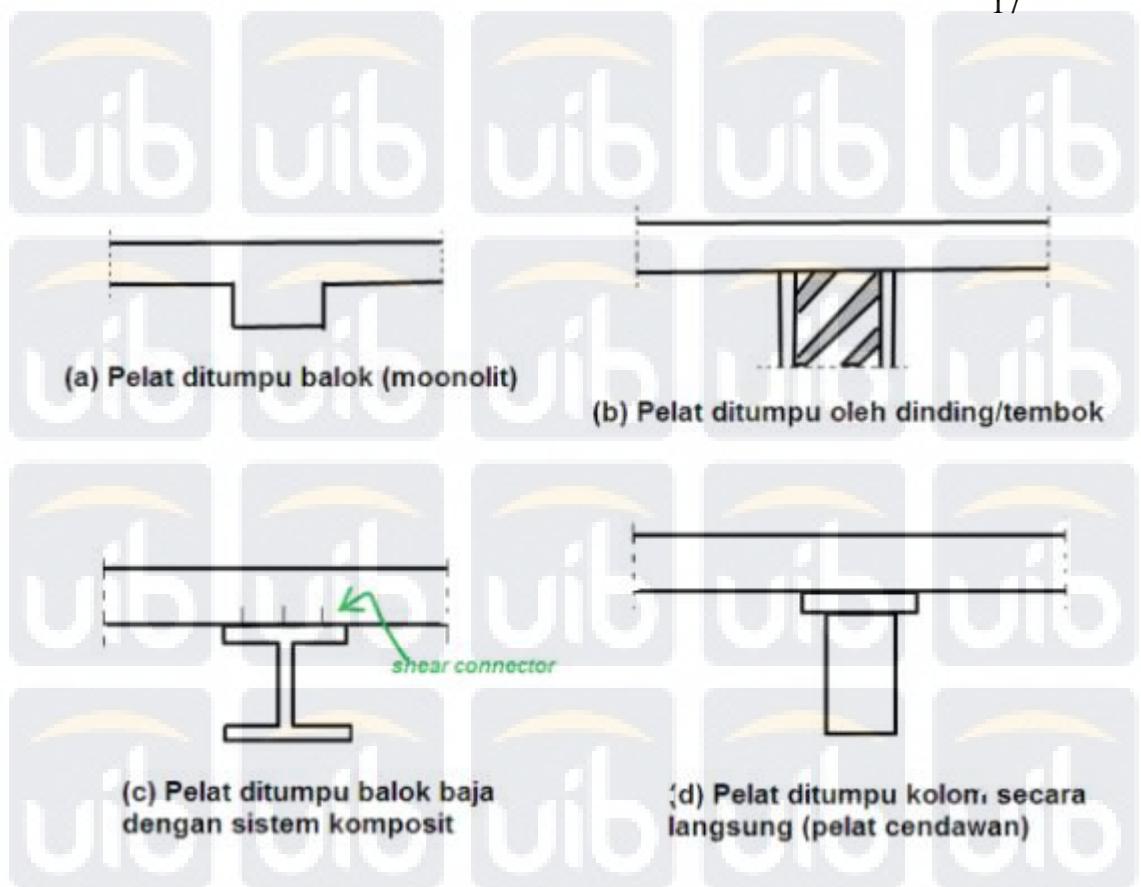
2.5.1. Definisi Pelat lantai

Pelat beton bertulang merupakan struktur tipis yang terbuat dari beton bertulangan dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang plat ini relative sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidang. Pelat beton bertulang berfungsi sebagai unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal (Asroni. A, 2010).

2.5.2. Tumpuan Pelat

Menurut Asroni Ali, 2010 Untuk perencanaan bangunan gedung umumnya pelat tersebut di tumpu oleh balok secara :

- a. Monolit, yaitu struktur pelat dan struktur balok dicor pada saat bersamaan sehingga menjadi satu kesatuan.
- b. Di tumpu pada dinding-dinding/tembok bangunan.
- c. Didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit.
- d. Didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, di kenal dengan pelat cendawan.



Gambar 2.1 Jenis-jenis Tumpuan Pelat

(Sumber : Asroni.A, 2010. Balok Dan Pelat Beton Bertulang.

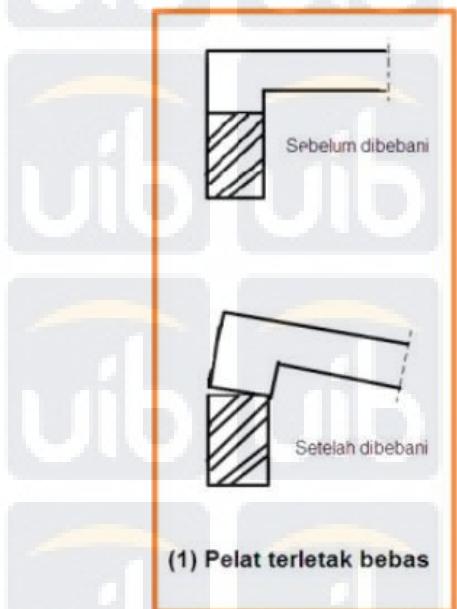
Yogyakarta:Graha Ilmu)

2.5.3. Jenis Perletakan Pelat Pada Balok

Kekakuan hubungan antara pelat dan balok menjadi satu bagian dari perencanaan pelat. Ada 3 Jenis perletakan pelat pada balok :

1. Pelat Terletak Bebas

Kondisi ini terjadi jika pelat diletakan begitu saja di atas balok, atau juga pelat dan balok tidak dicor pada waktu bersamaan, sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut, (Gambar 1.2). Pelat yang ditumpu oleh tembok juga termasuk dalam kategori terletak bebas (Asroni, 2010).



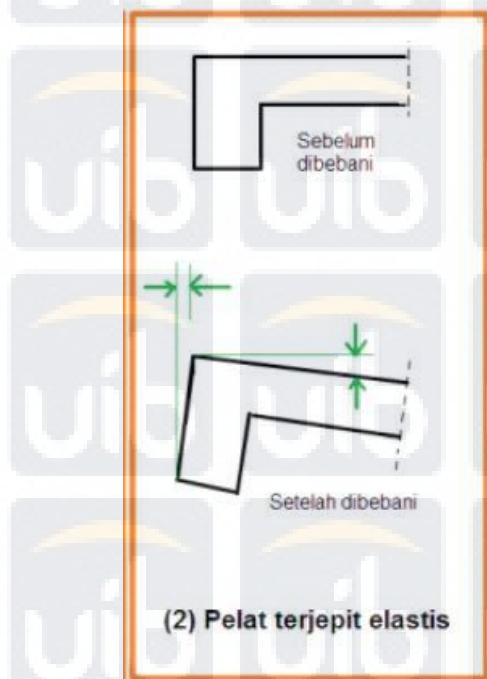
Gambar 2.2 Jenis Pelat Terletak Bebas

(Sumber : Asroni.A, 2010. Balok Dan Pelat Beton Bertulang.

Yogyakarta:Graha Ilmu)

2. Pelat Terjepit Elastis

Kehadiran pelat ini terjadi jika pelat dan balok tidak dicor bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil, sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi pelat (Gambar 1.3) (Asroni, 2010).



Gambar 2.3 Jenis Pelat Terjepit Elastis

(Sumber : Asroni.A, 2010. Balok Dan Pelat Beton Bertulang.
Yogyakarta:Graha Ilmu)

3. Pelat Terjepit Penuh

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok cukup besar, sehingga mampu untuk mencegah terjadinya rotasi pada pelat (Gambar 1.4) (Asroni,2010).



Gambar 2.4 Jenis Pelat Terjepit Penuh

(Sumber : Asroni.A, 2010. Balok Dan Pelat Beton Bertulang.

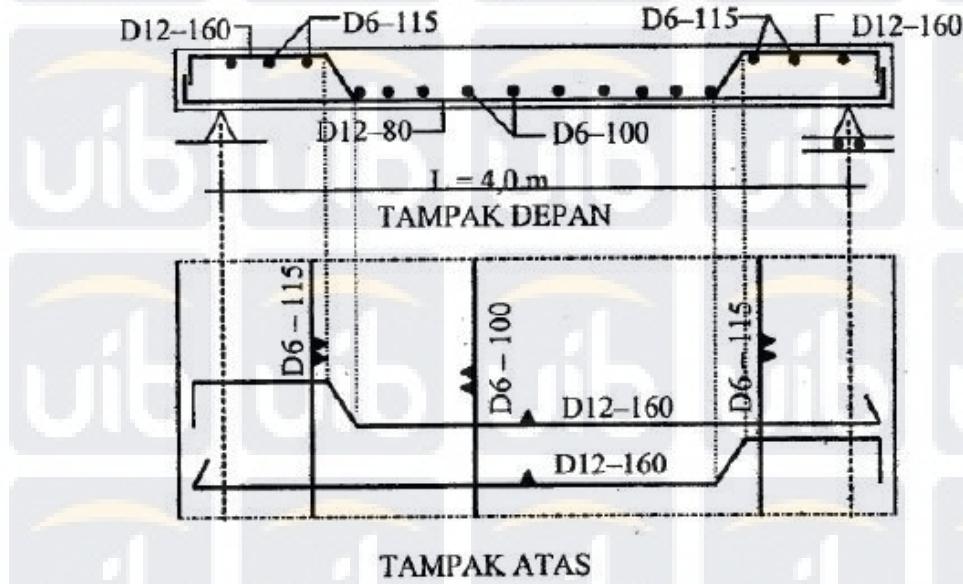
Yogyakarta:Graha Ilmu)

2.5.4. Sistem Penulangan Pelat

Terdapat 2(dua) jenis sistem penulangan pelat lantai, yaitu : perencanaan pelat dengan sistem tulangan pokok satu arah dan perencanaan pelat dengan sistem tulangan pokok dua arah (Asroni, 2001). Beban yang bekerja pada suatu pelat lantai yang di perhitungkan terhadap beban gravitasi, yaitu berupa beban mati dan beban hidup yang mengakibatkan terjadi momen lentur (Arianto, 2013).

2.5.4.1. Penulangan Pelat Satu Arah

Asroni, 2010 menjelaskan bahwa pelat dengan sistem tulangan pokok satu arah ini dijumpai jika pelat beton lebih dominan dalam menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah.



Gambar 2.5 Contoh pelat dengan penulangan satu arah

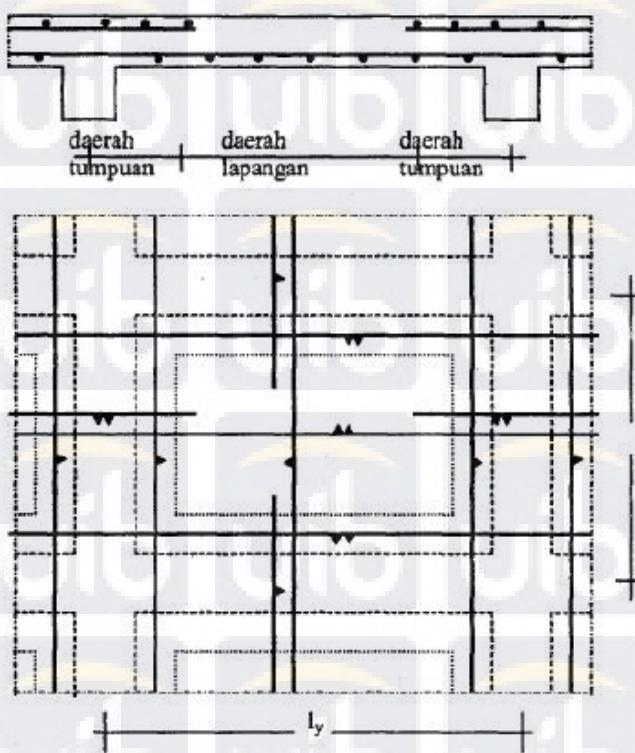
(Sumber : Asroni.A, 2010. Balok Dan Pelat Beton Bertulang.

Yogyakarta:Graha Ilmu)

Karena momen lentur hanya bekerja pada satu arah, yaitu searah dengan bentang λ . Maka tulangan pokok juga dipasang satu arah yang searah bentang λ tersebut. Untuk menjaga kedudukan tulangan pokok pada saat pengecoran beton tidak berubah dari tempat semula, maka dipasang tulangan tambahan yang arah tegak lurus dengan tulangan pokok. Tulangan tambahan ini disebut dengan tulangan bagi. Kedudukan tulangan pokok dan tulangan bagi selalu bersilang tegak lurus, tulangan pokok dipasang dekat dengan tepi luar beton. Sedangkan tulangan bagi dipasang di bagian dalamnya dan menempel pada tulangan pokok (Asroni, 2010).

2.5.4.2. Penulangan Pelat Dua Arah

Asroni, 2010 menjelaskan pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah.



Gambar 2.6 Contoh pelat dengan penulangan dua arah

(Sumber : Asroni.A, 2010. Balok Dan Pelat Beton Bertulang.

Yogyakarta:Graha Ilmu)

Karena momen lentur bekerja pada dua arah yaitu searah dengan

bentang l_x dan l_y , maka tulangan pokok juga dipasang pada dua arah yang saling tegak lurus (bersilang), sehingga tidak perlu lagi tulangan bagi (Asroni, 2010).