

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Kombinasi Beban Terfaktor

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan sesuai SNI 1726:2012 (Arfiadi, 2013, 2014) sebagai berikut:

$$1,4 D \quad (1-1)$$

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

$$(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + \rho E_x + 0,3 \rho E_y \quad (1-3)$$

$$(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + \rho E_x - 0,3 \rho E_y \quad (1-4)$$

$$(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - \rho E_x + 0,3 \rho E_y \quad (1-5)$$

$$(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - \rho E_x - 0,3 \rho E_y \quad (1-6)$$

$$(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho E_x + \rho E_y \quad (1-7)$$

$$(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - 0,3 \rho E_x + \rho E_y \quad (1-8)$$

$$(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho E_x - \rho E_y \quad (1-9)$$

$$(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - 0,3 \rho E_x - \rho E_y \quad (1-10)$$

$$(0,9 - 0,2 S_{DS}) D + \rho E_x + 0,3 \rho E_y \quad (1-11)$$

$$(0,9 - 0,2 S_{DS}) D + \rho E_x - 0,3 \rho E_y \quad (1-12)$$

$$(0,9 - 0,2 S_{DS}) D - \rho E_x + 0,3 \rho E_y \quad (1-13)$$

$$(0,9 - 0,2 S_{DS}) D - \rho E_x - 0,3 \rho E_y \quad (1-14)$$

$$(0,9 - 0,2 S_{DS}) D + 0,3 \rho E_x + \rho E_y \quad (1-15)$$

$$(0,9 - 0,2 S_{DS}) D - 0,3 \rho E_x + \rho E_y \quad (1-16)$$

$$(0,9 - 0,2 S_{DS}) D + 0,3 \rho E_x - \rho E_y \quad (1-17)$$

$$(0,9 - 0,2 S_{DS}) D - 0,3 \rho E_x - \rho E_y \quad (1-18)$$

### 3.2 Klasifikasi Situs

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 diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$V_s$ (m/detik)	$N$ atau $N_{ch}$	$s_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
	<175	<15	<50
SE (tanah lunak)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40$ % 3. Kuat geser niralir $u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

(Sumber SNI 1726:2012)

### 3.3 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek ( $S_{MS}$ ) dan perioda 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3-1)$$

$$S_{MI} = F_v S_I \quad (3-2)$$

Nilai  $S_s$  dan  $S_I$  ditentukan dari peta zonasi gempa. Data ini dapat diperoleh dari desain spektra Indonesia 2011. Nilai  $F_a$  dapat ditentukan berdasarkan tabel 3.2, sedangkan nilai  $F_v$  dapat ditentukan berdasarkan tabel 3.3.

Tabel 3.2 Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCEP) terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

(Sumber SNI 1726:2012)

Tabel 3.3 Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCEP terpetakan pada perioda 1 detik, $S_I$				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

(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:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3-3)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \quad (3-4)$$

Keterangan:

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

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

### 3.4 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Tabel 3.4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber SNI 1726:2012)

### 3.5 Kategori Desain Seismik

Berdasarkan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{DI}$ , maka kategori desain seismik bangunan dapat ditentukan sesuai tabel 3.5 dan 3.6

Tabel 3.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber SNI 1726:2012)

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Rercepatan Pada Perioda 1 Detik

Nilai $S_{DI}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

(Sumber SNI 1726:2012)

Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik,  $S_I$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik *E*. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik,  $S_I$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik *F*. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya,  $S_{DS}$  dan  $S_{DI}$ .

### 3.6 Struktur Penahan Beban Gempa

Sistem penahan-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ , dan  $Q_o$  harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur.

### 3.7 Perioda Fundamental Pendekatan

Perioda fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (7-1)$$

Keterangan:

$h_n$  adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 3.8.

Tabel 3.7 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung

<b>Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, <math>S_D</math></b>	<b>Koefisien <math>C_u</math></b>
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber SNI 1726:2012)

Tabel 3.8 Nilai parameter perioda pendekatan  $C_t$  dan  $x$

<b>Tipe struktur</b>	<b><math>C_t</math></b>	<b><math>x</math></b>
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber SNI 1726:2012)

### 3.8 Prosedur Gaya Lateral Ekivalen

#### 3.8.1 Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik,  $V$ , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W \quad (8-1)$$

Keterangan:

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W$  = berat seismik efektif

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan Persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (8-2)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentan perioda pendek

$R$  = faktor modifikasi respons

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai dengan Persamaan 6-18 tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (8-3)$$

$C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana  $S_I$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5 S_I}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (8-4)$$

Keterangan:

- $S_{D1}$  = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda sebesar 1,0 detik  
 $T$  = perioda fundamental struktur (detik)  
 $S_I$  = parameter percepatan spektrum respons maksimum

### 3.8.2 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

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

$$F_x = C_{vx}V \quad (8-5)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (8-6)$$

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  $x$   
 $h_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$ , dinyatakan dalam meter (m)  
 $k$  = 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



### 3.8.3 Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat ( $V_x$ ) (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (8-7)$$

Keterangan:

$F_i$  adalah bagian dari geser dasar seismik ( $V$ ) yang timbul di Tingkat  $i$ , dinyatakan dalam kilo newton (kN).

### 3.8.4 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (8-8)$$

Keterangan:

$C_d$  = faktor amplifikasi defleksi

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastis

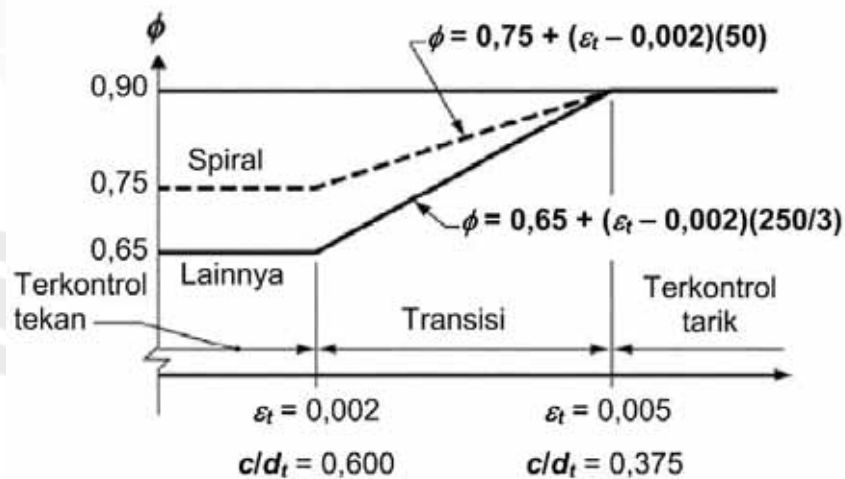
$I_e$  = faktor keutamaan gempa yang ditentukan

## 3.9 Kekuatan Desain

Kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$  sesuai dalam tabel 3.9.

Tabel 3.9 Faktor Reduksi Kekuatan  $\phi$ 

Komponen Struktur	Faktor Reduksi Kekuatan $\phi$
Penampang terkendali tarik	0,90
Penampang terkendali tekan:	
(a) Komponen struktur dengan tulangan spiral	0,75
(b) Komponen struktur bertulang lainnya	0,65
Geser dan torsi	0,75
Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengikat)	0,65
Daerah angkur pasca tarik	0,85
Model strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan (nodal), dan daerah tumpuan dalam model	0,75
Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman strand kurang dari panjang penyaluran (a) dan (b):	
(a) Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer	0,75
(b) Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran $\phi$ boleh ditingkatkan secara linier dari	0,75 sampai 0,9

Gambar 3.1 Variasi  $\phi$  dengan regangan tarik neto dalam baja tarik terluar

(Sumber : SNI 2847:2013)

### 3.10 Komponen Struktur Lentur Rangka Momen Khusus

Komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur. Komponen struktur rangka ini juga harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur,  $P_u$ , tidak boleh melebihi  $A_g f'_c / 10$ .
2. Bentang bersih untuk komponen struktur,  $\ell_n$ , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Lebar komponen,  $b_w$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari  $0,3h$  dan 250 mm.
4. Lebar komponen struktur,  $b_w$ , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu,  $c_2$ , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari (a) dan (b):
  - (a) Lebar komponen struktur penumpu,  $c_2$ , dan
  - (b) 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu,  $c_1$ .

#### 3.10.1 Tulangan Longitudinal

Pada sembarang penampang komponen struktur lentur, untuk tulangan atas maupun bawah, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari

$$A_{s,min} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (10-1)$$

dan tidak lebih kecil dari

$$A_{s,min} = \frac{1,4 b_w d}{f_y} \quad (10-2)$$

rasio tulangan,  $\rho$ , tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut.

Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari  $d/4$  dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan:

- (a) Dalam joint;
- (b) Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka joint; dan
- (c) Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.

### **3.10.2 Tulangan Transversal**

Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka berikut:

- (a) Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur;

- (b) Sepanjang panjang-panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka.

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) Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal; dan
- (c) 150 mm

Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempu pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang komponen struktur.

### **3.10.3 Persyaratan Kekuatan Geser**

#### **3.10.3.1 Gaya Desain**

Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin,  $M_{pr}$ , bekerja pada muka-muka joint dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya.

### 3.10.3.2 Tulangan Transversal

Tulangan transversal sepanjang panjang harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan  $V_c = 0$  bilamana keduanya (a) dan (b) terjadi:

- (a) Gaya geser yang ditimbulkan gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut;
- (b) Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$ , termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g f'_c / 20$ .

### 3.10.4 Komponen Struktur Rangka Momen Khusus yang Dikenai Beban Lentur dan Aksial

Persyaratan ini berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial terfaktor  $P_u$  akibat sembarang kombinasi beban yang melebihi  $A_g f'_c / 10$ .

Komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi-kondisi sebagai berikut:

- (a) Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
- (b) Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

### 3.10.5 Kekuatan Lentur Minimum Kolom

Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$\sum M_{nc} \geq (1, 2) \sum M_{nb} \quad (10-3)$$

$\sum M_{nc}$  = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\sum M_{nb}$  = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, bilamana slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen di muka joint, tulangan slab dalam lebar slab efektif harus diasumsikan menyumbang kepada  $M_{nb}$  jika tulangan slab disalurkan pada penampang kiris untuk lentur.

### 3.10.6 Tulangan Memanjang

Luas tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,06A_g$ . Pada kolom dengan sengkang tertutup bulat, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6.

### 3.10.7 Tulangan Transversal

Tulangan transversal harus dipasang sepanjang panjang  $\ell_o$  dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang  $\ell_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari (a), (b), dan (c):

- (a) Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelepasan lentur sepertinya terjadi;
- (b) Seperenam bentang bersih komponen struktur; dan
- (c) 450 mm.

Spasi tulangan transversal sepanjang panjang  $\ell_o$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), dan (c):

- (a) Seperempat dimensi komponen struktur minimum;
- (b) Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil; dan

$$(c) \quad S_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3} \quad (10-4)$$

Nilai  $S_o$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

Jumlah tulangan transversal harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- (a) Rasio volume tulangan spiral atau sengkang bulat,  $\rho_s$ , tidak boleh kurang dari:

$$\rho_s = 0,12 \left( \frac{f'_c}{f_{yt}} \right) \quad (10-5)$$

dan tidak boleh kurang dari:

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (10-6)$$

- (b) Luas penampang total tulangan sengkang persegi,  $A_{sh}$ , tidak boleh kurang dari:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (10-7)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \quad (10-8)$$



### 3.10.8 Persyaratan Kekuatan Geser

Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan-pertemuan (joints) di setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin,  $M_{pr}$ , di setiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor,  $P_u$ , yang bekerja pada komponen struktur. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada  $M_{pr}$  komponen struktur transversal yang merangka ke dalam joint. Dalam semua kasus  $V_e$  tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

Tulangan transversal sepanjang panjang  $\ell_o$ , harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan  $V_c = 0$  bilamana keduanya (a) dan (b) terjadi:

- (a) Gaya geser ditimbulkan gempa, mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam  $\ell_o$ ;
- (b) Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$ , termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g f'_c / 10$ .

### 3.11 Hubungan Balok-Kolom

Faktor penting dalam menentukan kuat geser nominal hubungan balok-kolom adalah luas efektif dari hubungan balok-kolom. Sesuai pasal 21.7.4.1 SNI 2847:2013, untuk hubungan balok-kolom yang dikekang oleh balok di keempat sisinya, kuat geser nominalnya adalah sebesar  $1,7\sqrt{f'_c} A_s$  dan balok-kolom yang terkekang di dua muka yang berlawanan, kuat geser nominalnya adalah  $1,2\sqrt{f'_c} A_s$ .