

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Kekuatan dan Kemampuan Layan

Dalam melakukan analisis dalam perancangan gedung apartemen Northcole Condominium dibatasi dengan hanya mempertimbangkan kombinasi dari tiga jenis beban saja, meliputi kombinasi dari beban mati, beban hidup dan beban gempa.

##### 3.1.1. Kuat Perlu

Kuat perlu dihitung berdasarkan kombinasi pembebanan sesuai SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019 dijabarkan lebih rinci sebagai berikut:

$$U1 = 1,4 DL \quad (3-1)$$

$$U2 = 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 Lr \quad (3-2)$$

$$U2 = 1,2 DL + 1,6 DL + 0,5 R \quad (3-3)$$

$$U3 = 1,2 DL + 1,6 Lr + 1 LL \quad (3-4)$$

$$U3 = 1,2 DL + 1,6 Lr + 1,0 LL \quad (3-5)$$

$$U3 = 1,2 DL + 1,6 Lr + 0,5 W \quad (3-6)$$

$$U4 = 1,2 DL + 1,0 W + 1,0 LL + 0,5 Lr \quad (3-7)$$

$$U4 = 1,2 DL + 1,0 W + 1,0 LL + 0,5 R \quad (3-8)$$

$$U5x = 1,31 DL + 1,3 EqdX + 0,39 EqdY + 1 LL \quad (3-9)$$

$$U5x = 1,31 DL + 1,3 EqdX - 0,39 EqdY + 1 LL \quad (3-10)$$

$$U5x = 1,31 DL - 1,3 EqdX + 0,39 EqdY + 1 LL \quad (3-11)$$

$$U5x = 1,31 DL - 1,3 EqdX - 0,39 EqdX + 1 LL \quad (3-12)$$

$$U5y = 1,31 DL + 0,39 EqdX + 1,3 EqdY + 1 LL \quad (3-13)$$

$$U5y = 1,31 DL + 0,39 EqdX - 1,3 EqdY + 1 LL \quad (3-14)$$

$$U5y = 1,31 DL - 0,39 EqdX + 1,3 EqdY + 1 LL \quad (3-15)$$

$$U5y = 1,31 DL - 0,39 EqdX - 1,3 EqdY + 1 LL \quad (3-16)$$

$$U6 = 0,9 DL + 1,0 W \quad (3-17)$$

$$U7x = 0,79 DL + 1,3 EqdX + 0,39 EqdY \quad (3-18)$$

$$U7x = 0,79 DL + 1,3 EqdX - 0,39 EqdY \quad (3-19)$$

$$U7x = 0,79 DL - 1,3 EqdX + 0,39 EqdY \quad (3-20)$$

$$U7x = 0,79 DL - 1,3 EqdX - 0,39 EqdY \quad (3-21)$$

$$U7y = 0,79 DL + 0,39 EqdX + 1,3 EqdY \quad (3-22)$$

$$U7y = 0,79 DL + 0,39 EqdX - 1,3 EqdY \quad (3-23)$$

$$U7y = 0,79 DL - 0,39 EqdX + 1,3 EqdY \quad (3-24)$$

$$U7y = 0,79 DL - 0,39 EqdX - 1,3 EqdY \quad (3-25)$$

Keterangan :

$U$  = Kuat Perlu

$D$  = Beban Mati

$L$  = Beban Hidup

$E_x$  = Beban Gempa ( arah x )

$E_y$  = Beban Gempa ( arah y )

### 3.1.2. Kuat Rencana

Kuat rencana diambil dari kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari SNI 2847:2019, dan dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$ . Nilai  $\phi$  yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1 sesuai dengan SNI 2847:2019 Pasal 21

**Tabel 3. 1 Reduksi Kekuatan**

	<b>Gaya Atau Elemen Struktur</b>	<b><math>\phi</math></b>
a)	Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,60-0,90
b)	Geser	0,75
c)	Torsi	0,75
d)	Tumpu ( <i>bearing</i> )	0,75
e)	Zona angkur pascatarik ( <i>post-tension</i> )	0,85
f)	<i>Bracket</i> dan korble	0,75
g)	<i>Strut, ties</i> , zona modal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut-and-tie</i> di Pasal 23	0,75
h)	Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,90

i)	Beton polos	0,60
j)	Angkur dalam elemen beton	0,45-0,75

(Sumber: SNI 2847:2019)

## **3.2 Perencanaan Struktur Atas**

### **3.2.1. Perencanaan Pelat**

Dalam perencanaan pelat dibagi menjadi dua macam yaitu:

1. Sistem perencanaan pelat satu arah (*one way slab*)
2. Sistem perencanaan pelat dua arah (*two way slab*)

#### **3.2.1.1. Penulangan Pelat Satu Arah**

Menurut SNI 2847:2019 pasal 7.3.1.1 tebal minimum yang ditentukan dalam Tabel 3.2 berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa 16 ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Dikatakan pelat satu arah jika:

$$\frac{l_y}{l_x} > 2 \quad (3-19)$$

Untuk tebal minimum balok non pra-tegang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3. 2 Tebal minimum balok non pra-tegang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.**

	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen Struktur	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p><b>CATATAN:</b></p> <p>Panjang bentang dalam mm.</p> <p>Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), <math>w_c</math>, di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), <math>w_c</math>, di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65 - 0,0003 w_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09.</li> <li>Untuk <math>f_y</math> selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan <math>(0,4 + f_y/700)</math>.</li> </ol>				

(Sumber : SNI 2847:2019)

### 3.2.1.2. Penulangan Pelat Dua Arah

Dikatakan pelat dua arah jika :

$$\frac{l_y}{l_x} \leq 2 \quad (3-20)$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.1 Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2 tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan Tabel 3.3 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

1. tanpa panel drop (*drop panels*).....125 mm
2. dengan panel drop (*drop panels*).....100 mm

**Tabel 3. 3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior\***

	Tanpa penebalan <sup>‡</sup>			Dengan penebalan <sup>‡</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>	
Tegangan leleh, $f_y$						
MPa <sup>†</sup>						
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$

420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

\*Untuk konstruksi dua arah,  $l_n$  adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.

†Untuk  $f_y$  antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.

‡Panel drop

§Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai  $\alpha_f$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(Sumber : SNI 2847:2019)

Selanjutnya pada SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2, untuk pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya ( $h$ ) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Untuk  $\alpha_{fm}$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan SNI 2847:2019 pasal 8.3;
2. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0,  $h$  tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (3-21)$$

dan tidak boleh kurang dari 125mm;

3. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l}{36+9\beta} n(0,8+\frac{f_y}{1400}) \quad (3-22)$$

dan tidak boleh kurang dari 90mm;

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan  $\alpha_f$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan Pers. (3-21) atau (3-22) harus dinaikan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

Keterangan :

$h$  = tebal pelat

$l_n$  = panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan

$f_y$  = kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan

$\beta$  = rasio panjang terhadap pendek bentang bersih untuk pelat dua arah

$\alpha_{fm}$  = nilai rata-rata  $\alpha_f$  untuk semua balok tepi panel

### 3.2.1.3. Tulangan susut dan suhu

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 8.8.1.7 tulangan ulir yang digunakan sebagai tulangan susut dan suhu harus disediakan sesuai persyaratan berikut:

1. Luas tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton, tetapi tidak kurang dari 0,0014:



Tabel 3. 4 Nilai Rasio ( $\rho$ )

$F_y$	$\rho$
Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350	0,002
Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420	0,0018
Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0.35.	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

2. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450,
3. Pada semua penampang bilamana diperlukan, tulangan untuk menahan tegangan susut dan suhu pada semua penampang harus mampu mengembangkan  $f_y$ .

3.2.1.4. Syarat spasi tulangan susut dan suhu (dipilih nilai yang terkecil) :

$$s \leq 5h \text{ (h tebal pelat)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

### 3.2.2. Perencanaan Balok

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam perencanaan balok adalah sebagai berikut :

### 3.2.2.1. Menghitung Dimensi dan Momen Balok

Dimensi Balok yang umumnya digunakan di lapangan :

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L \quad (3-23)$$

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h \quad (3-24)$$

Keterangan :

$h$  = tinggi balok

$b$  = lebar balok

$L$  = panjang bentang terpanjang

### 3.2.2.1. Penulangan Longitudinal Balok

Pada estimasi tulangan balok,  $M_u$  baru yang telah didapat dari perhitungan sebelumnya digunakan untuk menghitung  $R_n$  perlu. Perencanaan tulangan lentur nilai momen lentur akibat beban terfaktor ( $M_u$ ) diperoleh dari hasil analisa struktur program bantuan.

Koefisien tahanan didefinisikan dengan persamaan berikut ini:

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \cdot d^2} \quad (3-25)$$

(asumsi awal  $\phi = 0,9$  berdasarkan SNI 2847:2019, pasal 9.6 )

Luas tulangan yang dibutuhkan pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut :

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

$\rho$  diambil nilai terbesar antara  $\rho_{perlu}$  dan  $\rho_{min}$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85.f'c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85.f'c}} \right) \quad (3-27)$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4.f_y} \text{ atau } \frac{1,4}{f_y} \quad (3-28)$$

As yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung jumlah tulangan dengan pembulatan ke atas, jumlah tulangan =  $A_s$ /luas satu buah tulangan. Dan periksa syarat  $\phi M_n \geq M_u$ .

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - 0,59 \frac{A_s f_y}{f'c w b} \right) \quad (3-29)$$

Luas tulangan maksimum pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut :

$$\rho_{max} = 0,004 \quad (3-30)$$

$$A_{s \max} = \rho_{max} \cdot b \cdot d \quad (3-31)$$

Cek luas kebutuhan :

$$A_{s \min} \leq A_{s \text{ perlu}} \leq A_{s \max} \quad (3-32)$$

### 3.2.2.2. Tulangan Geser

Menurut SNI 2847:2019 pasal 9.7.3.5, perencanaan penampang terhadap geser harus memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\Phi V_n \leq V_u \quad (3-33)$$

dengan :

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

$V_n$  = kuat geser nominal =  $V_c + V_s$

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

Kuat geser nominal untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja dapat dihitung dengan rumus yang terdapat dalam SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1:

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-34)$$

Pemasangan tulangan geser diperlukan jika:

$$\frac{V_u}{\phi} \geq V_n \quad (3-35)$$

Jika pemasangan tulangan geser diperlukan, kuat geser nominal yang harus ditahan oleh tulangan geser dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti yang tercantum dibawah ini :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \leq 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-36)$$

Batasan spasi maksimum tulangan geser ditentukan dengan SNI 2847:2019, pasal 18.7 :

1. Spasi tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur tidak boleh melebihi  $d/2$  pada komponen struktur non prategang dan  $0,75 h$  pada komponen struktur prategang, ataupun 600 mm,
2. Sengkang miring dan tulangan longitudinal yang dibengkokan harus dipasang dengan spasi sedemikian hingga setiap garis 45 derajat, menerus ke arah reaksi dari tengah tinggi komponen struktur  $d/2$  ke tulangan Tarik longitudinal, harus disilang oleh paling sedikit satu garis tulangan geser,
3. Bila  $V_s$  melebihi  $0,33\sqrt{f'_c} b_w d$  maka spasi maksimum seperti yang terdapat pada point 1 dan 2 harus dikurangi setengahnya,

Menurut SNI 2847:2019 pasal 21.3.4.2, Sengkang perama harus dipasang tidak boleh melebihi dari 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum antara Sengkang tertutup tidak boleh melebihi :

- (a)  $d/4$
- (b) delapan kali diameter terkecil tulangan memanjang,
- (c) 24 kali diameter batang tulangan Sengkang tertutup, dan
- (d) 300 mm .

Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang balok. Spasi sengkang :

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (3-37)$$

Keterangan :

$V_c$  = kekuatan geser minimal beton

$V_s$  = kekuatan geser nominal angkur

$s$  = spasi antar Sengkang

$A_v$  = luas tulangan geser

$f_y$  = kekuatan leleh tulangan

$D$  = jarak dari serat terjauh ke pusat tulangan

### 3.2.3. Perencanaan Kolom

#### 3.2.3.1 Dimensi Kolom

Dalam melakukan estimasi dimensi kolom, perlu diketahui beban aksial yang bekerja diatas kolom. Rumus untuk menghitung terdapat dalam SNI 2847:2013 pasal 10.3.6 yaitu sebagai berikut :

$$P_n = 0,80\phi\{0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\} \quad (3-38)$$

dengan nilai  $\phi = 0,65$

#### 3.2.3.2 Pengaruh Kelangsingan Kolom

Menurut SNI 2847:2019 pasal 10.10.1, pengaruh kelangsingan pada komponen struktur yang ditahan terhadap goyangan samping dapat diabaikan apabila memenuhi persamaan berikut ini :

$$\frac{k l_u}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40 \quad (3-39)$$

Sedangkan control kelangsingan kolom untuk rangka portal bergoyang, sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.10.1 untuk komponen struktur yang tidak ditahan terhadap goyangan samping, pengaruh kelangsingan dapat diabaikan bila :

$$\frac{k l_u}{r} \leq 22 \quad (3-40)$$

dengan :

$k$  = faktor panjang efektif struktur tekan, yang besarnya didapat dari gambar S 10.10.1.1 SNI 2847:2019

$l_u$  = panjang bersih komponen struktur tekan

$r$  = radius girasi struktur tekan, boleh diambil 0,3 kali dimensi total dalam arah stabilitas yang ditinjau untuk komponen struktur tekan persegi (SNI 2847:2019 pasal 10.10.1.2)

$M_1, M_2$  = momen-momen ujung terfaktor pada kolom yang posisinya berlawanan.

### 3.2.3.3 Kuat Lentur

Komponen struktur rangka momen khusus yang dikenai beban lentur dan aksial berdasar SNI-2847-19 merupakan :

- 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
- c. Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (3-41)$$

Dimana :

$\sum M_{nc}$  = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi dimuka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan 26 lentur terendah,

$\sum M_{nb}$  = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi dimuka-muka joint.

#### 3.2.3.4 Gaya Geser

Gaya geser rencana ( $V_e$ ) untuk menentukan keperluan tulangan geser kolom harus ditentukan dari kuat momen maksimum  $M_{pr}$  dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di hubungan balok-kolom yang bersangkutan. Gaya geser rencana ( $V_e$ ) tersebut tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada  $M_{pr}$  komponen struktur transfersal yang merangka ke dalam joint. pada gaya geser rencana berdasarkan kuat momen balok yang merangka pada hubungan balok kolom tersebut, namun tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor berdasarkan analisis struktur.



Perencanaan penampang terhadap geser harus memenuhi persamaan seperti berikut ini.

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-42)$$

$V_u$  adalah gaya geser terfaktor dan  $V_n$  adalah kuat geser nominal yang dihitung dari persamaan berikut.

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-43)$$

dengan :

$V_c$  = kuat geser yang disumbangkan oleh beton

Kuat geser disumbang oleh beton untuk komponen struktur yang dibebani gaya tekan aksial sesuai dengan SNI 2847:2019

pasal 11.2.1.2. ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14.A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-44)$$

dan

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (3-45)$$

dengan :

$A_v$  = luas tulangan geser,

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser,

$A_g$  = luas bruto penampang kolom,

$N_u$  = beban aksial terfaktor yang terjadi, bw= lebar balok,

$f_y$  = tegangan leleh yang baja,

$f'_c$  = kuat tekan beton yang disyaratkan,

### 3.2.3.5 Tulangan Transversal Kolom

Pada SNI 2847:2019 pasal 21.6.4.4.b, luas penampang total tulangan sengkang persegi adalah sebagai berikut :

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3-46)$$

$$A_{ch} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \quad (3-47)$$

dengan :

$A_{sh}$  = luas total penampang sengkang tertutup persegi,

$A_g$  = luas brutto penampang,

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

$b_c$  = dimensi penampang inti kolom diukur dari sumbu ke sumbu tulangan pengekang,

$s$  = spasi tulangan transversal,

$f_{yt}$  = tegangan leleh baja tulangan transversal.

$f'_c$  = kuat tekan beton.

Tulangan transversal tersebut menurut SNI 2847:2019 pasal 21.6.4.1, harus dipasang sepanjang  $l_o$  dari setiap muka joint dan pada kedua sisi seberang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis, dengan panjang  $l_o$  tidak kurang dari:

- a. Tinggi penampang kolom pada muka hubungan balok-kolom,
- b. Seperenam bentang bersih komponen struktur,
- c. 450 mm.

Spasi tulangan transversal yang dipasang sepanjang  $l_o$  (panjang minimum dimana harus disediakan tulangan transversal yang dihitung dari muka joint sepanjang kolom) tidak boleh lebih kecil dari peraturan yang diperoleh dalam SNI 2847:2019 pasal 21.6.4.3, yaitu sepanjang :

- a. Seperempat dimensi komponen struktur minimum ( kolom terkecil )
- b. Enam kali diameter tulangan longitudinal yang terkecil, dan
- c.  $s_o = 100 \frac{350-h_x}{3}$

#### 3.2.4. Perencanaan Tangga

Untuk perhitungan tangga dimodelkan dimana ujung perletakan pada pelat dianggap sebagai sendi dan perletakan bordes dianggap rol dengan anggapan tangga merupakan unsur sekunder yang tidak mempengaruhi kekuatan struktur secara keseluruhan.

Hal-hal yang diperhatikan dalam merencanakan ruang tangga, antara lain lebar bordes, tinggi oprade (O) antara 150-200 mm, antrede (A) antara 280-300 mm.

$$\text{Jumlah anak tangga} \quad n_{tg} = \frac{h_{lt}}{o} \quad (3-48)$$

$$\text{Lebar tangga} \quad L_{tg} = \left( \frac{h_{lt}}{2o} - 1 \right) \cdot A \quad (3-49)$$

$$\text{Sudut kemiringan tangga} \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{o}{A} \quad (3-50)$$

Keterangan :

$h_{lt}$  = tinggi lantai

$O$  = optrede

$A$  = antrede

$n_{tg}$  = jumlah anak tangga

$L_{tg}$  = lebar tangga

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 7.7 ayat 1.c selimut beton untuk tulangan dengan diameter  $\leq 36$  mm digunakan setebal 20 mm. Tangga dimodelkan sebagai balok tipis dengan lebar 1000 mm. Penulangan lentur dapat dilakukan setelah mendapat *output* program, hasil yang diperoleh adalah nilai momen lentur  $M_u$ . Koefisien tahanan didefinisikan dengan persamaan berikut ini:

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \cdot d^2} \quad (3-51)$$

Luas tulangan yang dibutuhkan pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut:

$$A_{sperlu} = \rho \cdot b \cdot d \quad (3-52)$$

$\rho$  diambil nilai terbesar antara  $\rho_{perlu}$  dan  $\rho_{min}$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) \quad (3-53)$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \frac{1,4}{f_y} \quad (3-54)$$

$A_s$  yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung jumlah tulangan dengan pembulatan ke atas, jumlah tulangan =  $A_s$  / luas satu buah tulangan. Dan periksa syarat  $\phi Mn \geq Mu$ .

$$\phi Mn = \phi A_s \cdot f_y \left( d - 0,59 \frac{A_s f_y}{f'_c b w} \right) \quad (3-55)$$

Luas tulangan maksimum pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut.

$$\rho_{max} = 0,004 \quad (3-56)$$

$$A_{s \max} = \rho_{max} \cdot b \cdot d \quad (3-57)$$

Cek luas kebutuhan :

$$A_{s \min} \leq A_{s \text{ perlu}} \leq A_{s \max} \quad (3-58)$$

### 3.2.5. Perencanaan Dinding Geser

Perencanaan dinding geser diatur dalam SNI 1726:2019 pasal 11.9 sebagai berikut:

1. Desain penampang horizontal untuk bidang dinding harus didasarkan pada persamaan:

$$\phi V_n > V_u \quad (3-59)$$

Keterangan:

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_n$  = kekuatan geser nominal yang dihitung sesuai persamaan

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-60)$$

$V_c$  = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton

$V_n$  pada semua penampang horizontal untuk geser dalam bidang dinding

tidak boleh diambil lebih besar dari  $0,83\sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d$

Keterangan:

$h$  = tebal dinding

$b$  = harus diambil sama dengan  $0,8 \cdot l_w$

2.  $V_c$  boleh lebih kecil dari nilai yang dihitung dari persamaan:

$$V_c = 0,27 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4l_w} \quad (3-61)$$

Atau

$$V_c = \left[ 0,5 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} + \frac{l_w \left( 0,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} + 0,2 \frac{N_u}{l_w \cdot h} \right)}{\frac{M_u \cdot l_w}{V_u \cdot 2}} \right] \cdot h \cdot d \quad (3-62)$$

Keterangan :

$l_w$  = panjang keseluruhan dinding

$N_u$  = positif untuk tekan dan negatif untuk Tarik

3. Bila  $V_u > \phi V_c$  maka tulangan geser horizontal harus direncanakan untuk memenuhi persamaan (3-59) dan (3-60), dimana  $V_s$  harus dihitung dengan:

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

Keterangan:

$A_v$  = luas tulangan horizontal dalam spasi  $s$

$d$  = harus diambil sama dengan  $0,8.l_w$

4. Rasio luas tulangan geser horizontal terhadap luas beton penampang vertikal tidak boleh kurang dari 0,0025.
5. Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari  $l_w/5$ ,  $3h$ , dan 450 mm, dimana  $l_w$  adalah panjang keseluruhan dinding.
6. Rasio luas tulangan geser vertikal terhadap luas beton bruto penampang horizontal tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari:

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left( 0,25 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_t - 0,0025) \quad (3-63)$$

dan 0,0025

7. Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari  $l_w/5$ ,  $3h$ , dan 450 mm.

### 3.2.6. Tata Cara Perencanaan Gempa menurut (SNI 1726:2019)

#### 3.2.6.1. Gempa Rencana

Bangunan Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen. Akibat pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

#### 3.2.6.2 Penentuan $S_{DS}$ dan $S_{DI}$

Nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{DI}$  ditentukan melalui web desain spectra Indonesia <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>

### 3.2.6.3. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3.5 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 3.5.

**Tabel 3. 5 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : a. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan b. Fasilitas sementara c. Gudang penyimpanan d. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
f. Pusat perbelanjaan/ mall g. Bangunan industry h. Fasilitas manufaktur i. Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk : a. Bioskop b. Gedung pertemuan c. Stadion d. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat e. Fasilitas penitipan anak f. Penjara	III



**Tabel 3.5. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa**

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
<p>g. Bangunan untuk orang jompo</p> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>b. Fasilitas penanganan air</li> <li>c. Fasilitas penanganan limbah</li> <li>d. Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</li> </ul>	III
<p>Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bangunan-bangunan monumental</li> <li>b. Gedung sekolah dan Fasilitas Pendidikan</li> <li>c. Rumah Ibadah</li> <li>d. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>e. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> </ul>	

**Tabel 3.5. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa**

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
<p>f. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</p> <p>g. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, Pusat operasi dan Fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</p> <p>h. Pusat pembangkit energi dan Fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</p> <p>i. Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</p> <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV

(Sumber : SNI 1726:2019)

Dalam perencanaan gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor pengali berdasarkan kategori resiko gedung untuk menyesuaikan periode ulang gempa. Berikut ini merupakan faktor keutamaan gempa berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 4.1.2.

**Tabel 3. 6 Faktor Keutamaan Gempa**

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber : SNI 1726:2019)

**3.2.6.4. 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. Klasifikasi situs ini, bertujuan untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Penetapan kelas situs ini harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium. Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari tabel dan pasal-pasal berikut ini:

**Tabel 3. 7 Klarifikasi Situs**

Kelas Situs	$V_s$ (m/detik)	N atau Nch	$S_u$ (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
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50

**Tabel 3. 8 Klarifikasi Situs**

	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indek plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math></li> </ol> <p style="text-align: center;">Kuat geser nitralir <math>S_u &lt; 25kPa</math></p>
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons spesifik situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Setiap Profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersedimentasi lemah</li> <li>2. Lempung sangat organic dan/gambut (ketebalan <math>H &gt; 3m</math>)</li> <li>3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5m</math> dengan indeks plastisitas <math>PI &gt; 75</math></li> </ol> <p>Lapisan tanah lempung lunak / setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35m</math> dengan <math>S_u &lt; 50kPa</math></p>

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

### 3.2.6.5. Desain Respons Spektrum

Bila 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 dan mengikuti ketentuan dibawah ini:

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

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o} \right) \quad (3-64)$$

2. Untuk perioda yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_o$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spectrum respons percepatan desain  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$

3. Untuk Periode lebih besar dari  $T_s$ , spectrum respons percepatan desain,  $S_a$  diambil berdasarkan persamaan (3-2).

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3-65)$$

Keterangan :

$S_{DS}$  = Parameter respons spectral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = Parameter respons spectral percepatan desain pada periode 1 detik

$T$  = Periode getar fundamental struktur

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3-66)$$

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3-67)$$

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726:2019 parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = 2/3.S_{MS} \quad (3-68)$$

$$S_{D1} = 2/3.S_{M1} \quad (3-69)$$

Dalam penentuan respons spektral percepatan gempa MCER dipermukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode pendek 0,2 detik dan pada periode 1 detik . Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (3-70)$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I \quad (3-71)$$

Keterangan :

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek

$S_I$  = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpasang untuk periode 1,0 detik

Koefisien situs faktor implikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek,  $F_a$  dan faktor implikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik,  $F_v$  dapat dilihat pada tabel 3.8 dan 3.9.

**Tabel 3. 9 Koefisien Situs,  $F_a$**

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-terrtarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s \geq 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9
SF	SS <sup>(a)</sup>				

(Sumber : SNI 1726:2019)

**Tabel 3. 10 Koefisien Situs,  $F_v$** 

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada perioda 1 detik, $S_T$				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s \geq 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2
SF	SS <sup>(a)</sup>				

(Sumber : SNI 1726:2019)

Catatan : Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dan  $S_T$  dapat dilakukan interpolasi linear  
 SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respon situs spesifik

### 3.2.6.6. Kategori Desain Seismik

Apabila nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  sudah ditentukan maka, kategori desain seismik struktur dapat ditetapkan sesuai tabel 3.10 dan 3.11.

**Tabel 3. 11 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
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber SNI 1726:2019)

**Tabel 3. 12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik**

Nilai $S_{DI}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 < S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,5 \leq S_{DI}$	D	D

(Sumber SNI 1726:2019)

### 3.2.6.6 Struktur Penahan Gaya Gempa

Bila sistem yang berbeda digunakan maka, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_D$  dan  $(\Omega_0)$  harus dikenakan sesuai dengan sistem tersebut. Hal ini dapat dilihat pada tabel 3.12.

**Tabel 3. 13 Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Faktor Kuat Lebih Sistem, Faktor Pembesar Defleksi, dan Batasan Tinggi Sistem Struktur**

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, $R^a$	Faktor Kuat Lebih Sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran Defleksi, $C_d^b$	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi struktur, $h_n$ (m)c Kategori Desain Seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>c</sup>
C.Sistem Rangka Pemikul Momen								
1.Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
2.Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5 ½	TB	TB	48	30	TI



**Tabel 3.13. Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Faktor Kuat Lebih Sistem, Faktor Pembesar Defleksi, dan Batasan Tinggi Sistem Struktur**

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, $R^a$	Faktor Kuat Lebih Sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran Defleksi, $C_d^b$	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi struktur, $h_n$ (m)c Kategori Desain Seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
3.Rangka batang baja pemikul momen khusus	4 ½	3	4	TB	TB	10 <sup>hi</sup>	Ti <sup>h</sup>	Ti <sup>i</sup>
4.Rangka baja pemikul momen menengah	3 ½	3	3	TB	TB	Ti <sup>h</sup>	Ti <sup>h</sup>	Ti <sup>i</sup>
5.Rangka baja pemikul momen biasa	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
6.Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
7.Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
8.Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
9.Rangka baja dan beton komposit pemikul	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI

**Tabel 3.13. Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Faktor Kuat Lebih Sistem, Faktor Pembesar Defleksi, dan Batasan Tinggi Sistem Struktur**

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, $R^a$	Faktor Kuat Lebih Sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran Defleksi, $C_d^b$	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup> Kategori Desain Seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
momen menengah								
10.Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5 ½	48	48	30	TI	TI
11.Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
12.Rangka Baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3 ½	3 <sup>0</sup>	3 ½	TB	10	10	10	10

(Sumber SNI 1726:2019)

### 3.2.6.7 Geser Dasar Seismik

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

$$V = C_s W \quad (3-72)$$

Keterangan :

$C_s$  = Koefisien respons seismik (SNI 1726:2019 pasal 7.8.1.1)

$W$  = Berat seismik efektif (SNI 1726:2019 pasal 7.7.2)

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sebagai berikut:

$$a. C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-73)$$

$$b. C_s \text{ hitungan} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-74)$$

$$c. C_s \text{ minimum} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3-75)$$

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

$$d. C_s \text{ minimum} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-76)$$

Keterangan :

$S_{DS}$  = Parameter respons spectral percepatan desain pada perioda pendek

$S_{D1}$  = Parameter respons spectral percepatan desain pada perioda 1 detik

$T$  = Perioda getar fundamental struktur

$R$  = Faktor modifikasi respons

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan

### 3.2.6.7. Periode Fundamental

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.8.2, sebagai alternative pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$ , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ .

$$T_a = C_t H_n^x \quad (3-77)$$

$h_n$  adalah struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari tabel dibawah ini :

**Tabel 3. 14 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung  
(Nilai  $C_u$ )**

Parameter Percepatan Respons Spektral desain pada 1 detik $S_{DI}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber SNI 1726:2019)

**Tabel 3. 15 Nilai parameter perioda pendekatan  $C_t$  dan  $x$**

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang diisyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik.		0,8
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

(Sumber SNI 1726:2019)

### 3.2.6.8. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019, gaya gempa lateral, ( $F_x$ ) (kN) yang timbul disemua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{ux}V \quad (3-78)$$

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

Keterangan :

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

$V$  = gaya dasar seismik atau geser di dasar struktur

$w_i$  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

$k$  = untuk struktur yang perioda sebesar 0,5 detik atau kurang,  $k = 1$ . untuk struktur yang perioda sebesar 2,5 detik atau kurang,  $k = 2$ . untuk struktur yang perioda antara 0,5 dan 2,5 detik,  $k$  harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2

### 3.2.6.9. Distribusi Horisontal Gaya Gempa

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

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \quad (3-80)$$

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

