



**TUGAS AKHIR**

**Perencanaan Portal Pada Pembangunan ruko Ex Kota Julian  
Kota Bandung**

# **Bab III**

# **Dasar Perencanaan Portal**

**PROGRAM D III TEKNIK SIPIL  
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN KEJURUAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2004**



## BAB III DASAR PERENCANAAN PORTAL

### 3.1 Dasar Perencanaan Tangga

#### 3.1.1 Perencanaan Konstruksi Tangga

Perencanaan pada Gedung Ruko EX Kota Julian Daerah Pemerintah kota Bandung ini tipe tangga yang digunakan adalah tangga tusuk U, sedangkan material untuk tangga dipilih material beton bertulang.

#### 3.1.2 Dasar Perhitungan Konstruksi Tangga

##### Pembebanan

##### 1. Pembebanan tangga

- Plat tangga t m  $= t \cdot l_t \cdot \gamma_c$
- Trede  $= (1/2 \cdot \text{antred. optre. } l_t \cdot \gamma_c) = T$ 
  - Jumlah Trede/m tangga  $= 100 / a - n$
  - Beban trede/m tangga  $= n \cdot T$
- Tegel Keramik 1 cm  $= 0,01 \cdot D_{tgl}$
- Spesi 1 cm  $= 0,01 \cdot D_{sps}$
- Beban hidup untuk tangga :  $W_{LL1} = LL \cdot (\text{Lebar tangga})$
- Beban tangga terfaktor :  $W_{u1} = 1,2 W_{DL1} + 1,6 W_{LL1}$

##### 2. Pembebanan Bordes

- Plat tangga t m  $= t \cdot l_t \cdot \gamma_c$
- Tegel keramik 1 cm  $= 0,01 \cdot l_t \cdot D_{tgl}$
- Spesi 1 cm  $= 0,01 \cdot l_t \cdot D_{sps}$
- Beban hidup untuk bordes :  $W_{LL2} = L \cdot L \cdot (\text{Lebar tangga})$
- Beban bordes terfaktor :  $W_{u2} = 1,2 W_{DL1} + 1,6 W_{LL1}$

### 3.1.3 Analisa Struktur Konstruksi Tangga

Distribusi momen pada konstruksi dihitung dengan menggunakan metode Cross, selanjutnya menghitung reaksi perletakan, momen dan gaya dalam yang terjadi pada konstruksi dengan persamaan perimbangan.

Dari hasil perhitungan diatas diambil nilai-nilai yang terbesar untuk kemudian dipakai dalam perhitungan penulangan tangga dan bordes.

### 3.1.4 Perhitungan penulangan Konstruksi Tangga

#### A. Penulangan Balok Tangga

##### Pembebanan

- Berat sendiri balok tangga  $= b \cdot h \cdot \gamma_c$
- Beban trapesium pelat bordes :  $q_{ek} = \frac{\left( W_{u2} \cdot \frac{l_x}{3} \right) \left( 3 - \frac{l_x}{l_y} \right)}{2}$
- Berat tangga :  $W_{DL}$

##### Perhitungan momen dan gaya lintang

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.3.3 perhitungan momen adalah sebagai berikut:

Momen tumpuan :  $1/24 \cdot W_u \cdot l^2 = \text{KN.m}$

Momen lapangan :  $1/16 \cdot W_u \cdot l^2 = \text{KN. M}$

##### Perhitungan Penulangan akibat lentur

$M_u = \text{KN.m}$  (hasil analisa struktur konstruksi tangga)

$$k_{maks} = \rho_{maks} \left( 1 - \frac{0,588 \cdot \rho_{maks} \cdot f_y}{f_c} \right)$$

$$M_{R \text{ maks}} = \phi \cdot b \cdot d^2 \cdot k_{maks}$$

Jika :

- $M_{R \text{ maks}} > M_u$ , balok dianalisa sebagai balok bertulangan sebelah
- $M_{R \text{ maks}} < M_u$ , balok dianalisa sebagai balok bertulangan rangkap

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b d^2} \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot f'c}} \right)$$

Persyaratan rasio tulangan :  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

jika  $\rho < \rho_{\min}$ , maka diambil  $\rho = \rho_{\min}$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d = \text{mm}^2$  dipakai tulangan n.  $\emptyset_{\text{tul ut}}$  ( $A_s > A_s$  perlu)

### Kontrol

1. Jarak tulangan :	- Selimut beton	= 2. p
	- Sengkang	= 2. $\emptyset_{\text{tul ut sengkang}}$
	- Tulangan	= 2. $\emptyset_{\text{tul ut}}$
		= N mm

$$\text{Spasi} = (b - N) n - 1 > 25 \text{ mm}$$

### 2. Kontrol kapasitas balok

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$Mn = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

syarat :  $\phi \cdot Mn > Mu$

### B. Penulangan Pelat Tangga

$M_u = M_{\max}$  (hasil analisa struktur konstruksi tangga)

$P_u = N_{\max}$  (hasil analisa struktur konstruksi tangga)

$A_{gr} = h \cdot l_t$

$$e_o = \frac{M_u}{P_u} < e_{o\min} = 15 + 0,03h$$

$$\frac{P_u}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'c}$$

$$\frac{P_u}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'c} \times \frac{e}{h}$$

Berdasarkan diagram interaksi kolom, diperoleh r

Dengan  $\beta = 0,85$  untuk  $f_c = 25$  Mpa

$\rho = r \cdot \beta$ , jika  $\rho < \rho_{\min}$ , maka diambil  $\rho_{\min} = 0,00583$

Tulangan Utama

$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot A_{gr}$  digunakan tulangan  $\emptyset - S$  ( $A_s > A_{s \text{ perlu}}$ )

Tulangan bagi

$A_s' = 0,002 \cdot b \cdot h$

### C. Penulangan Pelat Bordes

$M_u = \text{KN} \cdot \text{M}$  (hasil analisa struktur tangga)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}, k = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

Menghitung  $\rho$  perlu : 
$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot f_y \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot f'_c}} \right)$$

Luas tulangan perlu :  $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

Jarak tulangan perlu =  $\frac{1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s}$ , diambil jarak tulangan (S) lebih rapat dari

jarak tulangan perlu.

Luas tulangan pembagi :  $A_s = 0,002 \cdot b \cdot h$

### D. Perhitungan Pondasi Tangga

#### Menentukan Daya Dukung Tanah

Dari tabel daya dukung Terzaghi diperoleh :  $N_c, N_q, N_\gamma$ , berdasarkan data tanah yang diperoleh.

Daya dukung tanah untuk pondasi jalur :

$$Q_{ult} = (c \cdot N_c) + \gamma \cdot dp \cdot N_q + (0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$$

Daya dukung ijin : 
$$q_a = \frac{q_{ult}}{SF}$$

#### **Menentukan ukuran Pondasi**

Tebal pondasi direncanakan ( t )

Tinggi kolom pondasi ( h )

Panjang pondasi (L)

Panjang kolom pondasi ( $h_k$ )

*Pembebanan Pondasi :*

Berat tanah = d . G

Berat telapak pondasi = t .  $\gamma_c$

Berat kolom pondasi = h .  $\gamma_c$

Gaya aksial yang bekerja :

$P_u = R_{av} + DL$  (akibat kolom pondasi)

Momen lentur yang bekerja

$M_u = - M_{AB} + R_{AH} \cdot d$

Eksentrisitas :  $e = \frac{M_u}{P_u}$

Luas perlu untuk pondasi :

$A_{perlu} = \frac{P_u}{q_{netto}} \left( 1 + \frac{6e}{L} \right)$ , sehingga nilai L dapat diketahui

luas perlu = B . L

syarat : Luas tersedia = B . Lt > Luas perlu

*Menghitung tegangan Tanah yang terjadi*

$$q_{l-2} = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} < q_a$$

*Menentukan Tebal Telapak Pondasi Berdasarkan Kriteria Geser*

Kontrol tebal plat pondasi terhadap gaya geser :

$$q_c = \frac{1}{2} \cdot (q_1 + q_2)$$

$$q_v = q_c + \left( \frac{0,5l + d}{l_2 \cdot L} \right) (q_l - q_c)$$

$$V_u = 0,5 (q_l + q_v) \cdot L - (0,5 \cdot L - (0,5 \cdot l + d))$$

$$V_{n\text{perlu}} = \frac{V_u}{\phi}$$

Syarat :  $V_{n\text{ actual}} > V_{n\text{ perlu}}$  → tebal plat aman terhadap geser

Peninjauan momen lentur :

$$M_u = \frac{1}{2} \left( \frac{q_1 + q_2}{2} \right) \cdot L \cdot (0,5L - 0,5l)^2$$

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

$$k = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot f'_c}} \right)$$

Luas tulangan perlu :  $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

Luas tulangan bagi :  $A_s = 0,002 \cdot b \cdot d$

### 3.2 Kontruksi Plat

#### 3.2.1 Perencanaan Plat

Plat merupakan salah satu bagian dari struktur gedung bertingkat yang memiliki sifat dan perilaku khusus. Sebelum dilaksanakan perencanaan kolom dan balok, biasanya dilakukan perencanaan struktur plat dahulu. Hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur plat antara lain : pembebanan, ukuran plat dan syarat-syarat tepi.

Dilihat dari penulangannya plat dibedakan atas dua jenis yaitu plat dua arah dan satu arah tergantung pada perbandingan panjang dan lebar pelat. Plat satu arah didefinisikan sebagai plat yang didukung pada dua sisi yang saling berhadapan sehingga lenturan yang timbul hanya pada satu arah saja, yaitu pada arah tegak lurus sisi dukungan tepi. Sedangkan untuk plat dua arah didefinisikan sebagai plat yang didukung sepanjang keempat sisinya dimana lenturan akan timbul dalam dua arah yang saling tegak lurus.

Pada perencanaan Gedung Ruko EX Kota Julian Daerah Pemerintah kota Bandung ini plat lantai maupun plat atap dirancang sebagai pembebanan saja karena struktur yang direncanakannya hanya struktur portal saja.

### 3.2.2 Tebal Plat

Tebal minimum plat menurut pasal 7.3 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971) maka tebal minimum Plat atap adalah 7 cm dan untuk plat lantai tebal minimum adalah 12 cm. Tebal plat dihitung berdasarkan SK SNI T-15 1991 03 pasal 3.2.5 point (3), yaitu tebal plat dua arah dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semuasisinya tidak lebih kurang dari nilai yang diperoleh dari :

$$H_{\min} = l_n / 28 (0,4 + f_y / 700)$$

Dimana :

$h_{\min}$  = Tebal plat minimum

$l_n$  = Panjang bersih bentang yang terpanjang

$f_y$  = Tegangan leleh baja

Tebal plat yang diambil pada perencanaan struktur portal ini adalah 10 cm untuk plat atap dan 13 cm untuk plat lantai, tebal plat tersebut didapat dari Gambar bestek Gedung Ruko EX Kota Julian.

### 3.2.3 Pembebanan Plat

Beban-beban yang diperhitungkan pada pembebanan plat terdiri dari beban mati (DL) dan beban hidup (LL).

Dalam SK SNI T-15 1991 03 pasal 3.2.2, besar kuat perlu untuk menahan beban mati dan beban hidup yang dipikul oleh struktur adalah:  $W_D = 1,2W_{DL} + 1,6W_{LL}$ .

Untuk pembebanan struktur plat, untuk beban hidupnya dibedakan antara pembebanan plat lantai dan plat atap.

#### *Beban Atap*

Beban hidup pada atap atau bagian dari atap serta pada struktur gedung (canopy) yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimal sebesar  $100 \text{ kg/m}^2$  bidang datar.

### *Beban Plat Lantai*

Beban hidup pada lantai gedung, untuk sekolah, Ruang kuliah, Kantor, Ruko, Toserba, Restoran, Hotel, Asrama dan Rumah sakit adalah  $250 \text{ kg/m}^2$ . Untuk reduksi beban hidup Ruko adalah 0,8.

## **3.3. Balok**

### **3.3.1. Perencanaan Balok**

Pada perhitungan struktur Gedung Ruko Ex kota Julian Kota Bandung ini, struktur dianalisa sebagai struktur dengan tingkat daktilitas 3, dengan pengertian struktur akan mengalami daformasi dengan membentuk sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok sehingga struktur dapat menyerap energi gempa tanpa mengalami keruntuhan, perhitungan gaya-gaya akibat beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dan beban gempa (E) dihitung dengan bantuan program SAP2000.

### **3.3.2 Perencanaan Tinggi Balok**

Perencanaan balok dimulai dengan menentukan dimensi balok, yaitu tinggi total, tinggi efektif, lebar balok dan selimut beton. Penentuan dimensi balok dilakukan dengan pendekatan terhadap kemampuan balok tersebut menahan beban kerja, sehingga pengaruh dari beban kerja seperti lendutan dapat dibatasi sesuai dengan ketentuan dalam SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5.2. Ketentuan tersebut berlaku untuk mutu baja  $f_y = 400 \text{ Mpa}$ , sedangkan untuk mutu baja yang lain harus dikalikan dengan faktor pengali yaitu:

$$\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

Untuk menentukan tinggi balok (h) yang berada pada dua tumpuan, dapat digunakan rumus:

$$h = \frac{1}{2}l \text{ untuk } f_y = 240 \text{ Mpa}$$

*Dimana:*

h = Tinggi total balok

L = Bentang teoritis balok

Secara umum, ukuran balok cukup diperkirakan dengan  $h = 1/10$  sampai  $1/15 \ell$ . Nilai global ini berlaku untuk balok yang kedua tepinya ditumpu bebas dan besarnya ( $h_{\min}$  untuk  $1/16 \ell$ ,  $f_y = 400$  untuk  $1/21 \ell$ ,  $f_y = 240$ ). Sedangkan untuk balok yang kedua ujungnya menerus pada tumpuan berlaku  $1/15 \ell$  ( $h_{\min}$  untuk  $1/21 \ell$ ,  $f_y = 400$  untuk  $1/28 \ell$ ,  $f_y = 240$ ).

### 3.3.3 Perencanaan Lebar Balok Rencana

Langkah selanjutnya setelah tinggi total balok ditentukan adalah mencari lebar balok ( $b$ ), untuk mencari lebar balok dapat digunakan pendekatan:  
 $B = \frac{1}{2} h$  s/d  $\frac{2}{3} h$  (Dasar- dasar Perencanaan Beton Bertulang – W.C. vis dan Gideon Kusuma).

### 3.3.4. Dasar Perhitungan

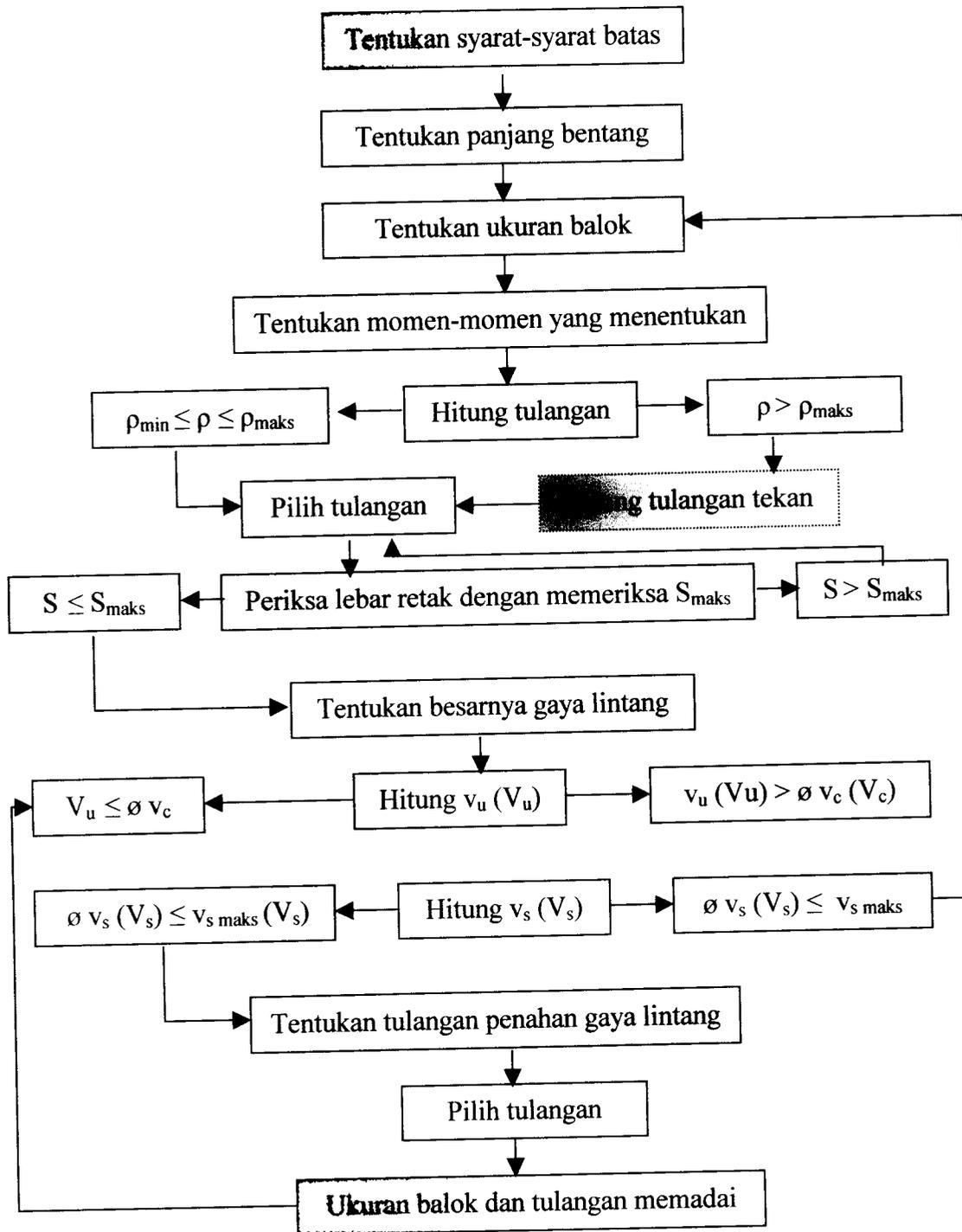
#### 1. Analisa balok

Balok direncanakan untuk menahan tegangan tekan dan tegangan tarik yang diakibatkan oleh beban lentur yang bekerja pada balok tersebut. Karena sifat beton yang kurang mampu dalam menahan tegangan tarik, maka beton diperkuat dengan tulangan baja pada daerah dimana tegangan tarik itu bekerja hal ini disebut struktur beton bertulang. Selain gaya lentur, hal-hal lain yang harus diperhatikan dalam perencanaan balok diantaranya : kapasitas geser, defleksi, retak dan panjang peyaluran yang harus sesuai dengan persyaratan.

Dilihat dari momen yang bekerja maka balok yang mengalami momen tumpuan dianalisis sebagai balok persegi, sedangkan balok yang mengalami momen lapangan dianalisis sebagai balok T.

Untuk lebih jelas dalam perencanaan balok lebih jelasnya lihat dalam diagram alir yang berada dibawah ini.

Diagram alir untuk perencanaan balok :



Gambar 3.1 Diagram alir perencanaan balok

## 2. Bentang Teoritis

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991 03 pasal 3.1.7.2 bentang teoritis ditentukan sebagai jarak pusat ke pusat antara pendukung, sedangkan bila balok tidak monolit dengan pendukung yang ada maka sesuai dengan SK SNI T-15-1991 03 pasal 3.1.7.1 bentang teoritis harus ditentukan sebagai bentang bersih  $L$  ditambah tinggi balok  $h$ .

## 3. Pembebanan

Balok selain memikul berat sendiri juga memikul berat dari plat. Beban plat di atasnya didistribusikan kepada balok-balok yang mendukung palt tersebut. Distribusi plat tersebut berupa beban merata segitiga yang disalurkan kepada balok yang lebih pendek yang diubah menjadi beban merata persegi panjang yang disebut dengan beban ekivalen ( $q_{ek}$ )

## 4. Gaya dalam yang menentukan

Momen gaya geser, akibat beban yang bekerja pada balok disalurkan kepada rangka struktur secara keseluruhan. Untuk membantu perhitungan analisis struktur ini digunakan program SAP 2000 sehingga memudahkan analisis struktur dan menghemat waktu perhitungan.

## 5. Menghitung Tulangan

### A. Balok Persegi

Analisis dan perencanaan balok menganggap balok yang mengalami momen tumpuan dianalisis sebagai balok persegi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

#### ***Balok Persegi Bertulangan sebelah***

1. Berdasarkan  $h$  yang diketahui, perkiraan  $d$  dengan rumus  $d = h - 70$  mm kemudian hitunglah  $k$  yang diperlukan dengan memakai persamaan

$$k = \frac{M_n}{\phi \cdot b d^2}$$

dimana

Cari  $\rho$  perlu dengan rumus 
$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot f'_c}} \right)$$

dengan 
$$k = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

- $k$  = koefisien tahanan  
 $M_u$  = Momen yang terjadi pada balok  
 $\phi$  = Koefisien induksi (0,8)  
 $b$  = Lebar balok  
 $d$  = Tinggi efektif balok

2. Hitung luas tulangan yang diperlukan  $A_s = \rho \cdot b \cdot d$
3. Tentukan batang tulangan yang akan dipasang dengan bantuan tabel 2.2.a buku seri beton 4 (Grafik dan tabel perhitungan Beton bertulang SKSNI T-15-1991 03), kemudian periksa ulang tinggi efektif aktual balok  $d = h - P - \phi_{sengk} - 1/2\phi_{tul ut}$

### **Balok persegi bertulangan rangkap**

1. Berdasarkan  $h$  yang diketahui, perkiraan  $d$  dengan rumus  $d = h - 100\text{mm}$
2. Ambil momen rencana ( $M_u$ ) yang terbesar dari tiga tipe pembebanan yang disesuaikan dengan SK SNI T-15-1991 03 pasal 3.2.2 yaitu:
  - $M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$
  - $M_U = 0,9 M_D \pm M_E$
  - $M_U = 1,05(M_D + M_L \pm M_E)$
3. Hitung  $k_{maks} = \rho_{maks} \cdot f_y \left( 1 - \frac{0,588 \rho_{maks} \cdot f_y}{f'_c} \right)$  dengan
 
$$\rho_{maks} = 0,75 \rho = 0,75 \frac{0,85 f'_c \cdot \beta_i}{f_y} \left\{ \frac{600}{600 + f_y} \right\}$$
4. Hitung  $M_{n maks} = \phi \cdot b \cdot d^2 \cdot k_{maks}$   
 Apabila  $M_{n maks} < M_u$ , maka rencanakan balok sebagai balok bertulangan rangkap  
 Apabila  $M_{n maks} > M_u$ , maka rencanakan balok sebagai balok bertulangan sebelah
5. Menentukan nilai  $\rho$  yang akan dipakai ( $\rho$  dapat diambil  $\leq \rho_{maks}$ )
6. Menghitung nilai  $k$  dan  $\rho$  yang dipilih (dilihat dari tabel A-9 buku struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo).
7. Menghitung  $M_n$  yang dihasilkan dari  $k$  di atas  $M_{n1} = \phi b d^2 k$

8. Dari  $\rho$  yang dipilih, tentukan luas tulangan baja tarik  $A_{sl}$  yang diperlukan :

$$A_{sl} = \rho \cdot b \cdot d$$

9. Menghitung nilai momen yang harus ditahan oleh pasangan tulangan baja tarik dan tekan ( $M_{n2}$ ), yaitu  $M_{n2} = M_U - M_{n1}$

10. Menghitung gaya tekan yang timbul pada tulangan tekan (anggap  $d' = 70$  mm).

$$N_m = \frac{M_{n2}}{\phi(d - d')}$$

11. Dengan  $N_{D2} = A_s' \cdot f_s'$  sedemikian rupa sehingga  $A_s'$  dapat ditentukan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan letak garis netral dari pasangan gaya beton tekan dan tulangan baja tarik kemudian memeriksa regangan  $\epsilon_s'$  pada tulangan tekan sedangkan nilai  $\epsilon_y$  didapat dari tabel.

$$a = \frac{A_{sl} \cdot f_y}{(0,85 f_c') b} \quad c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} (0,003)$$

Apabila  $\epsilon_s' \geq \epsilon_s$ , maka  $f_s' = f_y$

Apabila  $\epsilon_s' < \epsilon_s$  maka  $f_s' = \epsilon_s \cdot E_s$

12. Karena  $N_{D2} = A_s' \cdot f_s'$ , maka luas tulangan tekan ( $A_s$ ) perlu =  $N_{D2}/f_s'$

13. Menghitung  $A_{s2} = \frac{f_s' \cdot A_s'}{f_y}$  maka tulangan baja tarik total  $A_s = A_{sl} + A_{s2}$

14. Tentukan batang tulangan tarik ( $A_s$ ) yang akan dipasang dengan bantuan tabel 22a buku seri beton 4 (Grafik dan Tabel Perhitungan beton bertulang: SK SNI T-15-1991 03), periksa lebar balok dengan mengusahakan tulangan dipasang dalam satu lapis saja.

15. Kemudian periksa ulang tinggi efektif aktual balok  $d = h - \rho - d' - O_{sengk}$   
 $- 1/2 \phi_{tul\ trk} - 1/2 \phi_{tul\ tkn}$  dan bandingkan dengan tinggi efektif yang diperkirakan dalam perhitungan.

## B. Balok T dan L

Dalam merencanakan balok T, pada langkah awal disarankan untuk menentukan apakah balok tersebut berperilaku sebagai balok T persegi atau balok T murni. Apabila ditentukan sebagai balok T persegi, maka prosedur perencanaannya sama dengan yang dilakukan pada perencanaan balok persegi bertulang sebelah, sedangkan apabila sebagai balok T murni perencanaan dilakukan dengan cara perkiraan kemudian diikuti dengan analisis.

Berdasarkan pada bentuknya, umumnya flens menyediakan daerah tekan lebih cukup sehingga blok tegangan tekan seluruhnya terletak di daerah flens sehingga hampir selalu dijumpai balok T umumnya dianalisa dan direncanakan sebagai balok T persegi.

***Balok T bertulang sebelah dianalisis dan direncanakan sebagai balok T persegi:***

1. Menghitung momen rencana  $M_u$ .
2. Menetapkan tinggi efektif,  $d = h - 70 \text{ mm}$
3. Menetapkan lebar efektif flens balok berdasarkan SK SNI T-15-1991 03 pasal 3.2 10
4. Menentukan momen tahanan  $M_R$  dengan anggapan bahwa seluruh daerah flens efektif untuk tekan,  $M_R = \phi (0,85 \cdot f_c') b h_f (d - \frac{1}{2} h_f)$
5. Apabila  $M_R > M_u$ , blok akan berperilaku sebagai balok T persegi dengan lebar  $b$  dan apabila  $M_R < M_u$ , balok akan berperilaku sebagai balok T murni.
6. Menghitung  $k$  perlu,  $k_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{\phi \cdot b d^2}$
7. Mengambil nilai  $\rho$  dari  $k$  perlu (dilihat dari tabel A-9 buku struktur beton Bertulang Istimawan Dipohusodo)
8. Menghitung  $A_s \text{ perlu} = \rho b d$
9. Pilih batang tulangan baja tarik dan periksa lebar balok. Periksa ulang tinggi efektif actual balok  $d = h - \rho - \phi_{\text{sengk}} - 1/2 \phi_{\text{tul ut}}$  dan bandingkan dengan tinggi efektif yang diperkirakan dalam perhitungan:

10. Memeriksa  $\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$  dan  $\rho_{\text{aktual}} = \frac{A_s}{bd}$ , dimana  $\rho_{\text{aktual}} > \rho_{\min}$

11. Pemeriksaan persaratan tulangan, dimana  $A_{s_{\text{maks}}} > A_{s_{\text{aktual}}}$

***Balok T bertulangan sebelah dianalisis dan direncanakan sebagai balok T murni:***

1. Menghitung momen rencana  $M_u$ .
2. Menetapkan tinggi efektif,  $d = h - 70$  mm
3. Menetapkan lebar efektif flens berdasarkan SK SNI T-15-1991 03 pasal 3.1.10
4. Menentukan momen tahanan  $M_g$  dengan anggapan bahwa seluruh daerah flens efektif untuk tekan  $M_g = \phi(0,85 \cdot f_c')bh \left( d - \frac{1}{2}h_f \right)$
5. Apabila  $M_g > M_u$ , balok akan berperilaku sebagai balok T mpersegi dengan lebar  $b$  dan apabila  $M_g < M_u$ , balok akan berperilaku sebagai balok T murni.
6. Menentukan  $z = d - \frac{1}{2}h$
7. Menghitung  $A_{s \text{ perlu}}$ ,  $A_{s \text{ perlu}} = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot z}$
8. Pilih batang tulangan baja tarik dan periksa lebar balok. Periksa ulang tinggi efektif actual balok  $d = h - p - \phi_{\text{sengk}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul ut}}$  dan bandingkan dengan tinggi efektif yang diperkirakan dalam dalam perhitungan
9. Memeriksa  $\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$  dan  $\rho_{\text{aktual}} = \frac{A_s}{bd}$ , dimana  $\rho_{\text{aktual}} > \rho_{\min}$
10. Pemeriksaan persyaratan daktilitas, dimana  $A_{\text{maks}} > A_{s \text{ actual}}$

***Perencanaan Tulangan Geser***

Sesuai SK SNI T-15-1991 03 pasal 3.4.5 menyatakan bahwa tulangan geser dapat berupa sengkang vertikal atau pun tulangan geser miring. Pada desain gedung Ruko Ex kota Julian ini dipakai tulangan geser sengkang vertikal dengan pertimbangan penggunaan tulangan geser sengkang vertikal lebih

mudah pemasangannya dan lebih aman sebab pada kondisi gaya lintang berupa tandanya balok dan sengkang tetap berfungsi normal tidak membutuhkan pemakaian tulangan geser miring pada batang tekan diagonal seperti pada sistem rangka dengan tulangan geser miring.

Gaya lawan yang diberikan tulangan geser sengkang terhadap gaya geser.

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = (v_u - \phi v_c) b.d$$

$$\text{Luas tulangan sengkang minimum : } A_{s \text{ sengkang min}} = \frac{b_y}{3f_y}$$

$$\text{Luas penampang sengkang : } A_{s \text{ sengkang}} = \frac{(v_u - \phi.v_c)by}{\phi.fy}$$

$$\text{Syarat yang harus dipenuhi : } A_{s \text{ sengkang}} > A_{s \text{ sengkang min}}$$

$$\phi v_s = \frac{A_{s \text{ sengkang}} \cdot \phi \cdot fy}{by}$$

Tentukan nilai  $\phi v_s$  maks sesuai dengan mutu beton yang digunakan berdasarkan tabel 17 hal 129 buku dasar-dasar Perhitungan Struktur Beton Bertulang jilid 1 WC Vis dan Gideon Kusuma

Cek  $\phi v_s$  terhadap  $\phi v_s$  maks

Jika

- $\phi v_s \leq \phi v_s$  maks maka tulangan geser mampu menahan tegangan geser yang terjadi sehingga ukuran penampang dan tulangan pada balok sudah memadai
- $v_s$  terhadap  $v_s$  maks berarti tulangan geser pun tidak mampu menahan tegangan geser yang terjadi sehingga ukuran balok perlu didimensi ulang.

### ***Menghitung gaya lintang***

Perhitungan gaya lintang yang diakibatkan oleh beban mati dan beban hidup yang bekerja pada balok ini dibantu dengan program SAP 2000 versi 7.42

### ***Menghitung Tulangan Geser***

$$V_u = 1,2 V_D + 1,6 V_L, \text{ dan } v_u = \frac{V_u}{bd}, \text{ dimana}$$

$V_u$  = Gaya lintang pada penampang yang ditinjau

$V_D$  = Gaya lintang pada penampang

$V_L$  = Gaya lintang pada penampang yang ditinjau akibat beban hidup

Tegangan geser  $V_u$  harus memenuhi persyaratan :  $V_u > \phi V_c$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w \quad \text{dan} \quad v_c = \frac{V_c}{bd} = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'}$$

dimana :

$V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

$v_c$  = Batas tegangan geser dari penampang yang dapat menahan gaya geser dan lentur

$\phi$  = Factor reduksi kekuatan terhadap tegangan geser = 0,6

Nilai  $\phi v_c$  dapat dilihat pada tabel 15 halaman 125 buku dasar-dasar perhitungan Struktur Beton Bertulang jilid 1 WC Vis dan Gideon Kusuma

cek  $v_c (V_u)$  terhadap  $\leq \phi v_c (V_c)$

jika

- $v_u (V_u) \leq \phi v_c (V_c)$ , maka penampang yang ditinjau kuat menahan gaya geser, sehingga tidak diperlukan tulangan geser.
- $v_u (V_u) > \phi v_c (V_c)$ , maka penampang yang ditinjau kuat menahan gaya geser, sehingga diperlukan tulangan tambahan untuk menahan gaya geser.

### 3.4. Kolom

#### 3.4.1. Perencanaan Kolom

Untuk perencanaan kolom juga direncanakan berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 yang dimaksud dengan kolom adalah komponen struktur bangunan yang mempunyai fungsi atau tugas utamanya adalah menyangga beban aksial tekan vertikal.

Pada Desain Gedung Ruko Ex Kota Julian Kota Bandung ini dipilih kolom dengan pengikat sengkang lateral dengan pertimbangan kolom tipe ini lebih mudah pelaksanaannya dan lebih ekonomis dibandingkan dengan tipe lainnya.

### 3.4.2 Perencanaan Penampang Kolom

Bila suatu penampang beton harus menahan tidak hanya beban lentur  $M$  tetapi juga gaya normal (gaya aksial)  $P$ , maka distribusi tegangan internal menjadi lebih kompleks.

Dari teori elastisitas diketahui bahwa tegangan-tegangan yang ditimbulkan oleh  $M$  dan  $P$  boleh dijumlahkan sehingga memperoleh tegangan resultan, tegangan yang ditimbulkan oleh gaya normal:

$$\sigma_p = \frac{P}{b \cdot h}$$

Sehingga apabila kita ingin mendapatkan harga  $b$  dan  $h$  dapat digunakan rumus:

$$b \cdot h = \frac{P}{\sigma_p}$$

### 3.4.3 Pembebanan Pada Kolom

Kolom merupakan suatu elemen struktur yang menerima beban eksentris maupaun sentris. Biasanya kolom dibebani oleh gaya aksial dan momen lentur secara bersamaan, sehingga kolom harus direncanakan mampu untuk menahan gaya aksial dan momen maksimum dari beban berfaktor yang bekerja pada elemennya.

#### 1. Kekuatan Nominal Kolom

Kuat tekan rencana  $\phi \cdot P_n$  dari komponen tekan menurut SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.3, tidak boleh diambil lebih besar dari ketentuan berikut:

a. Untuk komponen struktur non pratekan dengan tulangan spiral:

$$\phi \cdot P_{n_{maks}} = 0,85 \cdot \phi [0,85 \cdot f_c'(A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

b. Untuk komponen struktur non pratekan dengan sengkang pengikat:

$$\phi \cdot P_{n_{maks}} = 0,80 \cdot \phi [0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

*dimana:*

$A_g$  = Luas bruto penampang kolom

$A_{st}$  = Luas tulangan memanjang kolom

$\phi$  = Faktor reduksi 0,65 (untuk tulangan kolom dengan tulangan sengkang) dan 0,70 (untuk tulangan spiral).

## 2. Kolom Dalam Keadaan Regangan Berimbang (*balance*)

Keadaan ini didefinisikan sebagai kejadian dimana serat terluar beton desak mencapai regangan maksimum  $s'_{cu} = 0,003$  bersamaan dengan tercapainya tegangan leleh  $s_y = f_y/E_s$  dengan  $E_s = 200.000$  Mpa.

$$Cb = \frac{0,003}{f_y/E_s + 0,003} x d \text{ atau } cb = \frac{600.d}{600 + f_y}$$

$$a = \beta_1 \cdot Cb$$

$$Cc = ab \cdot b \cdot 0,85 \cdot f_c'$$

$$Ts = A_s \cdot f_y$$

$$Cs = a's (f's - 0,85 \cdot f_c')$$

Apabila:

$$\varepsilon'_s > s'_y \text{ maka digunakan } f's = \varepsilon'_s \cdot E_s$$

$$\varepsilon'_s < s'_y \text{ maka digunakan } f's = f_y$$

Kuat tekan nominal:

$$P_{nb} = Cc + Cs - Ts$$

$$P_{nb \text{ rancang}} = \phi \cdot P_{nb}$$

$$M_{nb} = Cc \left( \frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + Cs \left( \frac{h}{2} - d's \right) + Ts \left( \frac{h}{2} - d's \right)$$

## 3. Kolom Dalam keadaan Beton Desak Menentukan

Saat serat terluar beton desak mencapai regangan 0,003 dan baja tulangan tarik belum mencapai regangan leleh sehingga hampir seluruh penampang kolom mengalami desak, maka keadaan tersebut disebut kolom dalam keadaan desak menentukan. Garis netral terletak disebelah kiri regangan seimbang, karena  $c > cb$ , maka  $\varepsilon_s < \varepsilon_y$  atau  $f_s < f_y$ . Untuk mencari nilai  $P_n$  rancang dan  $M_n$  rancang dilakukan langkah seperti yang diterapkan pada kolom dalam keadaan regangan seimbang.

## 4. Kolom Dalam Keadaan Tulangan Tarik Menentukan

Bila regangan terjadi pada tulangan baja tarik yang telah mencapai regangan leleh  $s_y$  ( $\varepsilon_s = s_y$ ), sedangkan pada balok desak regangan maksimum  $s_{cu}$  (0,003), maka dikatakan kolom dalam keadaan tulangan tarik menentukan (dimana sebagian besar penampang kolom mengalami tarik dan garis netral

terletak lebih kanan dari regangan berimbang  $c < c_b$ ). Untuk mencari nilai  $P_n$  rancang dan  $M_n$  rancang dilakukan tetap seperti yang diterapkan pada kolom dalam keadaan regangan seimbang.

5. *Diagram Interaksi*

a. Kolom dalam keadaan regangan seimbang, untuk mencari  $P_{nd}$  dan  $M_{nb}$  harus dikalikan faktor  $\phi = 0,65$ .

b. Kolom dalam keadaan  $\phi \cdot P_a = 0$ , dimana analisa penampang kolom sama dengan analisis penampang komponen struktur lentur balok.

$$a = \beta \cdot c$$

$$C_c = a \cdot b \cdot 0,85 \cdot f'c$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$C_s = A's \left( \frac{c-d's}{c} \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'c \right)$$

$$A_s \cdot f_y = \beta_1 \cdot b \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot c_2 + A's \left( \frac{c-d's}{c} \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'c \right)$$

$$0 = \beta_1 \cdot b \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot c_2 + (0,003 \cdot E_s \cdot A's - 0,85 \cdot f'c \cdot A's - A_s \cdot f_y)$$

Maka diperoleh persamaan kuadrat dengan:

$$A = \beta_1 \cdot b \cdot 0,85 \cdot f'c$$

$$B = (0,003 \cdot E_s \cdot A's - 0,85 \cdot f'c \cdot A's - A_s \cdot f_y)$$

$$C = -0,003 \cdot E_s \cdot A's \cdot d'$$

$$C_{12} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2A}; a = \beta_1 \cdot c$$

$$M_n = C_c (h/2 - a/2) + C_s \cdot (h/2 - d') + T_s (h/2 - d_s)$$

$$M_{n\text{rancang}} = \phi \cdot M_n$$

c. Kolom dengan beban aksial sentris

$$P_o = 0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y$$

Dengan:

$$A_g = b \cdot H$$

$$A_{st} = \text{Luas tulangan total}$$

$$P_{no} = \phi \cdot P_o$$

$\phi = 0,85$  untuk kolom dengan sengkang spiral

$\phi = 0,80$  untuk kolom dengan sengkang pengikat

$\phi = 0,60$  untuk kolom dengan sengkang biasa

Diagram interaksi  $\phi \cdot P_n = \phi \cdot M_n$  menyatakan hubungan antara  $\phi \cdot P_n$  dan  $\phi \cdot M_n$ . Dengan membuat sumbu  $-x$  dan sumbu  $-y$  menyatakan besaran  $M_n$  dan sumbu  $-y$  menyatakan besaran  $P_n$ . Laluy nilai  $\phi \cdot P_n$  dan  $\phi \cdot M_n$  pada keadaan seimbang diplotkan ke sumbu tersebut, begitu juga dengan nilai  $\phi \cdot P_n$  dan  $\phi \cdot M_n = 0$  dan nilai  $P_o$  maksimal dan garis  $P_{no} = \phi \cdot P_o$ .

#### 6. Pengaruh Kelangsingan Pada Kolom

Kolom memiliki perbandingan  $1 / r$  yang besar akan lebih mudah melendut dibandingkan dengan kolom yang memiliki  $1 / r$  yang kecil. Lendutan yang akan terjadi menimbulkan momen sekunder, sehingga momen yang bekerja pada kolom bertambah besar. Menurut SNI T-151991-03 pasal 3.3.11, untuk kolom yang ditahan goyangan ke samping, pengaruh kelangsingannya boleh diabaikan apabila:

$$\frac{K \cdot Lu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right)$$

untuk kolom yang tidak ditahan terhadap goyangan kesamping, pengaruh kelangsingannya boleh diabaikan apabila :

$$\frac{K \cdot Lu}{r} < 22$$

dimana :

K = Faktor panjang efektif kolom

Lu = Panjang bebas kolom

R = Jari-jari inersia penampang kolom  $\sqrt{(I/A)}$

Nilai K diperoleh dari persamaan berikut :

a. Bila kedua ujung kolom terjepit oleh balok :

$$k = \frac{20 - \Psi m}{\Psi m} \cdot \sqrt{1 + \Psi m}, \text{ untuk } \Psi m \leq 2$$

$$k = 0,9 \cdot \sqrt{1 + \Psi m}, \text{ untuk } \Psi m \geq 2$$

Dimana  $\Psi m$  adalah nilai rata-rata dari  $\Psi_A$  dan  $\Psi_B$ , dengan rumus :

$$\Psi_A = \frac{\sum \left( \frac{EI_k}{I_k} \right)}{\sum \left( \frac{EI_B}{-I_B} \right)} \text{ untuk ujung bawah kolom}$$

$$\Psi_B = \frac{\sum \left( \frac{EI_k}{I_k} \right)}{\sum \left( \frac{EI_A}{-I_A} \right)} \text{ untuk ujung bawah kolom}$$

b. Bila salah satu ujung kolom terjepit :

$$K = 2,0 + 3,0 \Psi$$

$\Psi$  terletak pada ujung yang terjepit dengan nilai :

$$EI_k = \frac{(Ec \cdot Ig) / 2,5}{1 + \beta \cdot d}$$

$$EI_b = \frac{(Ec \cdot Ig) / 5}{1 + \beta \cdot d}$$

$$B \cdot d = \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L}$$

$E_c$  = Modulus elastisitas beton

$I_g$  = Momen inersia

$I_k$  = Panjang bebas kolom

$I_b$  = Panjang bebas balok

$D$  = Beban mati

$L$  = Beban hidup

Pada portal yang memiliki nilai  $E_c$  yang sama, nilai  $E_c \times I_k$  dan  $E_c \times I_b$  diatas dapat disederhanakan dengan hanya menggunakan  $I_k$  dan  $I_b$  saja. Dari rumus mencari  $EI_k$  dan  $EI_b$  terlihat.

Bahwa nilai tersebut hanya dipengaruhi oleh  $I_g$  dan faktor pembagi (nilai  $\beta_d$  sama). Sehingga untuk keperluan praktis nilai  $I_k = I_g$  kolom =  $1/12 bh^3$ , sedangkan nilai  $I_b = 0,5 \times 1/12 bh^3$  (untuk bentuk persegi).

Untuk kolom yang dipengaruhi oleh faktor kelangsingan, harus direncanakan dengan menggunakan beban aksial berfaktor  $P_u$  dan suatu momen berfaktor yang diperbesar  $M_c$ , didefinisikan sebagai :

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_B \cdot M_{2B}$$

Dimana :

$M_c$  = Momen berfaktor yang digunakan untuk komponen perancangan komponen struktur tekan.

$\delta$  = Faktor pemebesaran momen

$M_{2b}$  = Nilai yang lebih besar dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan, dengan catatan jika  $M_{2b} < P_u (15 + 0,003h)$ , maka  $M_{2B}$  harus dianggap sebesar  $M_{2B} = P_u (15 + 0,003h)$

$M_{2B}$  = Nilai yang lebih besar dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang mengalami goyangan kesamping.

Faktor pembesar momen  $\delta$  ditentukan berdasarkan dengan ada tidaknya goyangan pada struktur :

a. Untuk kolom tidak bergoyang:

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - P_u / \phi \cdot P_c} \geq 1$$

$$\delta_s = 1$$

$P_u$  adalah beban aksial berfaktor dan  $P_c$  adalah beban kriteria yang dihitung dengan rumus Euler :

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(K \cdot Lu)^2}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 (M_{1b} / M_{2b})$$

b. Untuk kolom yang bergoyang

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - P_u / \phi \cdot P_s} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \sum P_u / \phi \cdot \sum P_c} \geq 1$$

$\Sigma P_u$  dan  $\Sigma P_c$  adalah penjumlahan gaya dari semua kolom dalam satu tingkat.

## 7. Perancangan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur dan Aksial

### a. Perancangan kolom dengan daktilitas 3 (penuh)

Kuat lentur kolom portal dengan daktilitas penuh yang ditentukan pada bidang muka balok  $M_{ul}$  harus dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu dengan kolom tersebut. Dalam perancangan ini digunakan prinsip “kolom kuat balok lemah” dengan maksud agar kapasitas kolom lebih besar daripada balok, sehingga menjamin kekuatan kolom tetap berdiri apabila terkena gaya lateral siklis gempa dan menjamin balok mengalami sendi plastis. Dalam daktilitas penuh, kuat lentur kolom harus memenuhi persamaan dan persyaratan :

$$\Sigma M_{uk} > 0,7 \infty d \Sigma M_{kap.b} \text{ atau}$$

$$\Sigma M_{uk} > 0,7 \infty d \infty k (M_{kap.ki} + M_{kap.ka})$$

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$\Sigma M_{uk} = 1,05 \Sigma (M_{Dki} + M_{ML} + 4/k \cdot M_{Ek})$$

$$M_{kap.b} = \phi_0 \cdot M_{kap.b}$$

$$\phi M_{k,n} > M_{k,u} \text{ dimana :}$$

$\Sigma M_{uk}$  = Jumlah momen rencana kolom pada pusat joint, kuat lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial berfaktor yang konsisten dengan arah gaya dari arah lateral yang ditinjau.

$\infty d$  = Faktor pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadi sendi plastis pada struktur rencana secara keseluruhan, diambil 1,3.

$$\Sigma M_{\text{kap},b} = M_{\text{kap},ki} + M_{\text{kap}}$$

$\Sigma M_{\text{kap},b}$  = Jumlah momen kapasitas balok pada pusat joint yang berhubungan dengan kapasitas lentur aktual dari balok (untuk jumlah luas tulangan yang sebenarnya terpasang).

$\Sigma M_{\text{kap},ki}$  = Momen kapasitas lentur balok sebelah kiri bidang muka kolom.

$\Sigma M_{\text{kap},ka}$  = Momen kapasitas lentur balok sebelah kanan bidang muka kolom.

$M_{\text{DK}}$  = Momen pada kolom akibat beban mati.

$N_{\text{E},k}$  = Gaya aksial kolom akibat beban gempa.

Untuk kuat geser kolom portal dengan daktilitas penuh berdasarkan sendi-sendi plastis pada ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut, harus dihitung dengan rumus :

$$V_{\text{UK}} = \frac{Mu, k_{\text{atas}} + Mu, k_{\text{bawah}}}{H_a}$$

Tetapi dengan segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 (V_{d,k} + V_{L,k} + 4,0/k \cdot V_{e,k})$$

Dengan :

$Mu, k_{\text{atas}}$  = Momen rencana kolom pada ujung atas dihitung pada muka balok

$Mu, k_{\text{bawah}}$  = Momen rencana kolom pada ujung bawah dihitung pada muka balok

$M_{\text{kap}, k_{\text{bawah}}}$  = Kapasitas lentur pada ujung kolom lantai dasar =  $\phi_0 \cdot M_{\text{nak}, k_{\text{bawah}}}$

$M_{\text{nak}, k_{\text{bawah}}}$  = Kuat lentur nominal aktual ujung dasar kolom lantai dasar berdasarkan luas tulangan aktual yang terpasang.

$H_a$  = Tinggi bersih kolom

$V_{\text{D},k}$  = Gaya geser kolom akibat beban mati

$V_{\text{L},k}$  = Gaya geser kolom akibat beban hidup

$V_{\text{E},k}$  = Gaya geser kolom akibat beban gempa

$M_{\text{D},l}$  = Momen pada kolom akibat beban hidup

$M_{\text{D},L}$  = Momen pada kolom akibat beban gempa

$\phi_0$  = Faktor pembebanan kekuatan yang memperhitungkan pengaruh pembebanan kekuatan maksimal dari tulangan terhadap kuat leleh yang ditetapkan sebesar 1,25 untuk tulangan dengan  $f_y < 400$  Mpa dan 1,40 untuk  $f_y > 400$  Mpa.

$M_{nak,b}$  = Kuat lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan sebenarnya adapada penampang balok yang ditinjau.

Beban aksial rencana  $N_{U,K}$  yang bekerja pada kolom beton dengan daktilitas penuh dihitung dari :

$$N_{U,K} = \frac{0,7.Rn.\sum M_{kap,b}}{I_b} + 1,05 N_{gk}$$

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$N_{U,K} = 1,05 (N_{g,k} + 4,0/k \cdot N_{E,K})$$

Dengan :

$\sum M_{kap,b}$  = Momen kapasitas balok pada pusat join dengan memperhitungkan kombinasi momen positif dan momen negatif.

$Rn$  = Faktor reduksi yang ditentukan sebesar : 1,0 untuk  $1 < n < 4$ ,  
1,1 – 0,025 untuk  $4 < n < 20$ , dan 0,6 untuk  $n > 20$ .

$N$  = Jumlah lantai diatas kolom yang ditinjau

$I_b$  = Bentang balok dari pusat kepusat

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

Persyaratan untuk jarak spasi maksimum dari sengkang menurut SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.4.4, ditetapkan bahwa tulangan transfersal/sengkang harus dipasang dengan spasi tidak melebihi :

1.  $\frac{1}{4}$  dari dimensi komponen struktur kecil,
2. Lebih kecil atau sama dengan 8 kali diameter tulangan memanjang,
3. Lebih kecil sama dengan 100 mm.

#### b. Perancangan Tulangan Kolom

Untuk menentukan luas tulangan yang harus disediakan, digunakan Grafik Perhitungan Beton Bertulang yang disusun oleh W.C Vis – Gideon sebagai berikut :

## 1. Menghitung

$$et = Mu/Pu$$

$$k_1 = \frac{Pu}{\phi \cdot Agr \cdot f'c} \left( \frac{et}{h} \right)$$

$$k_2 = \frac{Pu}{\phi \cdot Agr \cdot f'c}$$

## 2. Memilih diagram yang sesuai

Dengan harga  $k_1$  dan  $k_2$  dari diagram tersebut akan didapat harga  $\rho$ , sehingga luas tulangan akan diperoleh yaitu  $As = \rho \cdot d \cdot h$

## 3. Menetapkan ukuran dan jumlah tulangan yang dipergunakan

## c. Kontrol Kekuatan Kolom Biaksial

Beberapa metode untuk menganalisis kolom lentur biaksial dari buku "Design beton bertulang" jilid I (C.K. Wang dan C.G. Salmon) :

## 1. Metoda beban berlawanan dari Brester :

$$1/P_n = 1/P_x + P_y - 1/P_o$$

$$\phi \cdot P_n > P_u$$

Dimana :

$P_x$  = Gaya aksial yang terjadi akibat  $e_y$

$P_y$  = Gaya aksial yang terjadi akibat  $e_x$

$P_o$  = Gaya aksial nominal kolom

## 2. Metoda kontur beban dari Brester

$$(M_{ux}/M_{ox}) \cdot \alpha + (M_{uy}/M_{oy}) \cdot \alpha \leq 1,0$$

$M_{ux}$  = Momen perlu arah x

$M_{uy}$  = Momen perlu arah y

$M_{ox}$  =  $M_{ux}$  kapasitas pada beban aksial  $P_u$ , bila  $M_{uy}$  ( $e_y$ ) nol

$M_{oy}$  =  $M_{uy}$  kapasitas pada beban aksial  $P_u$ , bila  $M_{ux}$  ( $e_x$ ) nol

$\alpha$  = Antara 1,15 – 1,55 (pangkat yang tergantung pada dimensi dari penampang, jumlah dan letak penulangan, kekuatan beton, tegangan leleh tulangan dan jumlah dari selimut beton).

## 3. Metoda kontur beban dari Parme :

Untuk  $M_{uy}/M_{oy} > M_{ux}/M_{ox}$  :

$$\frac{Muy}{Moy} + \frac{Mux(1-\beta)}{Mox.\beta} \leq 1,0, \beta \text{ Rata-rata} = 0,65$$

untuk  $Muy/Moy < Mux/Mox$

$$\frac{Muy}{Moy} + \frac{Mux(1-\beta)}{Mox.\beta} \leq 1,0, \beta \text{ Rata-rata} = 0,65$$

### 3.4.4 Penulangan Geser

Dalam SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.1, dinyatakan bahwa komponen struktur yang menerima gaya geser harus direncanakan menurut ketentuan sebagai berikut :

$$Vu = \phi.vn$$

$$Vn = Vc + Vs$$

$Vu$  = Gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$$Vn = C.(q \text{ rancangan} \cdot l/2 \text{ 1a})$$

Dimana :

$C$  = Koefisien sebesar 0,5 untuk plat dalam kedua tumpuan terjepit dan kedua tumpuan bebas, dan juga plat dalam keadaan sekelilingnya terjepit penuh. Koefisien sebesar 0,67 untuk plat dalam keadaan tiga tumpuan terjepit dan satu tumpuan bebas.

$Vn$  = Gaya geser nominal

$Vc$  = Gaya geser nominal beton

$Vs$  = Gaya geser nominal tulangan geser

$\Phi$  = Untuk geser dan torsi di ambil sebesar 0,6.

Kuat geser nominal beton ( $Vc$ ) untuk struktur yang dibebani oleh lentur dan geser saja (SKSNI T-17-1991-03 pasal 3.4.3) adalah :

$$Vc = 1/6.(\sqrt{fc'})bw.d$$

Untuk struktur yang dibebani gaya tekan aksial, lentur dan geser :

$$Vc = 2\left(\frac{Nu+1}{14.Ag}\right) \times 1/6.(\sqrt{fc'})bw.d$$

Dimana :

$b_w$  = Lentur badan plat yang ditinjau

$D$  = Tinggi efektif plat yang ditinjau

$N_u/A_g$  dalam Mpa

Sedangkan kuat geser nominal baja :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d}{s}$$

Abaapila digunakan sengkang vertical atau tulangan sengkang yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur atau  $\alpha = 90^\circ$ , maka :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

Dimana :

$A_v$  = Luas tulangan geser dalam jarak  $s$

$f_y$  = Tegangan leleh tulangan geser  $\leq 400$  Mpa

dengan syarat :  $V_s \leq 2/3 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$

Batas spasi tulangan geser ( $s$ ) :

- a.  $s \leq d/2$
- b.  $s \leq 600$  mm
- c. Untuk nilai  $V_s > 1/3 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$ ,  
(Nilai  $s$  diatas harus dikurangi separuhnya)