

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Dasar-dasar pembebanan

Dalam merencanakan suatu komponen struktur terutama struktur beton bertulang harus memenuhi ketentuan yang tercantum dalam SK SNI T-15-1991-03 (1991). Beban yang bekerja dan yang harus diperhitungkan untuk perencanaan suatu struktur adalah beban mati, beban hidup, beban gempa dan kombinasi dari beban-beban tersebut.

Beban mati (*Dead Load*) adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983). Beban mati merupakan beban yang intensitasnya tetap dan posisinya tidak berubah selama usia penggunaan bangunan (Wahyudi dan Rahim, 1999).

Beban hidup (*Live Load*) adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983). Beban hidup merupakan beban yang dapat berpindah

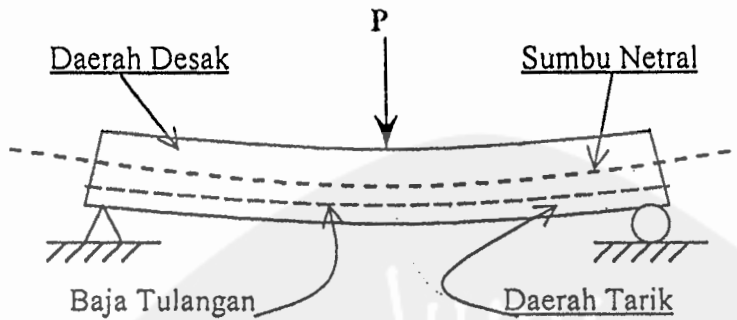
tempat, dapat bekerja penuh atau tidak ada sama sekali (Wahyudi dan Rahim, 1999).

Beban gempa (*Earthquake Load*) adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983). Beban gempa berasal dari gaya inersia internal yang arahnya horisontal dan disebabkan oleh adanya percepatan tanah (Wahyudi dan Rahim, 1999).

2.1.2. Konstruksi Beton Bertulang

Beton bertulang adalah material bangunan yang unik karena merupakan penggabungan dua jenis bahan yang terdiri dari beton (terbentuk dari semen, pasir, krikil serta air) dan baja, dimana beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya tekan dan tulangan baja berfungsi untuk memperkuat dan menahan gaya tarik.

Kelebihan beton sebagai bahan bangunan selain dari segi kepraktisannya adalah kekuatan bahan yang cukup baik terutama nilai kuat tekannya, dikombinasikan dengan baja yang memiliki nilai kuat tarik tinggi. Baja tersebut ditempatkan pada daerah struktur yang menahan beban tarik, dapat dilihat pada gambar 1.1. Saat beton yang menyelimuti tulangan baja sudah mengeras, beton dan baja telah menjadi satu kesatuan bahan yang bekerja bersama-sama. Namun, karena baja sanggup memikul beban desak sehingga juga dipasang pada daerah struktur yang mengalami gaya tekan.



Gambar 2.1. Letak Tulangan Baja Dalam Balok

Sistem beton bertulang yang umum digunakan adalah portal, yaitu balok utama yang langsung bertumpu pada kolom. Balok dan kolom tersebut dianggap menyatu secara kaku. Sistem ini dapat menahan beban vertikal gravitasi dan lateral akibat beban gempa.

2.1.3. Prinsip dasar plat lantai

Pelat lantai merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja, tergantung sistem strukturnya. Apabila nilai perbandingan antara panjang dan lebar pelat tidak lebih dari dua, digunakan penulangan dua arah. Pada sistem struktur bentang menerus demikian, balok bertugas meneruskan beban yang disangga sendiri maupun dari pelat kepada kolom penyangga (Dipohusodo, 1994).

2.1.4. Prinsip dasar balok dan kolom beton bertulang

Pada struktur beton rangka terbuka persyaratan dasar perencanaan di daerah gempa adalah bahwa batang-batang horizontal (balok) harus runtuh terlebih dahulu sebelum terjadi kerusakan pada batang-batang vertikal (kolom). Dengan mengikuti persyaratan dasar ini maka struktur beton dapat menunda keruntuhan total. Konsep desain kapasitas diterapkan untuk merencanakan agar kolom lebih

kuat dari balok portal. Keruntuhan geser pada perencanaan balok harus dihindari karena keruntuhannya bersifat getas dan sangat berbahaya.

Balok adalah batang struktural untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya lenturan. Balok merupakan elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari plat lantai ke kolom penyangga yang vertikal. Pada umumnya elemen balok yang dicor secara monolit dengan plat dan secara struktural ditulangi di bagian bawah atau di bagian atas dan bawah. Penampang balok ada dua macam yaitu penampang balok tulangan sebelah (tunggal) dan penampang balok tulangan rangkap. Dua hal utama yang dialami oleh suatu balok adalah kondisi tekan dan tarik, yang antara lain karena adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral (Wahyudi dan Rahim, 1999).

Kolom merupakan bagian dari suatu kerangka bangunan yang menempati posisi penting didalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas total keseluruhan struktur bangunan (Dipohusodo, 1994).

2.1.5. Peraturan-peraturan

Analisa dan perancangan struktur bangunan ini berdasarkan pada peraturan-peraturan berikut :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
2. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1.3.53.1987).

3. Petunjuk Perencanaan Beton Bertulang dan Struktur Dinding Bertulang untuk Rumah dan Gedung (SKBI-2.3.53.1987).
4. Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03).

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Analisis Pembebanan

Struktur gedung harus direncanakan kekuatannya berdasarkan asumsi bahwa struktur yang ditinjau harus direncanakan untuk menahan semua beban yang mungkin bekerja padanya. Pembebanan dapat diakibatkan oleh beban mati (D), beban hidup (L), beban angin (W), beban gempa (E) dan beban khusus (K). Dalam tugas akhir ini beban yang akan ditinjau dan diperhitungkan adalah beban mati (D), beban hidup (L) dan beban gempa (E) dengan kombinasi pembebanan diatur dalam Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan dan Gedung (SK SNI T-15-1991-03).

Ketentuan-ketentuan yang berlaku pada struktur akibat adanya pembebanan adalah sebagai berikut ini.

1. Ketentuan beban mati dan beban hidup.
 - a. Pelat mendukung beban hidup dan beban mati termasuk berat sendiri pelat.
 - b. Balok anak mendukung berat sendiri dan beban tetap yang didukung pelat.
Beban tetap adalah kombinasi dari beban mati dan beban hidup.
 - c. Balok induk mendukung berat sendiri serta beban dari balok anak.
 - d. Beban pada balok induk diteruskan ke fondasi.

2. Ketentuan beban gempa.

- a. Beban gempa yang diperhitungkan adalah beban mati dan beban hidup yang telah direduksi.
- b. Perhitungan beban gempa dilakukan dengan analisis dinamis.

2.2.2. Analisis dan Kombinasi Pembebanan

Penerapan faktor keamanan sangat diperlukan dalam perencanaan struktur bangunan. Faktor keamanan mengendalikan kemungkinan terjadinya runtuh yang membahayakan bagi penghuni juga memperhitungkan faktor ekonomi bangunan. Sehingga dalam penerapan perlu ditetapkan suatu kebutuhan relatif yang ingin dicapai, dimana struktur gedung mampu memikul beban yang lebih besar dari beban yang direncanakan.

Kekuatan semua penampang komponen struktur dari gedung direncanakan sesuai dengan kriteria dasar di atas. Kekuatan yang diperlukan, disebut kuat perlu dan diberi simbol (U) menurut SK SNI-15-1991-03 adalah sebagai berikut ini.

1. Kuat perlu (U) untuk menahan beban mati (D) dan beban hidup (L):

$$U = 1,2 D + 1,6 L \quad (2-1)$$

2. Apabila beban angin (W) diperhitungkan, maka dipilih nilai U terbesar

antara $U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W)$ atau $(2-2)$

$$U = 0,9 D + 1,3 W \quad (2-3)$$

Kedua nilai diatas harus lebih besar dari $U = 1,2 D + 1,6 L$

3. Bila ketahanan struktur terhadap gempa (E) harus diperhitungkan, maka nilai U adalah sebagai berikut:

$$U = 1,05 (D + L_R \pm E) \text{ atau} \quad (2-4)$$

$$U = 0,9 D \pm E \quad (2-5)$$

dengan: U = kuat perlu,

D = beban mati,

L = beban hidup,

E = beban gempa,

L_R = beban hidup tereduksi.

Ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan dianggap sebagai faktor kekuatan ϕ . Dalam SK SNI T-15-1991-03 faktor reduksi (ϕ) diatur sebagai berikut ini.

1. Reduksi kekuatan lentur, tanpa beban aksial ($\phi = 0,8$).
2. Reduksi beban aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur ($\phi = 0,8$).
3. Reduksi beban aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur ($\phi = 0,65$).
4. Reduksi untuk geser dan torsi ($\phi = 0,6$).

2.2.3. Beban Gempa

Mengacu pada SKBI-1.3.53.1987 pengaruh gempa terhadap struktur dapat dianalisis dengan cara sebagai berikut ini.

1. Analisis Beban Statik Ekuivalen adalah suatu cara analisis statik struktur, dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban-beban statik horisontal.
2. Analisis Ragam Spektrum Respons adalah suatu cara analisis dinamik struktur, didalam mana pada suatu model matematik dari struktur diberlakukan suatu spektrum respons gempa rencana, dan berdasarkan itu

ditentukan respons struktur terhadap gempa rencana tersebut melalui superposisi dari respons masing-masing ragamnya.

3. Analisis Respons Riwayat Waktu adalah suatu cara analisis dinamik struktur, di dalam mana suatu model matematik dari struktur dikenakan riwayat waktu dari gempa-gempa hasil pencatatan atau dari gempa-gempa tiruan, terhadap riwayat waktu dari respons struktur ditentukan.

Untuk mencari beban geser gempa untuk analisis beban statik ekuivalen digunakan rumus:

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t \quad (3-1)$$

Dengan :

V = gaya geser horisontal

C = koefisien gempa

I = faktor keutamaan gedung

K = faktor jenis struktur

W_t = berat total struktur bangunan

Waktu getar alami untuk struktur dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T = 0,06 \times H^{\frac{3}{4}} \quad (3-2)$$

Dengan:

T = waktu getar alami

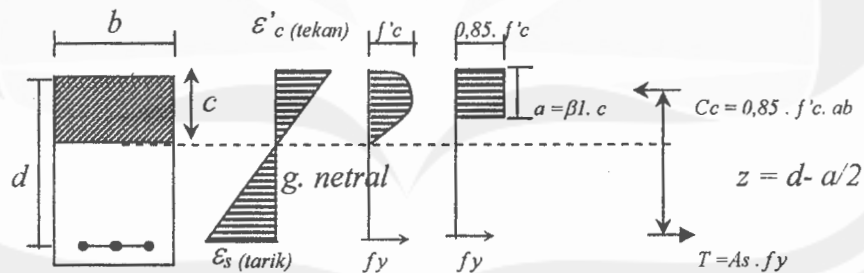
H = tinggi gedung

Pesyaratan yang harus dipenuhi dalam merencanakan struktur dengan analisis dinamik adalah.

$$V \text{ dinamik} \geq 0,9 V \text{ statis} \quad (3-3)$$

2.2.4. Perencanaan Balok

Balok adalah batang struktural untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya lenturan. Balok merupakan elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari plat lantai ke kolom penyangga vertikal. Dua hal utama yang dialami oleh balok adalah tekan dan tarik, antara lain karena adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral (Wahyudi dan Rahim, 1999).



Gambar 2.1. Distribusi Tegangan Regangan Balok
(Sumber : Dipohusodo, 1999.)

Langkah-langkah perencanaan elemen balok sebagai berikut ini.

Gaya desak beton $Cc = 0,85 . f'_c . b . a$ (4-1)

Gaya tarik baja $T = As . fy$ (4-2)

Kesetimbangan gaya $Cc = T \quad \rightarrow \quad a = \frac{As . fy}{0,85 . f'_c . b}$ (4-3)

Momen Nominal $Mn = Cc.Z \rightarrow 0,85.f'c. b. a.(d - a/2)$ (4-4)

Atau

$Mn = Ts.Z \rightarrow As.fy(d - a/2)$ (4-5)

Syarat rasio penulangan untuk komponen lentur:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (4-6)$$

$$\rho_{maks} = 0,75. \rho_b \quad (4-7)$$

$$\rho_b = \frac{0,85.f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (4-8)$$

Untuk perencanaan gempa:

$$\rho_{maks} = \frac{7}{f_y} \quad (4-9)$$

$$k = \frac{Mu.b}{\Phi.b.d^2} \quad (4-10)$$

$$\rho = \frac{0,85.f'_c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.k}{0,85.f'_c}} \right) \quad (4-11)$$

Keterangan:

Cc = gaya desak beton,

Ts = gaya tarik baja,

Bw = lebar balok, untuk balok persegi = b ,

Mn = momen nominal,

d = tinggi efektif balok,

a = kedalaman blok tegangan beton tekan,

As = luas tulangan,

ρ_b = rasio penulangan dalam keadaan seimbang,

ρ = rasio tulangan tarik,

ρ_{min} = rasio tulangan minimum,

ρ_{maks} = rasio tulangan maksimum,

f'_c = kuat tekan beton (MPa),

f_y = tegangan luluh baja (MPa),

β_1 = 0,85 untuk $f'_c \leq 30$ MPa,

= 0,85 - 0,008 ($f'_c - 30$) untuk $30 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 55 \text{ MPa}$

= 0,65 untuk $f'_c \geq 55$ MPa.

Koefisien tahanan (K)

$$K = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{M_{u,b}}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (4-12)$$

Tulangan tunggal digunakan bila $\rho < \rho_{maks}$

Kuat lentur perlu balok portal yang dinyatakan dengan $M_{u,b}$ harus ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa atau dengan beban, sebagai berikut ini.

$$M_{u,b} = 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{L,b} \quad (4-13)$$

$$M_{u,b} = 1,05 (M_{D,b} + M_{L,b,R} \pm M_{E,b}) \quad (4-14)$$

Keterangan :

$M_{D,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban-mati tak terfaktor,

$M_{L,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban-hidup tak terfaktor,

$M_{E,b}$ = momen lentur balok portal akibat gempa tak terfaktor.

Gaya geser rencana (V_{ab}) pada balok portal berdaktilitas penuh dalam SK SNI

T-15-1991-03 diatur:

$$V_{u,b} = 0,7 \cdot \frac{M_{kap} + M_{kap}'}{l_n} + 1,05 \cdot V_g \quad (4-15)$$

Dan tidak lebih dari

$$V_{u,b} = 1,05 \left(V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4,0}{K} \cdot V_{E,b} \right) \quad (4-16)$$

dengan :

M_{kap} = momen nominal aktual pada ujung komponen dengan memperhitungkan kombinasi momen positif dan momen negatif,

M_{kap}' = momen kapasitas balok di sendi plastis pada bidang muka kolom di sebelahnya,

l_n = bentang bersih balok,

V_g = gaya geser akibat beban gravitasi,

$V_{D,b}$ = gaya geser balok akibat beban mati,

$V_{L,b}$ = gaya geser balok akibat beban hidup,

$V_{E,b}$ = gaya geser balok akibat beban gempa,

K = faktor jenis struktur.

Penulangan geser balok menurut SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.4.1 butir 1 didasarkan pada

$$V_u \leq \phi \cdot V_n \quad (4-17)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (4-18)$$

Dimana:

V_u = kuat geser terfaktor,

V_n = kuat geser nominal,

V_c = kuat geser nominal beton,

V_s = kuat geser nominal tulangan geser.

$$V_c = (\sqrt{f_c'} / 6) \cdot b_w \cdot d \quad (4-19)$$

$$V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d) / s \quad (4-20)$$

Dimana,

A_v = luas tulangan geser dalam jarak s ,

s = jarak antar sengkang,

b_w = lebar balok.

Kuat geser balok pada daerah sendi plastis sama dengan nol dan untuk daerah diluar sendi plastis, diperhitungkan seperti rumus diatas.

Spasi maksimum dari sengkang di dalam daerah sendi plastis (menurut SK SNI T-15-199-03 ayat 3.14.3 butir 3) tidak boleh melebihi:

- $d / 4$,
- 8 x diameter tulangan longitudinal terkecil,
- 24 x diameter batang sengkang,
- 200 mm.

Menurut SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.4.5 butir 4, spasi dari tulangan geser di luar daerah sendi plastis yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur tidak boleh melebihi:

- $d/2$,
- 600 mm.

2.2.5. Perencanaan Kolom

Kolom merupakan bagian dari suatu kerangka bangunan yang menempati posisi terpenting dalam sistem struktur bangunan. Bila terjadi kegagalan pada kolom maka dapat berakibat keruntuhan komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan terjadi keruntuhan total pada keseluruhan struktur bangunan (Dipohusodo, 1999)

Kuat lentur perlu kolom portal pada bidang muka balok harus dihitung berdasarkan terjadinya sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu dengan kolom tersebut.

$$M_{u,k} = \frac{hk'}{hk} 0,7 \cdot \omega_D \cdot a_D \cdot \left(\frac{L_{ki}}{L_{ki}'} M_{kap,ki} + \frac{L_{ka}}{L_{ka}'} M_{kap,ka} \right) \quad (5-1)$$

Dengan :

- hk = tinggi kolom dari titik pertemuan ke titik pertemuan,
- hk' = tinggi bersih kolom,
- Lk = bentang balok dari pertemuan ke titik pertemuan,
- Lk' = bentang bersih balok,
- ω_D = faktor pembesar dinamik = 1,3 kecuali di tingkat bawah = 1,0,
- a_D = faktor distribusi dari kolom,
- $M_{kap,ki}$ = momen kapasitas balok disebelah kiri bidang muka kolom,
- $M_{kap,ka}$ = momen kapasitas balok disebelah kanan bidang muka kolom.

Tetapi tidak perlu lebih dari:

$$M_{u,k} = 1,05 \cdot \left(M_{D,K} + M_{L,K} + \frac{4,0}{K} M_{E,K} \right) \quad (5-2)$$

Dengan :

$M_{D,K}$ = momen pada kolom akibat beban mati,

$M_{L,K}$ = momen pada kolom akibat beban hidup,

$M_{E,K}$ = momen pada kolom akibat beban gempa dasar,

K = faktor jenis struktur.

Beban aksial rencana (N_{uk}) pada kolom portal berdaktilitas sesuai SK SNI T-15-1991-03 adalah:

$$N_{u,k} = \frac{0,7 \cdot R_v \cdot \sum M_{kap,b}}{l_b} + 1,05 \cdot N_{g,k} \quad (5-3)$$

Tetapi tidak boleh lebih dari:

$$N_{u,k} = 1,05 \cdot \left(N_{g,k} + \frac{4,0}{K} N_{E,k} \right) \quad (5-4)$$

Dengan:

R_v = faktor reduksi

1,0 untuk $1 < n < 4$

1,1-0,025 n untuk $4 < n < 20$

0,6 untuk $n > 20$

l_b = bentang balok dari pusat ke pusat kolom,

N = jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau,

$N_{g,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gravitasi,

$N_{E,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gempa.

Sedangkan dalam SK SNI T-15-1991-03 bab 3.14.7 diatur bahwa kuat geser rencana kolom portal dengan daktilitas penuh adalah sebagai berikut:

$$V_{u,k} = \left(\frac{M_{u,k,atas} + M_{u,k,bawah}}{h_k} \right) \quad (5-5)$$

Tetapi tidak boleh lebih dari:

$$V_{u,k} = 1,05 \left(V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4,0}{K} + V_{E,k} \right) \quad (5-6)$$

Dengan :

$V_{D,k}$ = gaya geser kolom akibat beban mati,

$V_{L,k}$ = gaya geser kolom akibat beban hidup,

$V_{E,k}$ = gaya geser kolom akibat beban gempa,

$M_{u,k,atas}$ = momen rencana kolom pada ujung atas dihitung pada muka kolom,

$M_{u,k,bawah}$ = momen rencana kolom pada ujung bawah dihitung pada muka kolom.

2.2.6. Perencanaan Pelat

Pelat lantai merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja, tergantung sistem strukturnya. Apabila nilai perbandingan antara panjang dan lebar pelat tidak lebih dari dua, digunakan penulangan dua arah. Apabila nilai perbandingan antara panjang dan lebar pelat lebih dari dua, maka digunakan penulangan satu arah. Beban lantai dipikul pada

kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling panel pelat, dengan demikian panel menjadi suatu pelat yang melentur pada dua arah. Apabila panjang dan lebar pelat sama panjang, maka perilaku keempat baloknya dalam menopang balok akan sama. Apabila panjang dan lebar tidak sama, maka balok yang lebih panjang akan memikul beban lebih besar dari balok yang lebih pendek.

Pelat-pelat beton berperilaku sebagai bagian-bagian konstruksi lentur dan perencanaanya adalah serupa dengan balok, meskipun secara umum agak lebih sederhana.

Perhitungan pelat menggunakan satuan lebar $b = 1\text{m}$, selanjutnya adalah menentukan beban berfaktor dimana:

$$W_u = 1,2 Q_D + 1,6 Q_L \quad (6-1)$$

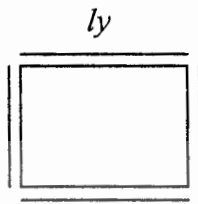
Setelah W_u didapat, diteruskan dengan mendisain tipe pelat apakah termasuk pelat 2 arah atau pelat 1 arah dengan ketentuan.

Pemilihan tipe pelat diperoleh dari perbandingan bentang panjang (l_y) dengan bentang pendek (l_x) dengan syarat seperti dibawah ini.

$(l_y / l_x) < 2 \rightarrow$ Tipe pelat 2 arah.

$(l_y / l_x) > 2 \rightarrow$ Tipe pelat 1 arah.

Hasil nilai koefisien momen (α) dapat diperoleh dengan melihat di buku (Vis dan Kusuma, 1994). Nilai koefisien momen (α) bila tidak tercantum di tabel, dapat diperoleh dengan melakukan interpolasi sehingga didapat 4 angka (α) yang nantinya digunakan dalam perhitungan momen lapangan x (M_lx), momen lapangan y (M_ly), momen tumpuan x (M_tx) dan momen tumpuan y (M_ty).



$$Mlx = 0,001.Wu.(lx)^2.x \quad (6-2)$$

$$Mly = 0,001.Wu.(lx)^2.x \quad (6-3)$$

$$Mtx = -0,001.Wu.(lx)^2.x \quad (6-4)$$

$$Mty = -0,001.Wu.(lx)^2.x \quad (6-5)$$

Langkah selanjutnya adalah mencari tinggi efektif pelat arah sumbu x (dx) dan mencari tinggi efektif arah sumbu y (dy) dimana:

$$dx = h - p - \emptyset x, \quad (6-6)$$

$$dy = h - p - \emptyset x - (0,5. \emptyset y). \quad (6-7)$$

dengan : h = tebal pelat,

p = selimut beton,

$\emptyset x$ = diameter tulangan x ,

$\emptyset y$ = diameter tulangan y .

Langkah selanjutnya mencari rasio penulangan(ρ) dimana:

Syarat rasio penulangan untuk komponen lentur:

$$\text{Untuk } fy = 300 \text{ MPa, } As_{min} = 0,002.b.h \quad (6-8)$$

$$\rho_{maks} = 0,75. \rho_b \quad (6-9)$$

$$\rho_b = \frac{0,85.f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (6-10)$$

Tumpuan

$$\text{(Momen tumpuan untuk arah } x) \rightarrow Mtx = -0,001.Wu.(lx)^2.x \quad (6-11)$$

$$\text{(Momen tumpuan untuk arah } y) \rightarrow Mty = -0,001.Wu.(lx)^2.x \quad (6-12)$$

tanda negatif menunjukkan momen yang terjadi adalah momen negatif

$$\text{(koefisien tahanan untuk arah } x) \rightarrow K = Mu / (\phi.b.dx^2) \quad (6-13)$$

$$\text{(koefisien tahanan untuk arah } y) \rightarrow K = Mu / (\phi.b.dy^2) \quad (6-14)$$

$$\rho = \frac{0,85.f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.k}{0,85.f'c}} \right) \quad (6-15)$$

Angka rasio tulangan (ρ) yang telah didapat, digunakan untuk menghitung A_s perlu. Sebelum mencari A_s perlu, dibandingkan terlebih dahulu nilai ρ terhadap ρ_{maks} dan ρ_{min} . Dimana akan dipilih angka rasio tulangan yang terletak diantara angka kecil dan angka besar, dimana:

$$\text{untuk arah } x \rightarrow A_s \text{ perlu} = \rho . b . dx \quad (6-16)$$

$$\text{untuk arah } y \rightarrow A_s \text{ perlu} = \rho . b . dy \quad (6-17)$$

Lapangan

$$\text{(Momen lapangan untuk arah } x) \rightarrow Mlx = -0,001.Wu.(lx)^2.x \quad (6-18)$$

$$\text{(Momen lapangan untuk arah } y) \rightarrow Mly = -0,001.Wu.(ly)^2.y \quad (6-19)$$

tanda negatif menunjukkan momen yang terjadi adalah momen negatif

$$\text{(koefisien tahanan untuk arah } x) \rightarrow K = Mu / (\phi.b.dx^2) \quad (6-20)$$

$$\text{(koefisien tahanan untuk arah } y) \rightarrow K = Mu / (\phi.b.dy^2) \quad (6-21)$$

$$\rho = \frac{0,85.f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.k}{0,85.f'c}} \right) \quad (6-22)$$

Angka rasio tulangan (ρ) yang telah didapat, digunakan untuk menghitung A_s perlu. Sebelum mencari A_s perlu, dibandingkan terlebih dahulu nilai ρ_{maks} , ρ_{min} , ρ , dimana akan dipilih angka rasio tulangan yang terletak diantara angka kecil dan angka besar, dimana:

untuk arah $x \longrightarrow As\ perlu = \rho \cdot b \cdot dx$ (6-23)

untuk arah $y \longrightarrow As\ perlu = \rho \cdot b \cdot dy$ (6-24)

dengan: f_y = tegangan leleh baja tulangan (MPa),

β_1 = faktor blok tegangan beton,

ρ_{maks} = rasio tulangan maksimum,

ρ_{min} = rasio tulangan minimum,

ρ_b = rasio tulangan kondisi seimbang,

f'_c = kuat desak beton,

M_u = momen ultimit,

b = satuan lebar (1 m)

d = tinggi efektif

Chek geser plat :

$$\phi \cdot V_c \geq V_u \quad (6-25)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d \quad (6-26)$$

$$V_u = 1,15 \cdot \left(\frac{W_u \cdot l_n}{2} \right) \quad (6-27)$$

dengan : V_c = tegangan geser ijin beton (MPa),

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang,

W_u = beban merata rencana terfaktor,

l_n = bentang bersih untuk gaya geser yang ditinjau.

Menurut SK SNI T-15-1991-03, tebal pelat harus memenuhi syarat tebal pelat minimum.

1. Tidak boleh kurang dari nilai yang didapat dari

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5 \cdot \beta \cdot \left[\alpha m - 0,12 \cdot \left(1 + \frac{l}{\beta} \right) \right]} \quad (6-28)$$

atau

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \quad (6-29)$$

2. Tidak lebih besar dari

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36} \quad (6-30)$$

dengan : h = tebal pelat,

l_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang,

β = perbandingan antara bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah,

αm = nilai rata-rata dari α ,

$$\alpha = E_{cb} \cdot l_b / E_{cs} \cdot l_s \quad (6-31)$$

dengan: E_{cb} = modulus elastisitas beton pada balok,

E_{cs} = modulus elastisitas beton pada pelat.

Dalam segala hal tebal pelat minimum tidak boleh kurang dari nilai berikut:

- $\alpha m < 2 \rightarrow$ tebal pelat minimum 120 mm,
- $\alpha m \geq 2 \rightarrow$ tebal pelat minimum 90 mm.