

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Pembebanan**

Dalam perancangan suatu struktur bangunan harus memenuhi peraturan-peraturan yang berlaku sehingga diperoleh suatu struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Struktur bangunan yang dirancang harus mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Beban-beban tersebut meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin, dan atau kombinasi dari beban-beban tersebut. Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 dapat dijelaskan pada uraian berikut :

1. Beban mati

Beban mati adalah berat 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.

2. Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

3. Beban gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.

4. Beban angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

## B. Kombinasi Pembebanan

### 1. Kombinasi Beban

Pada kombinasi pembebanan ada perbedaan pada peraturan pembebanan SNI gempa tahun 2002 dan 2012, Pada peraturan pembebanan gempa tahun 2012 mengalami penambahan kombinasi beban pada kombinasi beban gempa dengan mengaitkan percepatan respon spektrum periode 0,2 dan 1 detik, untuk pengaruh beban gempa horizontal dibebankan dengan mengalikan oleh faktor pengali seperti persamaan 3.20 berikut.

$$E_h = \rho Q_E \quad (3.20)$$

dengan  $Q_E$  adalah beban gempa nominal dan  $\rho$  adalah faktor redundansi.

Kombinasi pembebanan yang dapat digunakan mengikuti Persamaan 3.21 dan Persamaan 3.22 berikut.

$$(1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + L \quad (3.21)$$

$$(0,9 - 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + 1,6H \quad (3.22)$$

dengan ketentuan:

- a. Faktor beban pada L dalam Persamaan 3.21 diijinkan sama dengan 0,5 untuk semua hunian di mana besarnya beban hidup merata kurang dari atau sama dengan 5 kN/m<sup>2</sup>, dengan pengecualian garasi atau ruang pertemuan;
- b. Faktor beban pada H harus ditetapkan sama dengan nol dalam Persamaan 3.22 jika aksi struktur akibat H berlawanan dengan aksi struktur akibat E. Jika tekanan tanah lateral memberikan tahanan terhadap aksi struktur dari gaya lainnya, faktor beban tidak boleh dimasukkan dalam H tetapi harus dimasukkan dalam tahanan desain.

### 2. Kuat Perlu

Kuat perlu merupakan kekuatan komponen struktur yang dibutuhkan untuk menahan beban terfaktor baik momen maupun gaya dalam yang terjadi

berkaitan dengan beban tersebut dalam suatu kombinasi yang ditetapkan dalam Standar pada peraturan pembebanan gempa tahun 2012 dan standar pada peraturan pembebanan beton tahun 2013 kombinasi untuk kuat perlu struktur memiliki kesamaan

dijelaskan bahwa kekuatan perlu  $U$  harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor seperti pada Persamaan 3.23 hingga Persamaan 3.29 berikut:

$$U = 1,4D \quad (3.23)$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \quad (3.24)$$

$$U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) \quad (3.25)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \quad (3.26)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \quad (3.27)$$

$$U = 0,9D + 1,0W \quad (3.28)$$

$$U = 0,9D + 1,0E \quad (3.29)$$

kecuali sebagai berikut:

- a. Faktor beban pada beban hidup  $L$  dalam Persamaan 3.25 sampai 3.27 diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan publik, dan semua luasan dengan  $L$  lebih besar dari 4,8 kN/m<sup>2</sup>,
- b. Bila  $W$  didasarkan pada beban angin tingkat layan,  $1,6W$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $1,0W$  dalam Persamaan 3.26 dan 3.28, dan  $0,8W$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $0,5W$  dalam Persamaan 3.25.

Selain kombinasi pembebanan diatas, terdapat hal-hal yang perlu disesuaikan dengan kombinasi pembebanan yang diatur dalam SNI Beban Gempa 2002 dan 2012

Diperaturan pembebanan gempa 2012 yang telah dicantumkan pada Persamaan 3.21 dan Persamaan 3.22. Persamaan 3.21 dan Persamaan 3.22 ini sesungguhnya memberikan penyesuaian pada kombinasi pembebanan pada Persamaan 3.27 dan Persamaan 3.29 diatas. Sehingga, agar lebih selaras dalam penggunaan kombinasi pembebanan antara peraturan SNI Beban

Gempa 2012 yang melibatkan pembebanan gempa digunakan Persamaan 3.21 dan Persamaan 3.22 sebagai kombinasi yang terpengaruh beban gempa.

### 3. Kuat Nominal

Kuat nominal adalah kemampuan komponen struktur dalam menerima beban yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi metode perencanaan sebelum dikalikan dengan nilai faktor reduksi kekuatan yang sesuai. Beberapa kuat nominal yang akan dipakai adalah sebagai berikut:

- a. Untuk momen, kuat nominal berupa kuat lentur nominal ( $M_n$ ),
- b. Untuk gaya tekan, kuat nominal berupa kuat tekan nominal ( $P_n$ ),
- c. Untuk gaya geser, kuat nominal berupa kuat geser nominal ( $V_n$ ),
- d. Untuk gaya torsi, kuat nominal berupa kuat torsi nominal ( $T_n$ ).

### 4. Kuat Rencana

Kuat rencana suatu komponen struktur sehubungan dengan perilaku lentur, beban normal, geser dan torsi harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dihitung dengan suatu faktor reduksi kekuatan  $\phi$  yang ditentukan sebagai berikut :

- |  |        |
|--|--------|
| a. lentur, tanpa beban aksial                  | = 0,80 |
| b. aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur | = 0,80 |
| c. aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur | = 0,65 |
| d. geser dan torsi                             | = 0,75 |
| e. geser pada komponen struktur penahan gempa  | = 0,55 |

## C. Struktur Tahan Gempa

### 1. Berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002

- a. Pada pasal 23.2 ayat 3 faktor reduksi kekuatan, harus diambil sesuai dengan ketentuan pada pasal 11.3 ayat 4 yakni, faktor reduksi kekuatan  $\phi$

untuk lentur, tekan, geser, dan tumpu pada beton polos struktural harus diambil sebesar 0,55.

- b. Pada pasal 23.2 ayat 4 untuk beton pada komponen struktur yang merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa, harus memenuhi persyaratan di bawah ini :
- 1) Kuat tekan  $f_c'$  beton tidak boleh kurang dari 20 MPa.
  - 2) Kuat tekan beton agregat ringan yang digunakan dalam perencanaan tidak boleh melampaui 30 MPa. Beton agregat ringan dengan kuat tekan rencana yang lebih tinggi boleh digunakan bila dapat dibuktikan dengan pengujian bahwa komponen struktur yang dibuat dari beton agregat ringan tersebut mempunyai kekuatan dan keterangan yang sama atau lebih dari komponen struktur setara yang dibuat dari beton agregat normal dengan kekuatan yang sama.

## 2. Berdasarkan SNI 2847:2013

- a. Pada pasal 21.1 ayat 3 untuk faktor reduksi kekuatan harus seperti yang diberikan dalam pasal 9.3 ayat 4,  $\phi$  harus sebesar 0,60 untuk lentur, tekan, geser, dan tumpuan beton polos struktural.
- b. Pada pasal 21.1 ayat 4 untuk beton pada rangka momen khusus dan dinding struktur khusus, harus memenuhi syarat sebagai berikut :
- 1) Kekuatan tekan beton yang ditetapkan,  $f_c'$ , tidak boleh kurang dari 20 MPa.
  - 2) Kekuatan tekan beton berat ringan (*lightweight*) yang ditetapkan,  $f_c'$ , tidak boleh melebihi 35 MPa kecuali bila ditunjukkan dengan bukti eksperimen bahwa komponen struktur yang dibuat dengan beton berat ringan tersebut memberikan kekuatan dan ketegaran (*toughness*) yang sama dengan atau melebihi kekuatan tekan komponen struktur setara yang dibuat dengan beton berat normal (*normalweight*) dengan kekuatan yang sama. Faktor modifikasi  $\lambda$  untuk beton berat ringan dalam standar ini harus sesuai dengan pasal 8.6 ayat 1 dimana  $\lambda = 0,85$  untuk beton ringan pasir dan 0,75

untuk beton ringan semuanya. Kecuali bila selain disebutkan secara spesifik.

## **D. Perancangan Tulangan Balok**

### **1. Persyaratan Dimensi Balok**

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.3 ayat 1 dan SNI 2847:2013 pasal 21.5 ayat 1 untuk komponen–komponen struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang memikul gaya akibat beban gempa dan dirancang untuk memikul lentur, batasan penampang komponen struktur tersebut harus memenuhi syarat-syarat di bawah ini :

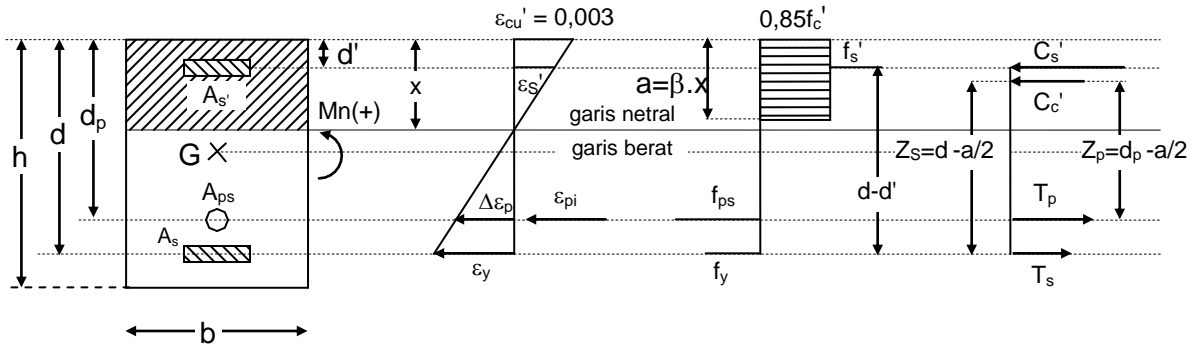
- a. gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi  $0,1.A_g.f_c'$ .
- b. bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
- c. perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.
- d. lebarnya tidak boleh kurang dari 250 mm dan tidak boleh lebih dari lebar komponen struktur pendukung (diukur pada bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen struktur lentur) ditambah jarak pada tiap sisi komponen struktur pendukung yang tidak melebihi tiga perempat tinggi komponen struktur lentur.

### **2. Perancangan Tulangan Lentur Balok**

Penulangan hendaknya dipakai dengan pebulangan rangkap, karena selain diperlukan untuk mengaitkan sengkang, juga memiliki fungsi yang lain, yaitu:

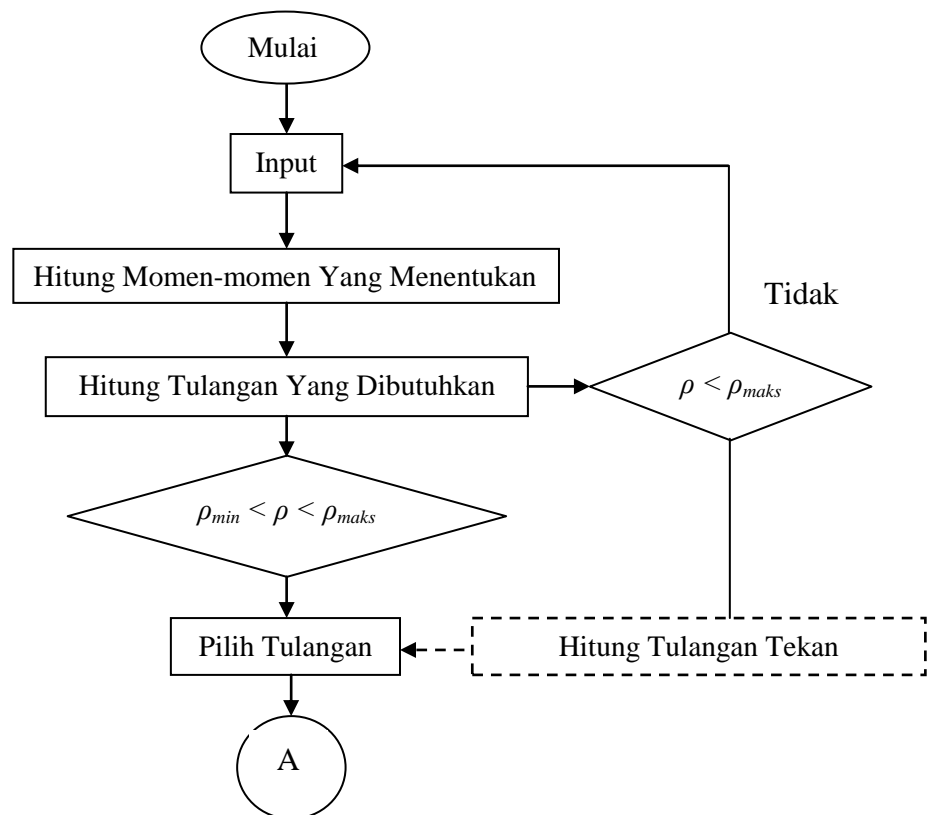
- a. Meningkatkan besar momen yang dapat dipikul.
- b. Meningkatkan kapasitas rotasi penampang yang berkaitan dengan peningkatan daktilitas penampang.
- c. Meningkatkan kekakuan penampang.
- d. Dapat mengatasi kemungkinan momen berubah arah yang diakibatkan oleh beban gempa.

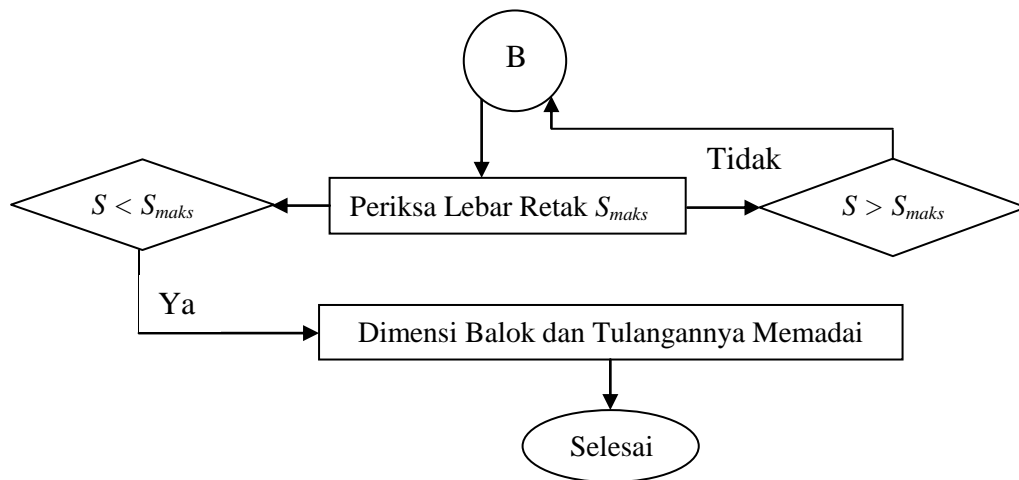
Dari anggapan-anggapan dasar yang digunakan didapat diagram tegangan dan regangan balok seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Penampang diagram tegangan – regangan  
(Sumber : SNI 03-2847-2002)

Adapun *flowchart* untuk perhitungan tulangan lentur balok dijelaskan pada gambar 3.2 :





Gambar 3.2 Diagram alir tulangan lentur pada balok

- Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja
- Mengasumsikan tinggi efektif :  
 $d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan}$
- Menghitung beban rencana terfaktor ( $M_{u,b}$ )
- Menghitung  $\rho$  diperoleh melalui tabel *Design Aids* berdasarkan pada tegangan leleh tulangan baja dan nilai  $Rn$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

- Menghitung momen nominal ( $Mn$ )  
 $Mn = Cc \cdot z = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a \cdot (d - \frac{a}{2})$   
 $T \cdot z = As \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$
- Menghitung momen ultimit  
 $(Mu) = \phi \cdot Mn$
- Menghitung luas tulangan  
 $As = \rho \cdot b \cdot d$
- Menghitung diameter dan jumlah tulangan

$$\text{Gaya desak beton: } Cc = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b$$

$$\text{Gaya tarik baja: } Ts = As \cdot fy$$

$$\text{Keseimbangan gaya : } Cc = Ts \rightarrow a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$



- i. Menghitung tulangan dengan syarat  $\rho_{\min} < \rho \leq \rho_{\max}$

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

$$\rho_b = 0,85 \cdot \frac{f'c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

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

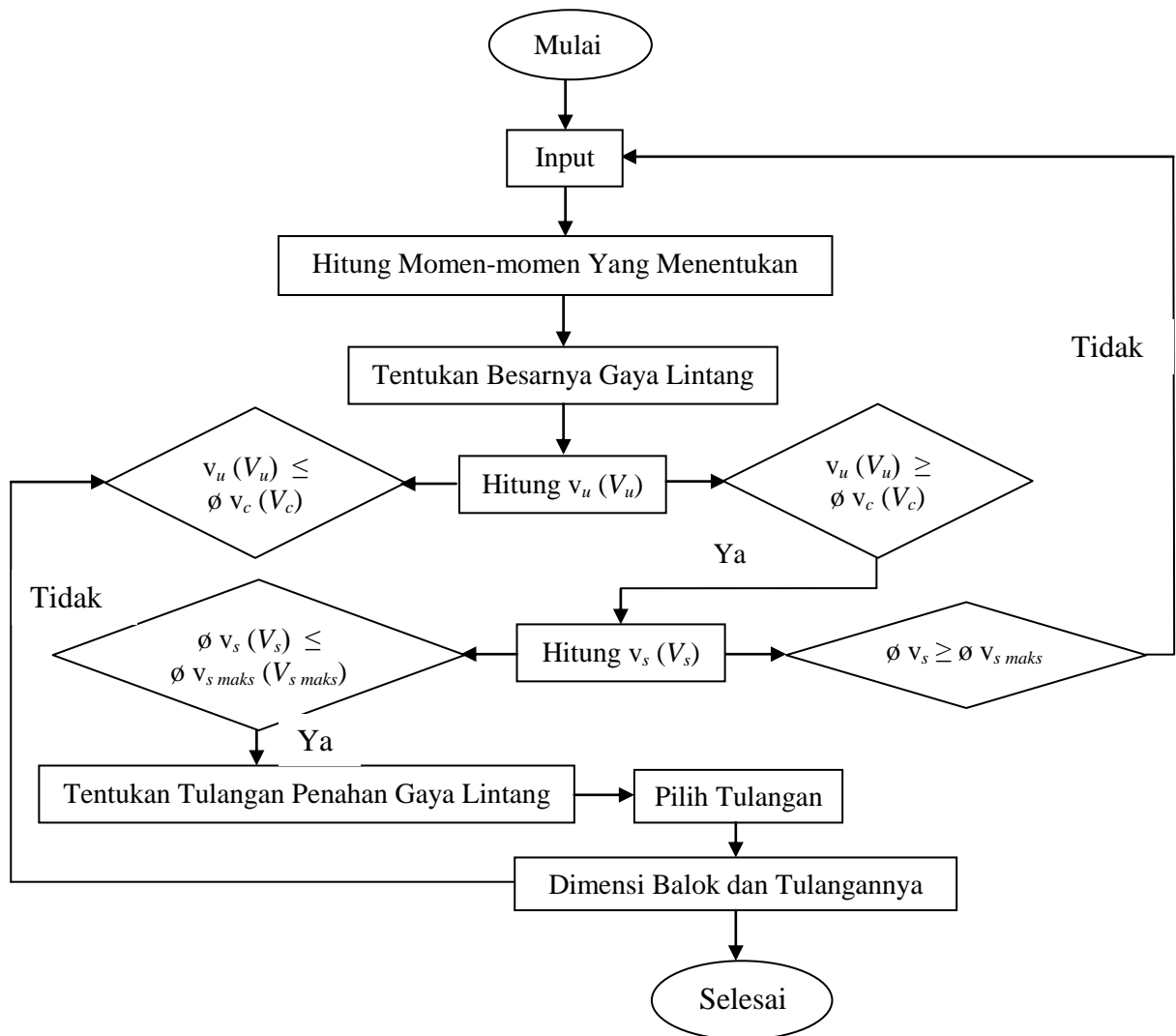
$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

### 3. Perancangan Tuangan Geser Balok

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.3 ayat 4 dan SNI 2847:2013 pasal 21.5 ayat 4 gaya geser rencana  $V_e$  harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum  $M_{pr}$ , harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor disepanjang bentangnya. Momen-momen ujung  $M_{pr}$  didasarkan pada tegangan tarik  $1,25f_y$ .

Perancangan tulangan geser balok menggunakan langkah-langkah yang dijelaskan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram alir tulangan geser pada balok

- Menghitung lebar efektif ( $b_e$ ), lebar efektif pelat diambil sebesar :
  - $b_e \leq 0,25 \cdot b_{\text{entang bersih}}$
  - $b_e \leq b_w + 16 \cdot h_f$
  - $b_e \leq b_w + \text{jarak bersih balok bersebelahan}$
- Menghitung momen kapasitas positif dan negatif ujung-ujung balok
- Menghitung gaya geser : 
$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L} \pm \frac{w_u \cdot L}{2}$$

$$W_u = 1,2 \cdot D + 1,0 \cdot L$$
- Menghitung diameter dan spasi tulangan geser yang digunakan pada daerah sendi plastis dan di luar sendi plastis.

Perancangan penampang terhadap geser didasarkan pada :

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

1). daerah sendi plastis

$$V_s = \frac{V_e}{\phi}$$

$$V_c = 0$$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{tulangan}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s}$$

Menurut SNI T – 03 – 2847 – 2002 pasal 23.3 ayat 3.2 mengenai spasi maksimum tulangan transversal, maka jarak maksimum sengkang pada daerah sendi plastis yaitu di daerah sepanjang dua kali tinggi balok, diambil berdasarkan nilai terkecil dari :

- a).  $\frac{d}{4}$
  - b). 8 kali diameter terkecil tulangan memanjang
  - c). 24 kali diameter tulangan sengkang
  - d). 300 mm
- 2). di luar daerah sendi plastis

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c$$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{tulangan}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s}$$

Untuk jarak maksimum sengkang pada daerah di luar sendi plastis adalah  $\frac{d}{2}$ .

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.5 ayat 3.2 sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka

komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- a)  $d/4$
- b) 6 kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal.
- c) 150 mm.

### E. Perancangan Penulangan Kolom

#### 1. Persyaratan Dimensi Kolom

Sesuai SNI T – 03 – 2847 – 2002 pasal 23.4 ayat 1 dan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6 ayat 1 untuk komponen-komponen struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang memikul gaya akibat beban gempa dan menerima beban aksial terfaktor yang lebih dari  $0,1.A_g.f_c'$ , batasan penampang komponen struktur tersebut harus memenuhi syarat-syarat berikut :

- a. ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui titik pusat geometris penampang, tidak kurang dari 300 mm
- b. perbandingan antara ukuran terkecil penampang dengan ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

Langkah-langkah perancangan kolom adalah sebagai berikut :

- 1). Menentukan dimensi kolom, mutu beton dan mutu baja
- 2). Perhitungan kelangsingan kolom pada rangka portal yang tidak ditahan terhadap goyangan kesamping, dan dapat diabaikan apabila :

$$\frac{k \cdot \lambda u}{r} < 22$$

dimana :

k = faktor panjang efektif struktur tekan

$\phi$  = rasio  $\sum \left( \frac{E_c I}{\lambda c} \right)$  dari komponen struktur tekan terhadap

$\sum \left( \frac{E_c I}{\lambda b} \right)$  dari komponen struktur lentur pada salah satu ujung

komponen struktur tekan yang dihitung dalam bidang rangka yang ditinjau

$E_c$  = modulus elastis beton, yang besarnya  $4700 \cdot \sqrt{f'c}$

$I$  = momen inersia, besarnya sesuai SNI T – 03 – 2847 – 2002 yaitu :

balok =  $0,35 \cdot I_g$

kolom =  $0,70 \cdot I_g$

$I_g$  = momen inersia penampang bruto beton terhadap sumbu pusat penampang, dengan mengabaikan tulangan

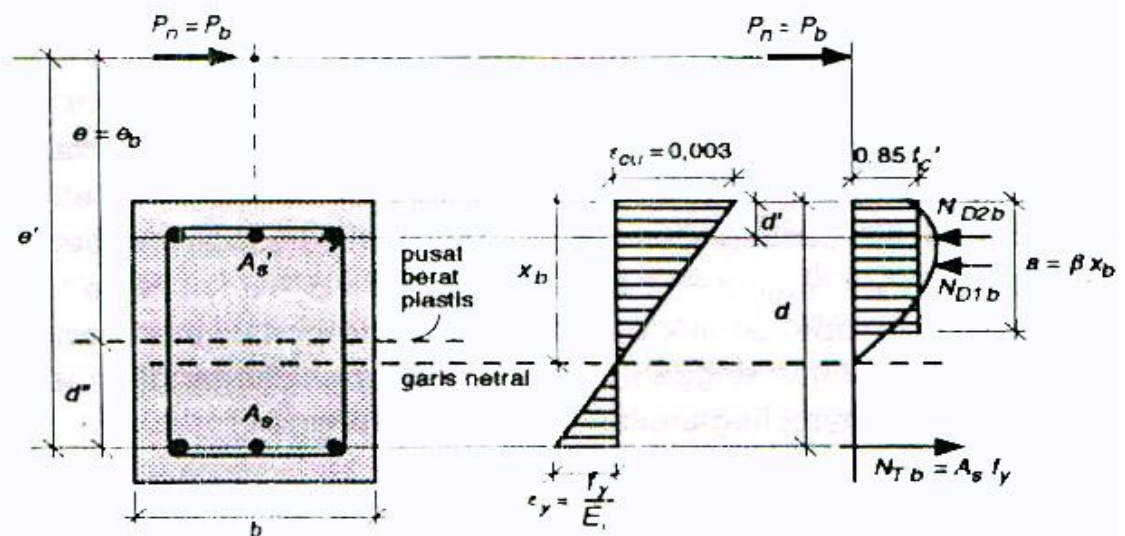
$\lambda_c$  = panjang komponen struktur tekan pada sistem rangka yang diukur dari joint ke joint

$\lambda_b$  = panjang komponen struktur lentur pada sistem rangka yang diukur dari joint ke joint

$\lambda_u$  = panjang bersih komponen struktur tekan

$r$  = radius girasi

Kondisi penulangan seimbang merupakan kondisi regangan penampang pada ketika tulangan tarik mencapai regangan yang berhubungan dengan tegangan leleh  $f_y$  pada saat yang bersamaan dengan tercapainya regangan batas 0,003 pada bagian beton yang tertekan. Pada analisis, dengan membandingkan antara beban aksial terfaktor  $P_u$  dengan beban aksial seimbang terfaktor  $\phi P_{n_b}$ , dapat diketahui tipe kehancuran yang alami. Dengan demikian apabila  $P_u > \phi P_{n_b}$  maka terjadi keruntuhan tekan, dan apabila  $P_u < \phi P_{n_b}$  maka terjadi keruntuhan tarik.



Gambar 3.4 Dimensi kolom dan diagram regangan-tegangan pada keadaan seimbang

(Sumber : SNI 03-2847-2002)

## 2. Perancangan Tulangan Longitudinal

Sesuai SNI T – 03 – 2847 – 2002 pasal 23.4 ayat 2.2 kuat lentur kolom harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\sum M_e \geq \frac{6}{5} \cdot \sum M_g$$

dimana :

$\sum M_e$  = jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom, sehubungan dengan kuat lentur nominal kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut. Kuat lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur yang terkecil.

$\sum M_g$  = jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom, sehubungan dengan kuat lentur nominal balok-balok yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut.

Adapun batasan rasio penulangan  $\rho_g$  sesuai SNI T – 03 – 2847 – 2002 pasal 23.4 ayat 3.1 dan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6 ayat 3.1 digunakan sebesar  $0,01 \leq \rho_g \leq 0,06$ .

### 3. Perancangan Tulangan Transversal

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.4 ayat 4.1 dan SNI 2847:2013 pasal 21.6 ayat 4.4 tulangan transversal berbentuk persegi sebagai tulangan pengikat dan geser tidak boleh kurang dari :

$$Ash1 = 0,3 \cdot \left( s \cdot h_c \cdot \frac{f'c}{fyh} \right) \left( \frac{A_g}{Ach} - 1 \right)$$

$$Ash2 = 0,09 \cdot \left( s \cdot h_c \cdot \frac{f'c}{fyh} \right)$$

dimana :

Ash1, Ash2 = luas total penampang sengkang tertutup persegi

$A_g$  = luas bruto penampang tulangan geser

$A_{ch}$  = luas penampang dari sisi luar ke sisi luar tulangan geser

$s$  = spasi tulangan geser

$h_c$  = dimensi penampang inti kolom diukur dari as ke as tulangan geser

$f'c$  = kuat tekan beton

$fyh$  = kuat leleh tulangan geser

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.4 ayat 5.1 dan SNI 2847:2013 pasal 21.6 ayat 5.1 gaya geser rencana  $V_e$  ditentukan dengan memperhitungkan gaya-gaya maksimum yang dapat terjadi pada muka hubungan balok kolom pada setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya tersebut harus ditentukan menggunakan kuat momen maksimum  $M_{pr}$  dari komponen struktur yang terkait dengan beban-beban aksial terfaktor yang bekerja. Besar gaya geser rencana yaitu:

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{H}$$

Momen-momen ujung  $M_{pr}$  untuk kolom tidak perlu lebih besar daripada momen yang dihasilkan oleh  $M_{pr}$  balok yang merangka pada hubungan balok- kolom.  $V_e$  tidak boleh lebih kecil daripada nilai yang dibutuhkan berdasarkan hasil analisis struktur.

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

Sesuai SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.3 ayat 1.2 komponen struktur yang dibebani tekan aksial berlaku :

$$V_c = \left( 1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) b_w \cdot d$$

dimana :

$V_e$  = gaya geser rencana kolom

$M_{pr1}$  = kuat momen lentur 1

$M_{pr2}$  = kuat momen lentur 2

$H$  = tinggi kolom

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_n$  = kuat geser nominal

$\phi$  = faktor kekuatan reduksi

Pada daerah sepanjang sendi plastis SNI 03 – 2847 – 2002 dan SNI 2847 : 2013 mensyaratkan untuk tetap meninjau  $V_c$  selama gaya aksial tekan aksial termasuk akibat pengaruh gempa melebihi  $A_g \cdot f_c' / 20$ . dalam hal ini sangat jarang gaya aksial kolom kurang dari  $A_g \cdot f_c' / 20$ . sehingga  $V_c$  pada daerah sendi plastis bisa tetap diabaikan ( $v_c = 0$ ), hal ini karena meskipun peningkatan gaya aksial meningkatkan nilai  $V_c$ , tetapi juga meningkatkan penurunan ketahanan geser.

Perbedaan mendasar dalam perhitungan beton untuk mendesain bangunan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:



No.	Perbedaan	SNI – 03 – 2847 – 2002	SNI 2847:2013
1.	a. Kekuatan tekan rata-rata perlu, untuk kekuatan tekan $21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,5$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
	b. Kekuatan tekan rata-rata perlu, untuk kekuatan tekan $f'_c > 35$	$f'_{cr} = f'_c + 10$	$f'_{cr} = 1,10 f'_c + 5,0$
2.	Tebal selimut beton minimum untuk batang tulangan D-16, jaring kawat polos P-16 atau ulir D-16 dan yang lebih kecil	15 mm	13 mm
3.	Faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ )	0,80	0,90
4.	Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton	Untuk $f_c'$ kurang dari atau sama dengan 30 Mpa, $\beta_1$ harus diambil sebesar 0,85. Untuk $f_c'$ diatas 30 MPa, $\beta_1$ harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa di atas 30 MPa, tetapi $\beta_1$ tidak boleh diambil kurang dari 0,65	Untuk $f_c'$ antara 17 dan 28 MPa, $\beta_1$ harus diambil sebesar 0,85. Untuk $f_c'$ diatas 28 MPa, $\beta_1$ harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa di atas 28 MPa, tetapi $\beta_1$ tidak boleh diambil kurang dari 0,65

5.	Perancangan balok terhadap beban lentur	$A_{s,min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} \cdot b_w d$	$A_{s,min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{4.f_y} \cdot b_w d$
6.	Modulus hancur beton	$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'}$	$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f_c'}$
7.	Kuat geser nominal beton	$V_c = 0.17 \sqrt{f_c'} b_w d$ $V_c = \left( \sqrt{f_c'} + 120 \rho_w \frac{V_{ud}}{M_u} \right) \frac{b_w d}{7}$ $V_c \leq (0.3 \sqrt{f_c'} b_w d)$ $V_c = \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \sqrt{\frac{f_c'}{6}} b_w d$ $V_c = 0,3 \sqrt{f_c'} b_w d \sqrt{1 + \frac{0.3 N_u}{A_g}}$	$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$ $V_c = \left( 0.16 \lambda \sqrt{f_c'} + 17 \rho_w \frac{V_{ud}}{M_u} \right) b_w d$ $V_c \leq (0.29 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d)$ $V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$ $V_c = 0.29 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d \sqrt{1 + \frac{0.29 N_u}{A_g}}$

Tabel 3.1 perbedaan perhitungan beton berdasarkan SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847:2013