

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Kekuatan dan Kemampuan Layan

Dalam perencanaan ulang struktur atas pembebanan merupakan komponen yang sangat penting dalam perancangan suatu bangunan bertingkat. Suatu pembebanan yang tepat dapat menentukan daya layan dari suatu bangunan, pembebanan meliputi elemen struktur yang mementingkan keamanan agar mampu bekerja sesuai dengan kombinasi yang telah direncanakan. Perencanaan pembebanan meliputi kombinasi antara beban mati, beban hidup dan beban gempa.

##### 3.1.1 Kuat Perlu

Kuat perlu merupakan kekuatan suatu komponen struktur yang diperlukan agar mampu melayani beban yang bekerja pada komponen struktur tersebut. Kuat perlu dapat dihitung berdasarkan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, kuat perlu dapat dikombinasikan sebagai berikut :

$$U = 1,4D \quad (3-1)$$

$$U = 1,2D + 1,6L \quad (3-2)$$

$$U = (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L + 1,0Ex + 0,3 Ey \quad (3-3)$$

$$U = (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L + 1,0Ex - 0,3 Ey \quad (3-4)$$

$$U = (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L - 1,0Ex + 0,3 Ey \quad (3-5)$$

$$U = (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L - 1,0Ex - 0,3 Ey \quad (3-6)$$

$$U = (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L + 0,3Ex + 1,0 Ey \quad (3-7)$$

$$U = (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L + 0,3Ex - 1,0 Ey \quad (3-8)$$

$$U = (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L - 0,3Ex + 1,0 Ey \quad (3-9)$$

$$U = (1,2 + 0,2SDS)D + 1,0L - 0,3Ex - 1,0 Ey \quad (3-10)$$

$$U = (0,9 - 0,2SDS)D + 1,0Ex + 0,3Ey \quad (3-11)$$

$$U = (0,9 - 0,2SDS)D + 1,0Ex - 0,3Ey \quad (3-12)$$

$$U = (0,9 - 0,2SDS)D - 1,0Ex + 0,3Ey \quad (3-13)$$

$$U = (0,9 - 0,2SDS)D - 1,0Ex - 0,3Ey \quad (3-14)$$

$$U = (0,9 - 0,2SDS)D + 0,3Ex + 0,1Ey \quad (3-15)$$

$$U = (0,9 - 0,2SDS)D + 0,3Ex - 0,1Ey \quad (3-16)$$

$$U = (0,9 - 0,2SDS)D - 0,3Ex + 0,1Ey \quad (3-17)$$

$$U = (0,9 - 0,2SDS)D - 0,3Ex - 0,1Ey \quad (3-18)$$

Keterangan :

U	= Kuat Perlu	Ex	= Beban gempa Arah x
D	= Beban mati	Ey	= Beban gempa Arah y
L	= Beban Hidup		

### 3.1.2 Kuat Rencana

Menurut SNI 2847:2019, kekuatan suatu desain harus diambil sesuai kekuatan yang terdapat pada table faktor reduksi kekuatan  $\phi$ . Nilai faktor reduksi terdapat pada tabel yang tertera pada pasal 9.6.

Tabel 3.1 Faktor Reduksi Kekuatan

No	Keterangan	$\phi$
1	Penampang terkendali tarik	0,90
2	Penampang terkendali tekan	
	Komponen struktur dengan tulangan spiral	0,75
	Komponen struktur bertulang lainnya	0,65
3	Geser dan torsi	0,75
4	Tumpuan pada beton kecuali daerah angkur paska Tarik dan model strat dan pengikat	0,65
5	Daerah angkur paska Tarik	0,85
6	Model Strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan, dan daerah tumpuan	0,75
7	Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman strand kurang dari panjang penyaluran	
	Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer	0,75
	Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran $\phi$ boleh ditingkatkan secara linear	0,75-0,9

( Sumber SNI 2847:2019 )

## 3.2 Perencanaan Struktur Atas

### 3.2.1 Perencanaan Pelat

Dalam perencanaan pelat dapat dibagi menjadi 2 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 pelat minimum dapat ditentukan dalam tabel 3.2 berlaku untuk konstruksi pelat satu arah yang tidak

menumpu atau tidak disatukan dengan partisi dan konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar.

Dikatakan pelat satu arah jika :

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

Untuk tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila 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

Komponen Struktur	Tebal Minimum ( h )			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar			
Pelat massif 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>CATATAN :</p> <p>Panjang bentang dalam ( mm )</p> <p>Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis ( <i>equilibrium density</i> ) <math>w_c</math> diantara 1440 sampai 1840 <math>kg/m^3</math>, 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 rasio bentang panjang terhadap bentang pendek tidak lebih dari dua tebal minimumnya maka harus memenuhi Tabel 3.3 kemudian tidak boleh kurang dari nilai :

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<sup>x</sup>

Tegangan leleh, $f_y$ ( Mpa ) *	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>	
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	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

<sup>x</sup>Untuk konstruksi dua arah,  $l_n$  adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur dari muka ke tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.  
<sup>\*</sup>Untuk  $f_y$  antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.  
<sup>#</sup>Panel drop  
<sup>+</sup>Pelat dengan balok di antara 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 di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya ( $h$ ) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut ini :

1. Untuk  $\alpha_{fm}$  yang sama dengan atau lebih kecil dari 0,2 harus sesuai dengan pasal 8.3 ;

2. Untuk  $\alpha_{fm} > 0,2 \leq 2,0$  ,  $h$  tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (3-21)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm ;

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

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

4. Pada tepi yang tidak menerus , pada bagian balok tepi harus mempunyai kekuatan  $\alpha_{fm}$  tidak kurang dari 0,8 atau alternatif ketebalannya ditentukan dari persamaan (3-21) atau (3-22) diambil nilai minimum dan harus di sesuaikan dengan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

Keterangan :

$H$  = Tebal pelat

$l_n$  = Panjang bentang bersih yang diukur dari muka ke muka tumpuan

$f_y$  = Syarat kekuatan leleh

$\beta$  = Rasio panjang terhadap pendek bentang bersih untuk pelat 2 arah

$\alpha_{fm}$  = Nilai rerata  $\alpha_f$  untuk semua balok pada 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 dengan persyaratan berikut:

1. Luas tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikitnya memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto pada penampang beton, dengan syarat tidak kurang dari 0,0014 ;

Tabel 3.4 Nilai Rasio ( $\rho$ )

$F_y$	$P$
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 5x 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 dari nilai yang terkecil) :

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

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

### 3.2.2 Perencanaan Balok

Adapun tahapan yang dilakukan dalam perencanaan balok adalah sebagai berikut :

#### 3.2.2.1 Menghitung Dimensi dan Momen Balok

Dimensi balok yang pada 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

$L$  = Panjanga bentang terpanjang

#### 3.2.2.2 Penulangan Longitudinal Balok

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

Koefisien tahanan dapat didefinisikan dengan persamaan berikut :

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

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

Luas tulangan yang dibutuhkan pada komponen struktur lentur adalah

sebagai berikut :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d \quad (3-26)$$

(  $\rho$  diambil nilai terbesar antara  $\rho$  perlu dan  $\rho$  minimum )

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

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

$A_s$  yang telah diperoleh akan digunakan untuk menghitung jumlah tulangan dengan pembulatan ke atas

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{\text{luas 1 buah tulangan}} \quad (3-29)$$

( Syarat  $\phi M_n \geq M_u$  )

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \left( d - 0,59 \frac{A_s \cdot f_y}{f'_c w b} \right) \quad (3-30)$$

Luas tulangan maksimum pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut :

$$\rho_{\text{max}} = 0,004 \quad (3-31)$$

$$A_s \text{ max} = \rho_{\text{max}} \cdot b \cdot d \quad (3-32)$$

Cek kebutuhan luasan :

$$A_s \text{ min} \leq A_s \text{ perlu} \leq A_s \text{ max} \quad (3-33)$$

### 3.2.2.3 Tulangan Geser

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

$$\phi V_n \leq V_u \quad (3-34)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \phi &= \text{Faktor reduksi kekuatan} \\ V_n &= \text{Kuat geser nominal} = V_c + V_s \\ V_u &= \text{Gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau} \end{aligned} \quad (3-35)$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 22..5.5.1, kuat geser nominal untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d \quad (3-36)$$

Pemasangan tulangan geser diperlukan jika :

$$\frac{V_u}{\phi} \geq V_n \quad (3-37)$$

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

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \leq 0,66 \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d \quad (3-38)$$

Batasan spasi maksimum tulangan geser ditentukan dalam 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  $45^\circ$ , menerus ke arah reaksi dari tengah tinggi komponen struktur  $d/2$  ke tulangan tarik longitudinal, harus di silangkan oleh paling sedikit satu garis tulangan geser ;
3. Bila  $V_s$  melebihi  $0,33\sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$  maka spasi maksimum seperti yang terdapat pada point 1 dan 2 harus dikurangi setengah.

Dalam SNI 2847:2019 pasal 21.3.4.2, Sengkang pertama harus dipasang dan tidak boleh melebihi 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum antara sengkang tidak boleh lebih dari :

- (a)  $d/4$ ,
- (b) 8 kali diameter terkecil tulangan memanjang,
- (c) 24 kali diameter batang tulangan sengkang tertutup, dan
- (d) 300 mm.

Senggang harus dispasikan tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang bentang balok.

Spasi Senggang :

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (3-39)$$

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser minimal beton

$V_s$  = Kuat geser minimal angkur

$S$  = Spasi antar Senggang

$A_v$  = Luas tulangan geser

$f_y$  = Kuat 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 di atas kolom.

$$P_n = 0,80\phi\{0,85f'c(Ag - Ast) + f_y \cdot Ast\} \quad (3-40)$$

( dengan nilai  $\phi = 0,65$  )

#### 3.2.3.2 Pengaruh Kelangsingan Kolom

Pengaruh kelangsingan pada komponen struktur yang ditahan terhadap goyangan samping dapat diabaikan apabila persamaan sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 6.2.5

$$\frac{k l u}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40 \quad (3-41)$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 6.2.5 kelangsingan kolom untuk rangka portal bergoyang, maka pengaruh kelangsingan dapat diabaikan apabila :

$$\frac{k l_u}{r} \leq 22 \quad (3-42)$$

Keterangan :

- $k$  = Faktor panjang efektif struktur tekan, yang besarnya dapat dilihat pada gambar 6.2.5.1 pada SNI 2847:2019
- $l_u$  = Panjang bersih pada komponen struktur tekan
- $r$  = Radius girasi struktur tekan, dapat diambil 0,3 dikalikan dengan dimensi total dalam arah stabilitas yang dapat ditinjau untuk struktur tekan persegi.
- $M_1M_2$  = 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 yang terdapat pada SNI 2847:2019 :

- Dimensi penampang terpendek, diukur dari garis lurus yang melintasi pusat geometri, dan besarnya tidak boleh  $< 300$  mm
- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus dan tidak boleh  $< 0,4$
- Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (3-43)$$

Keterangan :

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

$\Sigma M_{nb}$  = Jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint dan dievaluasi pada muka joint.

#### 3.2.3.4 Gaya Geser

Gaya geser pada rencana ( $V_e$ ) digunakan untuk menentukan keperluan tulangan geser pada kolom dan harus ditentukan dari kuat momen maksimum  $M_{pr}$  dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu pada hubungan balok dan kolom yang bersangkutan. Gaya geser pada rencana ( $V_e$ ) harus lebih kecil dari  $M_{pr}$  komponen struktur transversal yang merangka ke dalam joint dan harus lebih besar dari gaya geser terfaktor berdasarkan analisis struktur.

Persamaan perencanaan penampang terhadap geser harus memenuhi :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-44)$$

Keterangan :

$V_u$  = Gaya geser terfaktor

$V_n$  = Kuat geser nominal

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-45)$$

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser yang diberikan oleh beton

Kuat geser yang diberikan oleh beton untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.6. dan ditentukan melalui persamaan :

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{1,4 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (3-46)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (3-47)$$

Keterangan :

$A_v$  = Luas tulang geser ;

$V_s$  = Kuat geser nominal yang diberikan oleh tulang geser ;

$A_g$  = Luas bruto pada penampang kolom ;

$N_u$  = Beban aksial terfaktor yang terjadi ;

$b_w$  = Lebar balok ;

$f_y$  = Tegangan leleh baja ;

$f'_c$  = Syarat kuat tekan pada beton.

### 3.2.3.5 Tulangan Transversal Kolom

Menurut SNI 2847:2019 pada pasal 18.7.5.4, luas penampang total pada tulangan sengkang persegi

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3-48)$$

$$A_{ch} = 0,09 \frac{s b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \quad (3-49)$$

Keterangan :

$A_{sh}$  = Luas total pada penampang Sengkang tertutup persegi ,

$A_g$  = Luas bruto penampang

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

- $b_c$  = Dimensi penampang pada inti kolom diukur dari sumbu ke sumbu tulangan pengekang,  
 $s$  = Spasi pada tulangan transversal,  
 $f_{yt}$  = Tegangan leleh yang terdapat pada baja,  
 $f'_c$  = Kuat tekan pada beton.

Tulangan transversal harus di letakan sepanjang  $l_o$  dari setiap muka joint dan pada kedua belah sisi seberang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi akibat perpindahan lateral, dengan panjang  $l_o$  tidak kurang dari :

- a) Tinggi pada penampang kolom pada muka hubungan balok dan kolom ( HBK ),
- b) Satu perenam  $l_n$  komponen struktur,
- c) 450 mm.

Spasi pada tulangan transversal yang dipasang sepanjang  $l_o$  ( panjang minimum yang harus disediakan tulangan transversal yang dihitung dari muka joint sepanjang kolom ) dan tidak boleh lebih kecil dari :

- a) 0,25 dimensi kolom terkecil
- b) 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil, dan

$$c) s_0 = 100 \frac{350 - h_x}{3} \quad (3-50)$$

### 3.2.4 Perencanaan Tangga

Untuk perhitungan tangga dimana joint yang digunakan adalah sendi dan rol dengan anggapan tangga sebagai tambahan yang tidak akan mempengaruhi kekuatan struktur secara signifikan.

Hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan ruang tangga, antara lain bordes, tinggi oprtrade ( $O_{pt}$ ) yang digunakan antara 150-200 mm, *antrede* ( $A$ ) yang digunakan antara 280-300 mm.

Jumlah anak tangga

$$n_{tg} = \frac{h_{tg}}{o} \quad (3-51)$$

Lebar tangga

$$L_{tg} = \left( \frac{h_{tg}}{o} - 1 \right) \cdot A \quad (3-52)$$

Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{o}{A} \quad (3-53)$$

Keterangan :

$h_{tg}$  = Tinggi lantai

$L_{tg}$  = Lebar anak tangga

$O$  = *Optrede*

$n_{tg}$  = Jumlah anak tangga

$A$  = *Antrede*

Berdasarkan SNI 2847:2019 untuk tulangan selimut beton  $D \leq 36$  mm yang digunakan setebal 20 mm. Tangga yang dimodelkan sebagai balok tipis dengan lebar 1 m ( 1000 mm ). Penulangan lentur dapat dilakukan setelah mendapat *output*

pada program ETABS, hasil yang diperoleh adalah nilai momen lentur  $M_u$ .

Koefisien tahanan didefinisikan dengan persamaan berikut ini :

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \cdot d^2} \quad (3-54)$$

( $\rho$  diambil nilai terbesar antara  $\rho_{perlu}$  dan  $\rho_{minimum}$ )

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f'c}} \right) \quad (3-55)$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \frac{1,4}{f_y} \quad (3-56)$$

$A_s$  yang telah diperoleh akan digunakan untuk menghitung jumlah tulangan dengan dibulatkan ke atas, jumlah tulangan =  $\frac{A_s}{\text{Luas 1 buah tulangan}}$ .

Kemudian periksa syarat  $\phi M_n \geq M_u$ .

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \left( d - 0,59 \frac{A_s \cdot f_y}{f'c \cdot b \cdot w} \right) \quad (3-57)$$

Luas tulangan maksimum pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut :

$$\rho_{max} = 0,004 \quad (3-58)$$

$$A_s_{max} = \rho_{max} \cdot b \cdot d \quad (3-59)$$

Cek luas kebutuhan :

$$A_s_{min} \leq A_s_{perlu} \leq A_s_{max} \quad (3-60)$$

### 3.2.5 Perencanaan Dinding Geser

Perencanaan dinding geser terdapat dalam SNI 2847:2019 pasal 11.5. sebagai berikut :

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

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-61)$$

$$\phi V_n > V_u \quad (3-62)$$

Keterangan :

$V_u$  = Gaya geser terfaktor

$V_n$  = Kekuatan geser nominal

$V_c$  = Kekuatan geser nominal beton

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

tidak boleh diambil  $\geq 0,83 \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d$

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 :

$$V_c = 0,27 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4 \cdot l_w} \quad (3-63)$$

Atau

$$V_c = \left[ 0,5 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} + \frac{l_w \left( 0,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} + 0,2 \cdot \frac{N_u}{l_w \cdot h} \right)}{\frac{M_u \cdot l_w}{V_u \cdot 2}} \right] \cdot h \cdot d \quad (3-64)$$

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 horisontal harus direncanakan untuk memenuhi persamaan (3-59) dan (3-60), dimana  $V_c$  harus dihitung dengan :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (3-65)$$

Keterangan :

$A_v$  = Luas tulangan horisontal dalam spasi  $s$   
 $d$  = Harus diambil sama dengan  $0,8 \cdot l_w$

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

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left( 0,25 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_t - 0,0025) \quad (3-66)$$

dan 0,0025

7. Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh lebih besar dari  $l_w/5$ ,  $3h$ , dan 450 mm.

### 3.2.6 Perencanaan Gempa

#### 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 $S_{PS}$ dan $S_{DI}$

Nilai  $S_{PS}$  dan  $S_{DI}$  ditentukan melalui web desain spectra Indonesia

[http://puskim.pu.go.id//Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id//Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)

### 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 resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatas untuk, antara lain: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan dan perikanan</li> <li>b. Fasilitas sementara</li> <li>c. Gedung Penyimpanan</li> <li>d. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ol>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Perumahan</li> <li>b. Rumah took dan Rumah kantor</li> <li>c. Pasar</li> <li>d. Gedung perkantoran</li> <li>e. Gedung apartemen/ Rumah susun</li> <li>f. Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>g. Bangunan industry</li> <li>h. Fasilitas manufaktur</li> <li>i. Pabrik</li> </ol>	II

Lanjutan Tabel 3.5 Kategori risiko bangunagedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadikegagalan, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bioskop</li> <li>b. Gedung pertemuan</li> <li>c. Stadion</li> <li>d. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>e. Fasilitas penitipan anak</li> <li>f. Penjara</li> <li>g. Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam katego-ro 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 penangganan limbah</li> </ul> <p>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 pembangunan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahayanya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang IV penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bangunan</li> <li>b. Bangunan monumental</li> <li>c. Gedung sekolah dan Fasilitas Pendidikan</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 IV garasi kendaraan darurat</li> <li>f. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurst lainnya</li> <li>g. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, Pusat operasi dan Fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>h. Pusat pembangkit energi dan Fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko</li> </ul>	IV

(Sumber : SNI 1726:2019)

Dalam perencanaan gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor pengkali berdasarkan kategori risiko gedung untuk menyesuaikan periode ulang gempa. Berikut ini merupakan faktor keutamaan gempa berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2

Tabel 3.6 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa <i>I<sub>e</sub></i>
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber : 1726 : 2019 )

#### 3.2.6.4 Klarifikasi Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismic 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 seismic berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Penetapan kelas situs ini harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laborarotium. Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari table dan pasal-pasal seperti berikut ini:

Tabel 3.7 Klarifikasi Situs

Kelas Situs	Vs (m/detik)	N atau Nch	Su (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	≥100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indek plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser nitralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons spesifik situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap Profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakter berikut yaitu: 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat gempa seperti muda likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersedimentasi lemah 2. Lempung sangat organic dan/gambut (ketebalan $H > 3$ m) 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$ Lapisan tanah lempung lunak / setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

### 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:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o} \right) \quad (3-67)$$

2. Untuk perioda yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_o$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum 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).

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3-68)$$

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

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3-69)$$

$$T_l = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3-70)$$

Berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726:2012 parameter percepatan spectral desain untuk perioda pendek, SDS dan pada perioda 1 detik, SD1, harus ditentukan dengan perumusan berikut :

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS} \quad (3-71)$$

$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1} \quad (3-72)$$

Dalam penentuan respons spectral percepatan gempa MCER dipermukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada perioda pendek 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terdekat

percepatan pada getaran perioda pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik ( $F_v$ ). Parameter respons spektrum percepatan pada perioda pendek ( $S_{MS}$ ) dan pada perioda 1 detik ( $S_{MI}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan seperti berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (3-73)$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I \quad (3-74)$$

Keterangan :

$S_s$  = Parameter respons spektrum percepatan gempa MCER untuk perioda pendek

$S_I$  = Parameter respons spektrum percepatan gempa MCER untuk periode 1 detik

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

Tabel 3.8 Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( 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	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 <sup>b</sup>				

( Sumber SNI 1726:2019 )

Tabel 3.9 Koefisien Situs,  $F_v$ 

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( MCER ) terpetakan pada periode pendek, $T = 1$ detik, $S_I$				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s \geq 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	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 <sup>b</sup>				

(Sumber SNI 1726:2019)

Catatan :

Untuk nilai antara  $S_s$  dan  $S_I$  dapat dilakukan dengan interpolasi linear

SS= Situs yang memerlukan investigasi spesifikasi dan analisis respon Spesifik

### 3.2.6.6 Kategori Desain Seismik

Jika  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  sudah ditentukan maka, dapat diasumsikan sesuai dengan table 3.10. dan 3.11.

Tabel 3.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	B
$0,33 < S_{DS} < 0,5$	C	C
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

( Sumber SNI 1726:2019 )

Tabel 3.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

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

( Sumber SNI 1726:2019 )

### 3.2.6.7 Struktur Penahan Gaya Gempa

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

Tabel 3.12 Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Faktor Kuat Lebih Sistem, Faktor Pembesaran 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, $h_n ( m )$ Kategori Desain Seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
C. Sistem Rangka Pemikul Momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5 \frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	$5 \frac{1}{2}$	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka batang baja pemikul momen khusus	$4 \frac{1}{2}$	3	4	TB	TB	$10_i^h$	$TI^h$	$TI^i$

Lanjutan Tabel 3.12 Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Faktor Kuat Lebih Sistem, Faktor Pembesaran 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, $h_n (m)$ Kategori Desain Seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
4. Rangka baja pemikul momen menengah	$3 \frac{1}{2}$	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka baja pemikul momen biasa	8	3	$5 \frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	5	3	$4 \frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2 \frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	$5 \frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	$4 \frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	$5 \frac{1}{2}$	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	$2 \frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja kanal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	$3 \frac{1}{2}$	$3^0$	$3 \frac{1}{2}$	TB	10	10	10	10

( Sumber SNI 1726:2019 )

### 3.2.6.8 Geser Dasar Seismik

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

$$V = C_s W \quad (3-75)$$

Keterangan :

$C_I$  = Koefisien respons seismik yang terdapat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1.1

$V$  = Berat seismik efektif yang terdapat pada SNI 1726:2019 Pasal 7.7.2

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

$$1. C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-76)$$

$$2. C_a \text{ hitungan} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-77)$$

$$3. C_s \text{ minimum} = 0,044 S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \quad (3-78)$$

Sebagai tambahan, jika struktur yang berlokasi di daerah di mana  $C_I \leq 0,6g$ , maka  $C$  harus lebih dari :

$$4. C_s \text{ minimum} = \frac{0.5 \cdot S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-79)$$

Keterangan :

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

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

$T$  = Periode getaran fundamental struktur

$R$  = Faktor modifikasi respons

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa yang telah ditentukan

### 3.2.6.9 Periode Fundamental

Seperti yang tertera pada SNI 1726:2019 pasal 7.8.2, sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$  yang di ijjinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan  $T_a$

$$T_a = C_t \cdot H_n^x \quad (3-80)$$

$h_n$  merupakan tinggi struktur dalam satuan meter dari atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur , sedangkan koefisien  $C_t$  dan  $x$  dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 3.13 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung ( Nilai  $C_u$  )

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

( Sumber SNI 1726:2019 )

Tabel 3.14. Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $X$ 

Tipe Struktur	$C_t$	$X$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa .		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 system struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

(Sumber SNI 1726:2019)

### 3.2.6.10 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

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

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (3-81)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} \quad (3-82)$$

Keterangan :

$C_{vx}$  = Faktor distribusi vertikal

$V$  = Gaya dasar seismic atau geser di dasar struktur

$w_i$  dan  $w_x$  = Bagian berat seismic efektif total struktur (  $W$  ) yang di tempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

- $h_i$  dan  $h_x$  = Tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$  (  $m$  )
- $k$  = Untuk struktur dan periode sebesar 0,5 detik atau kurang,  $k = 1$ . Untuk struktur yang periode 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 anatar 1 dan 2.

### 3.2.6.11 Distribusi Horisontal Gaya Gempa

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

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \quad (3-83)$$

Keterangan :

$F_i$  adalah bagian dari geser seismic  $V$  yang timbul di tingkat  $i$ , dinyatakan dalam Kilo Newton ( kN )