

### BAB III

#### LANDASAN TEORI

##### A. Kekuatan Perlu

Kuat perlu adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut.

Menurut SNI 2847:2013 kekuatan perlu  $U$  harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam pers (3.1) sampai (3.7).

$$U = 1,4D \quad (3.1)$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \quad (3.2)$$

$$U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) \quad (3.3)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \quad (3.4)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \quad (3.5)$$

$$U = 0,9D + 1,0W \quad (3.6)$$

$$U = 0,9D + 1,0E \quad (3.7)$$

kecuali sebagai berikut:

- (a) Faktor beban pada beban hidup  $L$  dalam Pers. (3.3) sampai (3.5) diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan publik, dan semua luasan dimana  $L$  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 Pers. (3.4) dan (3.6), dan  $0,8W$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $0,5W$  dalam Pers. (3.3).
- (c) Dihilangkan karena tidak relevan, sesuai dengan yang terlampir di daftar Deviasi pada SNI 03 – 2847 – 2013 Pasal 4.

Untuk standar SNI 03 – 2847 – 2002 di jelaskan secara detail sebagai berikut :

1. Kuat perlu  $U$  untuk menahan beban mati  $D$  paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,4 D \quad (3.8)$$

Kuat perlu  $U$  untuk menahan beban mati  $D$ , beban hidup  $L$ , dan juga beban atap  $A$  atau beban hujan  $R$ , paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (3.9)$$

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin  $W$  harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban  $D$ ,  $L$ , dan  $W$  berikut harus ditinjau untuk menentukan nilai  $U$  yang terbesar, yaitu:

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (3.10)$$

Kombinasi beban juga harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup  $L$  yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya, yaitu :

$$U = 0,9 D \pm 1,6 W \quad (3.11)$$

Perlu dicatat bahwa untuk setiap kombinasi beban  $D$ ,  $L$  dan  $W$ , kuat perlu  $U$  tidak boleh kurang dari persamaan (ii).

3. Bila ketahanan struktur terhadap gempa  $E$  harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu  $U$  harus diambil sebagai berikut :

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E \quad (3.12)$$

- 1) Faktor beban untuk  $W$  boleh dikurangi menjadi 1,3 jika beban angin  $W$  belum direduksi oleh faktor arah.

- 2) Faktor beban untuk  $L$  boleh direduksi menjadi 0,5 kecuali untuk ruangan garasi, ruangan pertemuan, dan semua ruangan yang beban hidup  $L$  nya lebih besar daripada  $500 \text{ kg/m}^2$

Atau

$$U = 0,9 D \pm 1,0 E \quad (3.13)$$

Dalam hal ini nilai  $E$  ditetapkan berdasarkan ketentuan SNI 03 – 1726 – 1989 – F, Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung, atau penggantinya.

4. Bila ketahanan terhadap tekanan tanah  $H$  diperhitungkan dalam perencanaan, maka pada persamaan ii, iv dan vi ditambahkan  $1,6 H$ , kecuali bahwa pada keadaan dimana aksi struktur akibat  $H$  mengurangi pengaruh  $W$  atau  $E$ , maka beban  $H$  tidak perlu ditambahkan pada persamaan iv dan vi.
5. Bila ketahanan terhadap pembebanan akibat berat tekanan fluida,  $F$ , yang berat jenisnya dapat ditentukan dengan baik, dan ketinggian maksimumnya terkontrol, diperhitungkan dalam perencanaan, maka beban tersebut harus dikalikan dengan faktor beban  $1,4$  dan ditambahkan pada persamaan i, yaitu:

$$U = 1,4 (D + F) \quad (3.14)$$

Untuk kombinasi beban lainnya, beban  $F$  tersebut harus dikalikan dengan faktor beban  $1,2$  dan ditambahkan pada persamaan ii.

6. Bila ketahanan terhadap pengaruh kejut diperhitungkan dalam perencanaan maka pengaruh tersebut harus disertakan pada perhitungan beban hidup  $L$ .
7. Bila pengaruh struktural  $T$  dari perbedaan penurunan fondasi, rangkai, susut, ekspansi beton, atau perubahan suhu harus didasarkan pada pengkajian yang realistis dari pengaruh tersebut selama masa pakai

$$U = 1,2 (D+T) + 1,6L + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (3.15)$$

## B. Kuat Rencana

Kuat rencana adalah kuat nominal dikalikan dengan suatu faktor reduksi kekuatan.

Untuk menentukan kuat rencana suatu komponen struktur, maka dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi yang tertera pada SNI – 03 – 2847 – 2002 pasal 11.2 (3) yaitu:

1. Lentur, tanpa beban aksial. .... 0,80
  2. Beban aksial, dan beban aksial lentur. (Untuk beban aksial lentur, kedua nilai kuat nominal dari beban aksial dan momen harus dikalikan dengan nilai  $\phi$  tunggal yang sesuai ini:
    - a. Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur..... 0,80
    - b. Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur:
      - komponen struktur dengan tulangan spiral..... 0,70
      - komponen struktur lainnya ..... 0,65

kecuali untuk nilai aksial tekan yang rendah, nilai  $\phi$  boleh ditingkatkan, komponen struktur dimana  $f_y$  tidak melampaui 400 MPa, dengan tulangan simetris dan dengan  $(h-d'-ds)/h$  tidak kurang dari **0,7**, maka nilai  $\phi$  boleh ditingkatkan secara linear menjadi **0,80** seiring dengan berkurangnya  $\phi P_n$  dari **0,10  $f_c' A_g$**  ke nol, komponen struktur beton bertulang yang lain, nilai  $\phi$  boleh ditingkatkan secara linear menjadi **0,80** seiring dengan berkurangnya  $\phi P_n$  dari nilai terkecil **0,10  $f_c' A_g$**  dan  **$P_b$**  ke nol.
3. Geser dan torsi ..... 0,75
 

Kecuali pada struktur yang bergantung pada sistem rangka pemikul khusus atau sistem dinding khusus untuk menahan pengaruh gempa ini.

  - a. Faktor reduksi untuk geser pada komponen struktur penahan gempa yang kuat geser nominalnya lebih kecil dari pada gaya geser yang timbul sehubungan dengan pengembangan kuat lentur nominalnya ..... 0,55

- b. Faktor reduksi untuk geser pada diafragma tidak boleh melebihi faktor reduksi minimum untuk geser yang digunakan pada komponen vertikal dari sistem pemikul beban lateral.
- c. Geser pada hubungan balok-kolom dan pada balok perangkai yang diberi tulangan diagonal. .... 0,80
- 4. Tumpuan pada beton kecuali untuk daerah pengakuran pasca tarik..... 0.55
- 5. Daerah pengakuran pasca tarik ..... 0.85

### C. Perancangan Dimensi Struktur

Perancangan dimensi struktur meliputi penentuan dimensi balok dan penentuan dimensi kolom.

#### 1. Penentuan Dimensi Balok

Balok adalah bagian dalam struktur yang berfungsi sebagai pendukung beban horisontal dan vertikal, beban horisontal yaitu terdiri dari beban gempa dan beban angin, sedangkan beban vertikal yaitu terdiri dari beban mati dan beban hidup yang di terima plat lantai , berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang ada di atasnya.

Komponen struktur penahan gempa pada balok untuk gaya tekan aksial yang bekerja pada balok tidak boleh melebihi  $0,1Ag f_c'$ . Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan panjangnya tidak kurang dari  $2h$  diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- a.  $d/4$
- b. delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil
- c. 24 kali diameter batang tulangan sengkang
- d. 300 mm

Pada daerah yang tidak membutuhkan sengkang tertutup, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang pada spasi tidak lebih dari  $d/2$  di sepanjang komponen struktur.

#### a. Perancangan balok terhadap beban lentur

Pada peraturan SNI 2847:2013 terdapat ketentuan penulangan komponen balok sebagai berikut :

$$A_{s,min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{4.f_y} . b_w d \dots\dots\dots (3.16)$$

Dan tidak boleh lebih kecil dari  $1,4 b_w d / f_y \dots\dots\dots (3.17)$

Keterangan :

$b_w$  = Lebar balok ( mm )

$d$  = Tinggi efektif balok (mm )

$f_y$  = Mutu Baja ( MPa )

$f_c'$  = Mutu Beton ( MPa)

#### b. Perancangan balok terhadap gaya geser

SNI 2847:2013 memberikan standar untuk kuat geser rencana balok untuk Sistem Rangka Momen Menengah tidak boleh kurang dari:

1. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan lentur balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor
2. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan beban gempa dengan nilai beban gempa diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

## 2. Penentuan Dimensi Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996). Oleh karena itu, dalam merencanakan kolom harus memperhitungkan secara teliti dengan memberikan kekuatan lebih tinggi daripada komponen struktur lainnya.

### a. Kuat lentur kolom dan gaya aksial maksimum

SNI 2847:2013 pada pasal 10.9 , komponen kolom memberikan batasan tulangan longitudinal yaitu :

1. Luas tulangan longitudinal,  $A_{st}$ , untuk komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari **0,01  $A_g$**  atau lebih dari **0,08  $A_g$**  .
2. Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segi empat atau lingkaran, 3 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segi tiga, dan 6 untuk batang tulangan yang dilingkupi oleh spiral.

Untuk kuat tekan maksimum kolom sesuai dengan ketentuan yang ada di SNI 2847:2013 sebagai berikut :

- 1) Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan spiral:

$$\phi P_{n(max)} = 0.85\phi [0.85 f_c'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \dots\dots\dots (3.18)$$

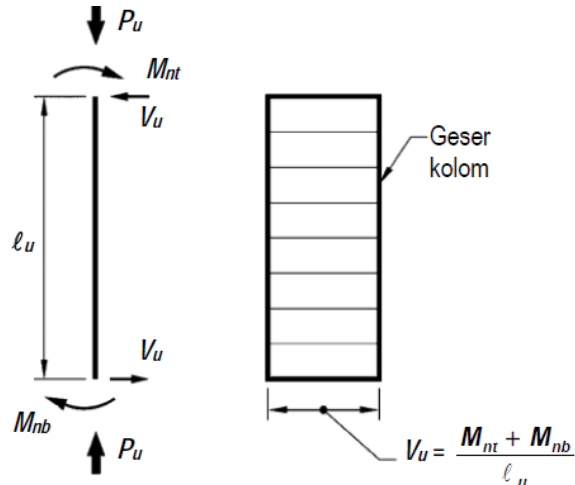
- 2) Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan pengikat :

$$\phi P_{n(max)} = 0.80\phi [0.85 f_c'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \dots\dots\dots (3.19)$$

## b. Kuat geser kolom

SNI 2847:2013 memberikan ketentuan kuat geser rencana kolom untuk Sistem Rangka Momen Menengah tidak boleh kurang dari :

1. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi sesuai dengan gambar 3.1.
2. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan beban gempa, dengan beban gempa ditingkatkan oleh faktor amplifikasi untuk memperhitungkan kekuatan lebih sistem penahan gaya seismik yang ditetapkan sesuai dengan tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal.



Gambar 3.1 Gaya lintang rencana kolom

Gambar 3.1 menjelaskan gaya lintang rencana yang terjadi pada kolom. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau. Gaya lintang juga menyebabkan terjadinya geser pada kolom.



Ketentuan pemasangan tulangan sengkang harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi  $s_o$  sepanjang panjang  $l_o$  diukur dari muka joint. Spasi  $s_o$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari :
  - a. Delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi;
  - b. 24 kali diameter batang tulangan begel;
  - c. Setengah dimensi penampang kolom terkecil;
  - d. 300 mm.
 Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :
  - e. Seperenam bentang bersih kolom;
  - f. Dimensi penampang maksimum kolom;
  - g. 450 mm.
2. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari  $s_o/2$  dari muka joint.

#### **D. Kemampuan Layan**

##### **1. Lentutan seketika**

Menurut SNI 2847:2013 Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja. Besarnya lentutan seketika dapat dihitung dengan menggunakan momen inersia efektif,  $I_e$  berdasarkan persamaan berikut :

Keterangan :

$I_e$  = momen inersia efektif untuk perhitungan defleksi.

$$I_e = \left[ \frac{M_{cr}}{M_a} \right]^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \dots \dots \dots (3.20)$$

dimana

$M_{cr}$  = momen retak



## **E. Metode Penelitian**

### **1. Pembebanan**

Kombinasi beban dan faktor beban hanya digunakan pada kasus-kasus dimana kombinasi pembebanan dan beban terfaktor tersebut secara spesifik diatur oleh standar perencanaan yang sesuai. Efek beban pada setiap komponen struktur harus ditentukan dengan metode analisis struktur yang memperhitungkan keseimbangan, stabilitas, kompatibilitas geometrik, sifat bahan jangka pendek ataupun jangka panjang. Komponen struktur yang cenderung mengalami deformasi secara kumulatif pada beban kerja yang berulang harus memperhitungkan eksentrisitas yang terjadi selama umur layan bangunan gedung.

Semua komponen struktur dan sistemnya, harus didesain untuk menahan beban gempa dan angin dengan mempertimbangkan beberapa efek. Jika semua atau sebagian dari gaya penahan ini diperoleh dari beban mati, beban mati tersebut diambil sebagai beban mati minimum. Gaya tersebut mengakibatkan lendutan vertikal dan horizontal yang harus diperhitungkan.

### **2. Analisis struktur**

Semua yang terjadi pada batang yang digunakan untuk perencanaan komponen struktur didapat dari hasil analisis statis daktilitas penuh menggunakan program SAP 2000 (*Structure Analysis Program 2000 v.14*) dengan pemodelan portal 3D.

### **3. Perancangan elemen struktur**

Standar yang digunakan dalam men-*desain* komponen struktur yang menerima beban lentur dan beban aksial dari kombinasi antara keduanya yaitu:

- a. Regangan pada tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding lurus dengan jarak dari sumbu netral.

- b. Regangan maksimum yang dapat dimanfaatkan pada serat tekan beton terluar harus diasumsikan sama dengan 0,003.
- c. Tegangan pada tulangan yang nilainya lebih kecil daripada kekuatan leleh  $f_y$  harus diambil sebesar  $E_s$  dikalikan regangan baja. Untuk regangan yang nilainya lebih besar dari regangan leleh yang berhubungan dengan  $f_y$ , tegangan pada tulangan harus diambil sama dengan  $f_y$ .
- d. Dalam perhitungan aksial dan lentur beton bertulang, kekuatan tarik beton harus diabaikan.
- e. Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton boleh diasumsikan berbentuk persegi, trapesium, parabola, atau bentuk lainnya yang menghasilkan perkiraan kekuatan yang cukup baik bila dibandingkan dengan hasil pengujian tekan. Ketentuannya sebagai berikut:
  - 1. Tegangan beton sebesar  $0,85f_c'$  diasumsikan terdistribusi secara merata pada daerah tekan ekivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan sumbu netral sejarak  $a = \beta_1 c$  dari serat dengan regangan tekan maksimum.
  - 2. Jarak dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral,  $c$ , harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu netral
  - 3. 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.

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.2 menyebutkan bahwa Kondisi regangan seimbang terjadi pada penampang 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.

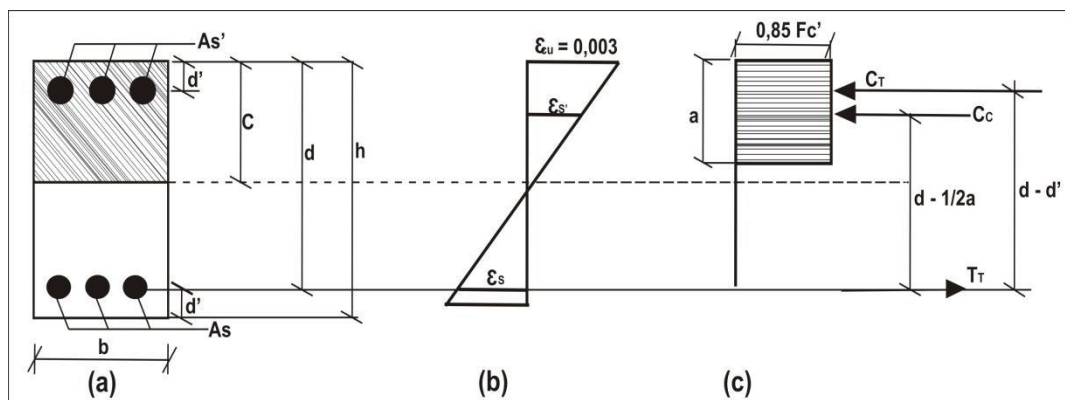
#### 4. Perancangan tulangan pokok

##### a. Balok

Penulangan hendaknya dipakai dengan menggunakan tulangan rangkap, dikarenakan selain diperlukan untuk mengaitkan sengkang, juga memiliki fungsi yang lain, seperti berikut :

1. Meningkatkan besar momen yang dapat dipikul
2. Meningkatkan kapasitas rotasi penampang yang berkaitan dengan peningkatan daktilitas penampang
3. Meningkatkan kekakuan penampang
4. Dapat mengatasi kemungkinan momen berubah arah yang diakibatkan oleh beban gempa.

Dari standar dasar yang digunakan maka dapatlah diagram tegangan dan regangan balok seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Penampang persegi tulangan rangkap, (a) Penampang balok, (b) Diagram regangan, (c) Diagram gaya tulangan tunggal dan pasangan kopel.

Pada gambar 3.2 dijelaskan mengenai balok penampang persegi tulangan rangkap. Dalam perancangan tulangan pokok, penulangan hendaknya dipakai dengan menggunakan tulangan rangkap, dikarenakan selain diperlukan untuk mengaitkan sengkang juga untuk meningkatkan besar momen yang dapat dipikul.

## 1. Tulangan Tarik

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} \dots\dots\dots (3. 24)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw.d} \dots\dots\dots (3. 25)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}} \right) \dots\dots\dots (3. 26)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} \dots\dots\dots (3. 27)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (3. 28)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc'}{fy} \left( \frac{600}{600 + fy} \right) \dots\dots\dots (3. 29)$$

$$\beta_1 = 0,85 \quad : \text{ untuk } fc' \leq 28 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = \frac{0,85 - 0,05(fc' - 28)}{7} \quad : \text{ untuk } fc' \leq 28 \text{ MPa } (\beta_1 \text{ tidak boleh } < 0,65)$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$As = \rho_{perlu} \cdot bw \cdot d \dots\dots\dots (3. 30)$$

## 2. Tulangan Tekan

Rasio tulangan tarik dengan tulangan tekan harus lebih besar dari 0,5 sehingga:

$$As' > 0,5 \cdot As$$

$$As' > 0,5 \cdot \rho_{perlu} \cdot bw \cdot d$$

Dari tulangan yang terpasang kemudian dilakukan pemeriksaan kuat momen yang dapat dipikul balok dengan anggapan-anggapan sebagai berikut ini:

a. Kedua Tulangan Leleh

Dari diagram tegangan didapat keseimbangan gaya horizontal sebagai berikut:

$$C_c + C_t = T_s \quad \dots\dots\dots (3.31)$$

$$C_c = 0.85.f_c'.a.b$$

$$C_t = A_s'.f_s'$$

$$T_s = A_s.f_s$$

$$f_s' = f_s - f_y$$

$$0.85.f_c'.a.b + A_s'.f_y = A_s.f_y \quad \dots\dots\dots (3.32)$$

$$a = \frac{(A_s - A_s').f_y}{0.85 f_c' b} \quad \dots\dots\dots (3.33)$$

b. Tulangan tarik leleh ( $f_s = f_y$ ), tulangan tekan belum leleh ( $f_s \neq f_y$ )

$$C_c = 0.85.f_c'.a.b$$

$$C_t = A_s'.f_s'$$

$$T_s = A_s.f_s$$

$$C_c + C_t = T_s$$

$$0.85.f_c'.a.b + A_s'.f_s' = A_s.f_y \quad \dots\dots\dots (3.34)$$

$$a = \frac{A_s.f_y - A_s'.f_s'}{0.85.f_c'.b} \quad \dots\dots\dots (3.35)$$

$$f_s' = \epsilon_s' E_s$$

Dari diagram regangan dengan menggunakan prinsip segitiga sebangun maka :

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

Sehingga:

$$f_s' = \left( \frac{c-d'}{c} 0,003 \right) E_s \quad \dots\dots\dots (3.36)$$

c. Kedua tulangan belum leleh

$$C_c = 0.85.f_c'.a.b$$

$$C_t = A_s' f_s'$$

$$T_s = A_s f_s$$

$$C_c + C_t = T_s$$

$$0,85 f_c' a b + A_s' f_s' = A_s f_s \dots\dots\dots (3.37)$$

$$a = \frac{A_s f_s - A_s' f_s'}{0,85 f_c' b} \dots\dots\dots (3.38)$$

$$f_s = \epsilon_s E_s$$

Dari diagram regangan didapat :

$$f_s = \frac{d-c}{c} 600 \dots\dots\dots (3.39)$$

$$Mn1 = 0,85 f_c' a b (d - a/2) \dots\dots\dots (3.40)$$

$$Mn2 = A_s' f_s' (d - d') \dots\dots\dots (3.41)$$

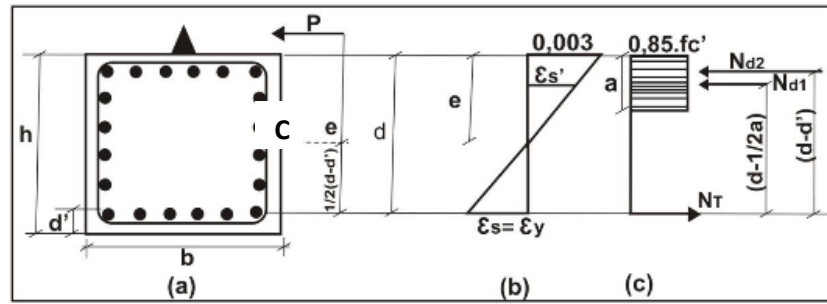
Momen nominal (Mn) balok

$$Mn = Mn1 + Mn2 \dots\dots\dots (3.42)$$

## b. Kolom

Kondisi penulangan seimbang merupakan kondisi dimana penampang beton dengan luas tulangan tertentu apabila terjadi beban puncak, maka regangan tekan beton mencapai regangan maksimum 0,003 dan regangan baja tarik mencapai tegangan leleh  $f_y$ . Pengecekan kapasitas gaya pada kolom adalah apabila  $P_u > P_{nb}$ , maka terjadi keruntuhan tekan, dan apabila  $P_u < P_{nb}$ , maka terjadi keruntuhan tarik. Melakukan pengecekan kapasitas gaya pada kolom sebagai berikut:





Gambar 3. 3 Penampang persegi kolom tulangan dalam keadaan seimbang  
 (a) Penampang kolom, (b) Diagram regangan (c) Tegangan dan gaya-gaya dalam pada kolom.

(Pramugama Putra, Tugas Akhir 2015)

Mencari letak garis c didapat dari asumsi tipe keruntuhan tulangan yang terjadi

1. Tulangan tarik leleh, tekan belum

$$f_s = f_y$$

$$f_{s'} = \frac{c-d'}{c} 600 \dots\dots\dots (3.43)$$

sehingga,

$$P_n = 0,85^2 \cdot f_{c'} \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A_{s'} \cdot \left( \frac{c-c'}{c} 600 - 0,85 \cdot f_{c'} \right) - A_s \cdot f_y \dots (3.44)$$

2. Kedua tulangan leleh

$$f_s = f_{s'} = f_y$$

sehingga,

$$P_n = 0,85^2 \cdot f_{c'} \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A_{s'} \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_{c'}) - A_s \cdot f_y \dots\dots\dots (3.45)$$

## 3. Tulangan tekan leleh

$$f_s' = f_y$$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \cdot 600$$

$$P_n = \left[ 0,85^2 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') - A_s \cdot \frac{d-c}{c} \cdot f_y \right]$$

## c. Pembebanan momen akibat kelangsingan kolom

Menurut SNI 2847:2013 mensyaratkan untuk pengaruh kelangsingan dapat diabaikan jika :

$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12 (M_1/M_2) \leq 40$ , untuk komponen struktur ditahan terhadap goyangan kesamping .

$\frac{kl_u}{r} \leq 22$  , untuk komponen struktur yang tidak ditahan terhadap goyangan.

Keterangan :

$k$  = Faktor panjang efektif untuk kolom

$l_u$  = Panjang komponen kolom

$r$  = Jari - jari potongan lintang kolom  $\sqrt{I/A}$  ; ditetapkan 0,3 h dengan h adalah lebar kolom pada arah bekerjanya momen.

$M_1$  = momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada kolom, diambil sebagai positif jika kolom dibengkokkan tunggal, dan negatif jika dibengkokkan ganda.

$M_2$  = momen ujung terfaktor yang lebih besar pada salah satu ujung kolom.

Pembesaran momen dihitung dengan persamaan berikut :

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2s} \text{ untuk kolom tanpa pengaku.....} \quad (3.46)$$

$$M_c = \delta_b M_{2b} , \text{ untuk kolom dengan pengaku .....} \quad (3.47)$$

Keterangan :

$M_c$  = momen terfaktor yang digunakan untuk perancangan komponen kolom.

$\delta_b$  = faktor pembesar untuk momen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan,

$\delta_s$  = faktor pembesar untuk momen akibat beban yang menimbulkan:

Nilai  $\delta_b$  dan  $\delta_s$  dihitung dengan rumus :

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}} \geq 1,0 \text{ .....} \quad (3.48)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q} \geq 1 \text{ .....} \quad (3.49)$$

Jika  $\delta_s$  melebihi 1,5 maka boleh dihitung menggunakan:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75\Sigma P_c}} \geq 1 \text{ .....} \quad (3.50)$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 M_1/M_2 \text{ .....} \quad (3.51)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

Untuk EIK dapat ditetapkan sebagai berikut:

$$EIK = \frac{(Ec.Ig/2,5)}{1 + \beta b} \text{ .....} \quad (3.52)$$

dan untuk EIB:

$$EIB = \frac{(Ec.Ig/5)}{1+\beta_d} \dots\dots\dots (3.53)$$

Keterangan :

$\beta_d$  = rasio dari momen akibat beban mati aksial terfaktor maksimum terhadap momen akibat beban aksial terfaktor maksimum,

$P_u$  = beban aksial terfaktor yang ditahan kolom,

$k$  = faktor panjang efektif kolom,

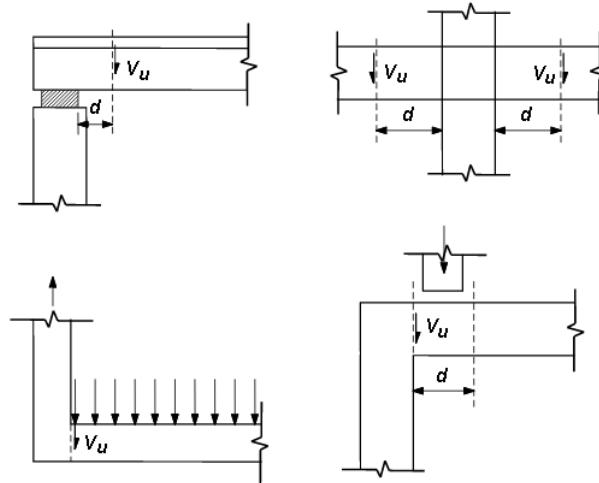
apabila nilai  $\left(\frac{M2b}{pu}\right)$  yang didapat lebih dari  $(15,24 + 0,03 h)$  mm, maka nilai  $M2b$  paling sedikit harus dipertimbangkan dengan  $e_{\min} = (15,24 + 0,03 h)$  mm.

## 5. Perancangan tulangan geser

Dasar perencanaan penulangan geser adalah menyediakan kebutuhan jumlah tulangan baja untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sedemikian rupa sehingga mencegah bukaan retak lebih lanjut. Penulangan geser dilakukan dengan beberapa cara sesuai, sebagai berikut ini.

- a. Sengkang vertikal
- b. Jaringan kawat baja las yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial
- c. Sengkang miring atau diagonal
- d. Batang tulangan miring diagonal yang dapat dilakukan dengan cara membengkokkan batang tulangan pokok balok di tempat – tempat yang diperlukan.
- e. Tulangan spiral

Gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) maksimum rencana dihitung berdasarkan SNI 2847 pasal 13.1.3.1, yaitu gaya geser pada jarak  $d$  dari muka tumpuan, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Lokasi geser maksimum untuk perencanaan

(Sumber: SNI 2847:2013 Gambar S11.1.3.1)

Gambar 3.4 menjelaskan geser yang terjadi pada balok. Terlihat pada gambar bahwa balok dengan tumpuan yang berbeda maka akan menerima geser yang berbeda pula.

Kuat geser penampang direncanakan dengan persamaan:

$$\phi V_u \geq V_n \quad \dots\dots\dots (3.54)$$

$V_u$  adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan  $V_n$  adalah kuat geser nominal yang dihitung dari:

$$V_n = V_c + V_s \quad \dots\dots\dots (3.55)$$

$V_c$  adalah kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton, untuk balok kuat  $V_c$  dihitung dengan persamaan:

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d \quad \dots\dots\dots (3.56)$$

atau untuk lebih rinci dapat dihitung dengan,

$$V_c = \left( 0.16 \lambda \sqrt{f_c'} + 17 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \quad \dots\dots\dots (3.57)$$

$M_u$  adalah momen terfaktor yang terjadi bersamaan dengan  $V_u$  pada penampang yang ditinjau. Sedangkan batas atas faktor pengali dan  $V_c$  adalah sebagai berikut:

$$\frac{V_u d}{M_u} \leq 1$$

$$V_c \leq (0.29\lambda \sqrt{f'c' b_w d})$$

kolom kuat  $V_c$  dihitung dengan persamaan:

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'c' b_w d} \dots\dots\dots (3.58)$$

nilai  $V_c$  lebih rincinya dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_c = \left( 0.16\lambda \sqrt{f'c'} + 17 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \dots\dots\dots (3.59)$$

Dengan :

$$M_m = M_u - N_u \frac{4h-d}{8} \dots\dots\dots (3.60)$$

Nilai  $\frac{V_u d}{M_u}$  dapat diambil dengan 1, tetapi dalam hal ini  $V_c$  tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$V_c = 0.29\lambda \sqrt{f'c' b_w d} \sqrt{1 + \frac{0.29N_u}{A_g}} \dots\dots\dots (3.61)$$

besaran  $\frac{N_u}{A_g}$  harus dinyatakan dalam MPa bila  $M_m$  bernilai negatif, maka  $V_c$  harus dihitung dengan persamaan 3.61.

Perbedaan mendasar dalam perhitungan beton untuk mendesain bangunan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Perbedaan SNI 03 – 2847 – 2002 dan SNI 2847:2013

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	$A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4.f_y} . b_w d$	$A_{s,min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{4.f_y} . b_w d$
6.	Modulus hancur beton	$f_r = 0,7 \sqrt{f'_c}$	$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'_c}$
7.	Kuat geser nominal beton	$V_c = 0.17 \sqrt{f'_c} b_w d$ $V_c = \left( \sqrt{f'_c} + 120 \rho_w \frac{V_{ud}}{M_u} \right) \frac{b_w d}{7}$ $V_c \leq (0,3 \sqrt{f'_c} b_w d)$	$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$ $V_c = \left( 0.16 \lambda \sqrt{f'_c} + 17 \rho_w \frac{V_{ud}}{M_u} \right) b_w d$ $V_c \leq (0.29 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d)$

		$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \sqrt{\frac{f_c'}{6}} b_w d$ $V_c = 0,3 \sqrt{f_c'} b_w d \sqrt{1 + \frac{0,3 N_u}{A_g}}$	$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$ $V_c = 0,29 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d \sqrt{1 + \frac{0,29 N_u}{A_g}}$
8	Perencanaan torsi untuk komponen struktur non-prategang	$\frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$	$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$
9	kekuatan momen torsi untuk penampang solid	$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{Tu ph}{1,7 Aoh^2}\right)^2} \leq$ $\phi \left(\frac{Vc}{b_w d} + \frac{2\sqrt{f_c'}}{3}\right)$	$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{Tu ph}{1,7 Aoh^2}\right)^2} \leq$ $\phi \left(\frac{Vc}{b_w d} + 0,66\sqrt{f_c'}\right)$
10	Luas total minimum tulangan torsi longitudinal	$A_l, \min = \frac{5\sqrt{f_c'} Acp}{12 fy} -$ $\left(\frac{At}{s}\right) Ph \frac{fyv}{fyi}$	$A_l, \min = \frac{0,42\sqrt{f_c'} Acp}{fy} -$ $\left(\frac{At}{s}\right) Ph \frac{fyt}{fy}$

## F. Analisis Pembetonan Struktur Portal

Menurut SNI 2847:2013 pasal 1 menjelaskan persyaratan minimum untuk desain dan konstruksi komponen struktur beton semua struktur yang dibangun menurut persyaratan peraturan bangunan gedung secara umum yang diadopsi secara legal dimana standar ini merupakan bagiannya. Di daerah tanpa peraturan bangunan gedung yang diadopsi secara legal, standar ini menentukan standar minimum yang dapat diterima untuk bahan, desain, dan praktek konstruksi. Standar ini juga memuat evaluasi kekuatan struktur beton yang sudah dibangun.

Untuk beton struktur,  $f_c'$  tidak boleh kurang dari 17 Mpa. Nilai maksimum  $f_c'$  tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu.



Standar SNI 2847:2013 merupakan revisi dari SNI 03 – 2847 – 2002 yang pada dasarnya menambah beberapa definisi dan terdapat juga beberapa perbedaan antara kedua peraturan ini. Untuk beton khususnya ,kekuatan beton yang digunakan dalam desain dan dievaluasi sesuai dengan ketentuan pasal 5 SNI 2847:2013 Beton yang dirancang sedemikian hingga menghasilkan kekuatan tekan rata – rata  $f'_{cr}$  seperti yang dijelaskan pada pasal 5.3.2 tentang kekuatan rata – rata perlu.

Tabel 3.2 Kekuatan tekan rata – rata perlu bila data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji SNI 2847:2013

Kekuatan tekan disyaratkan , Mpa	Kekuatan tekan rata-rata perlu ,Mpa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10 f'_c + 5,0$

Sumber: SNI 2847:2013

Tabel 3.3 Kekuatan tekan rata – rata perlu bila data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji SNI 03 – 2847 – 2002

Kekuatan tekan disyaratkan , Mpa	Kekuatan tekan rata-rata perlu ,Mpa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,5$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = f'_c + 10$

Sumber: SNI 03 – 2847 – 2002

### G. Analisis Beban Gempa

Pada SNI 1726:2012, syarat-syarat perencanaan struktur bangunan gedung dan non gedung tahan gempa yang ditetapkan dalam standar ini tidak berlaku untuk bangunan sebagai berikut :

- a) Struktur bangunan dengan sistem struktur yang tidak umum atau yang masih memerlukan pembuktian tentang kelayakannya;

- b) Struktur jembatan kendaraan lalu lintas (jalan raya dan kereta api), struktur reaktor energi, struktur bangunan keairan dan bendungan, struktur menara transmisi listrik, serta struktur anjungan pelabuhan, anjungan lepas pantai dan struktur penahan gelombang.

Struktur bangunan yang disebutkan diatas, perencanaan harus dilakukan dengan menggunakan standar dan pedoman yang terkait dan melibatkan tenaga ahli utama dibidang rekayasa struktur dan geoteknik.

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan dan non gedung sesuai Tabel 1 (Pasal 4. 1. 2 SNI 1726:2012) pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 2 (Pasal 4. 1. 2 SNI 1726:2012). Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori resiko IV, jika dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus sesuai dengan desain kategori resiko IV.

#### 1. Klasifikasi situs

Pada pasal 5. 1 SNI 1726:2012, dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklarifikasikan sesuai dengan Tabel 3 pada SNI 1726:2012 pasal 5. 3.

Penetapan kelas situs SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak), SD (tanah sedang) dan SE (tanah lunak) harus dilakukan dengan menggunakan sedikitnya hasil pengukuran dua dari tiga parameter  $\bar{v}_s$ ,  $\bar{N}$ , dan  $\bar{s}_u$ , yang dihitung sesuai:

1.  $\bar{v}_s$  lapisan 30m paling atas (metode  $\bar{v}_s$ );
2.  $\bar{N}$  lapisan 30m paling atas (metode  $\bar{N}$ );
3.  $\bar{s}_u$  untuk lapisan tanah kohesif ( $PI > 20$ ) 30m paling atas (metode  $\bar{s}_u$ ).

Nilai  $\bar{v}_s$  harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut:

$$\bar{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}} \dots\dots\dots (3. 62)$$

Keterangan:

$d_i$  = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter;

$v_{si}$  = kecepatan gelombang geser lapisan  $i$  dinyatakan dalam meter per detik (m/detik);

$\sum_{i=1}^n d_i = 30$  meter

Nilai  $\bar{N}$  dan  $\bar{N}_{ch}$  harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \dots\dots\dots (3. 63)$$

di mana  $N_i$  Dan  $d_i$  dalam Persamaan 3. 2 berlaku untuk tanah non-kohefif, tanah kohefif, dan lapisan batuan.

$$\bar{N}_{ch} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^m \frac{d_i}{N_i}} \dots\dots\dots (3. 64)$$

di mana  $N_i$  dan  $d_i$  dalam Persamaan 3 berlaku untuk lapisan tanah non-kohefif saja, dan  $\sum_{i=1}^m d_i = d_s$   $\sum_{i=1}^m d_i = d_s$  , di mana  $d_s$  adalah ketebalan total dari lapisan tanah non-kohefifdi 30m lapisan paling atas.  $N_i$  adalah tahanan penetrasi standar 60 persen energi ( $N_{60}$ ) yang terukur langsung di lapangan tanpa koreksi, dengan nilai tidak lebih dari 305 pukulan/m. Jika ditemukan perlawanan lapisan batuan, maka nilai  $N_i$  tidak boleh diambil lebih dari 305 pukulan/m.

Nilai  $\bar{s}_u$  harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut:

$$\bar{s}_u = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^k \frac{d_i}{s_{ui}}} \dots\dots\dots (3. 65)$$

dimana,

$$\sum_{i=1}^k d_i = d_c$$

Keterangan:

$d_c$  = ketebalan total dari lapisan-lapisan tanah kohesif di dalam lapisan 30 meter paling atas

$PI$  = indeks plastisitas, berdasarkan tata cara yang berlaku

$w$  = kadar air dalam persen, sesuai tata cara yang berlaku

$S_{ui}$  = kuat geser niralir (kPa), dengan nilai tidak lebih dari 250 kPa seperti yang ditentukan dan sesuai dengan tata cara yang berlaku.

## 2. Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

Pada SNI 1726:2012 pasal 6. 2, penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek ( $S_{MS}$ ) dan perioda 1 detik ( $S_{MI}$ ) Yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s \dots\dots\dots (3. 66)$$

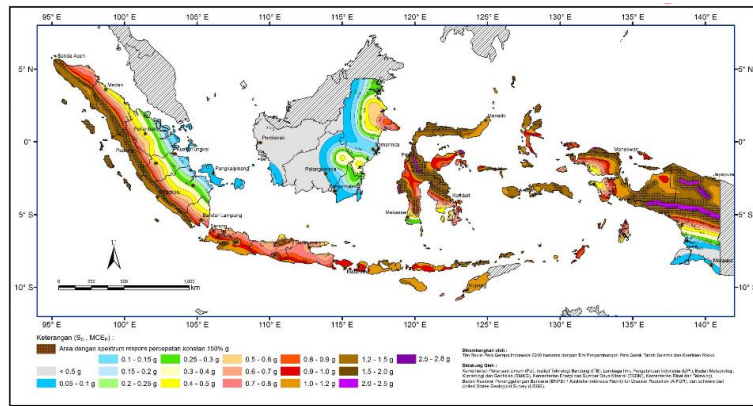
$$S_{MI} = F_v S_I \dots\dots\dots (3. 67)$$

Keterangan:

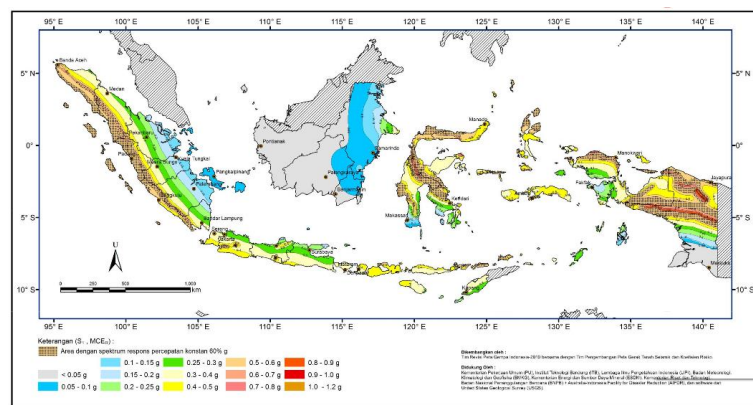
$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk perioda pendek;

$S_I$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk perioda 1,0 detik.

dan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 4 dan Tabel 5 pada SNI 1726:2012 pasal 6.2, untuk nilai  $S_S$  dan  $S_I$  terpetakan pada gambar (3. 5) dan (3. 6).



Gambar 3. 5 Nilai  $S_S$  pada tiap daerah di Indonesia  
(Sumber : SNI 1726:2012)



Gambar 3. 6 Nilai  $S_I$  pada tiap daerah di Indonesia  
(Sumber : SNI 1726:2012)

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek,  $S_{DS}$  dan pada perioda 1 detik,  $S_{DI}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (3. 68)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \dots\dots\dots (3. 69)$$

Spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons

desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 3. 3 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots \dots \dots (3. 70)$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ ;

3. Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots \dots \dots (3. 71)$$

Keterangan:

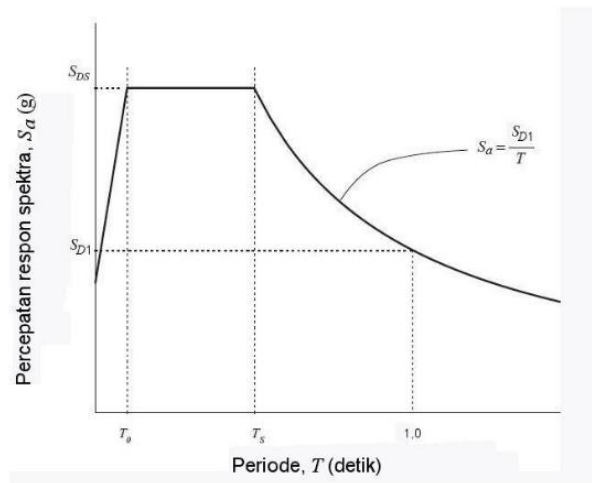
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek;

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik;

$T$  = perioda getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Gambar 3.7. Spektrum respons desain  
(Sumber : SNI 1726:2012)

3. Gaya lateral

Menurut SNI 1726 tahun 2012, setiap struktur harus dianalisis untuk pengaruh gaya lateral statik yang diaplikasikan secara independen di kedua arah ortogonal. Pada setiap arah yang ditinjau, gaya lateral statik harus diaplikasikan secara simultan di tiap lantai. Untuk tujuan analisis, gaya lateral di tiap lantai dihitung sebagai berikut:

$$F_x = 0,01W_x \dots\dots\dots (3. 72)$$

Keterangan:

$F_x$  = gaya lateral rencana yang diaplikasikan pada lantai x;

$W_x$  = bagian beban mati total struktur, D, yang bekerja pada lantai x.

Untuk gaya dasar seismik, V, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots (3. 73)$$

Keterangan:

$C_s$  = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.1.1 SNI 1726:2012;

$W$  = berat seismik efektif menurut pasal 7.7.2 SNI 1726:2012.

Koefisien respon seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 3.74.

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (3.74)$$

Keterangan:

$S_{Ds}$  = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek;

$R$  = faktor modifikasi respons pada Tabel 9 (SNI 1726:2012).

$I_e$  = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan pasal 4.1.2 (SNI 1726:2012).

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai persamaan dengan Persamaan 3.74 tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (3.75)$$

$C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots (3.76)$$

Keterangan:

$S_{D1}$  = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda sebesar 1,0 detik,

$T$  = perioda fundamental struktur (detik) yang ditentukan dari Persamaan 3.77.

$$T\alpha = C_t h_n^x \dots\dots\dots (3.77)$$

Keterangan:

$T\alpha$  = perioda fundamental pendekatan yang diijinkan secara langsung digunakan sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur ( $T$ ).



$h_n$  = ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 15 pasal 7. 8. 2. 1. SNI 1726:2012;

$I_e$  = aktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan pasal 4.1.2. SNI 1726:2012.

#### 4. Distribusi gaya gempa

Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx}V \dots\dots\dots (3. 78)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \dots\dots\dots (3. 79)$$

Keterangan:

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal;

$V$  = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

$w_i$  dan  $w_x$  = bagian berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$k$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:  
 untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang,  $k=1$  untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih,  $k = 2$  untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik,  $k$  harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.