

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Perencanaan Pembebanan

Dalam perancangan bangunan gedung, suatu sistem struktur dan komponennya harus dapat menahan beban yang bekerja terhadap struktur itu sendiri. Beban-beban yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dalam Tugas Akhir ini akan mengacu pada batasan masalah yang telah di jelaskan pada bab I yaitu beban mati, beban hidup dan beban gempa.

##### 3.1.1. Kuat Perlu

Menurut SNI 1726:2012 pasal 4.2.2 tentang kombinasi beban disebutkan bahwa komponen elemen struktur harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

$$1.4D \quad (3-1)$$

$$1.2D + 1.6L \quad (3-2)$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})D + \rho E_x + 0.3\rho E_y + 1.0L \quad (3-3)$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})D + \rho E_x - 0.3\rho E_y + 1.0L \quad (3-4)$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})D - \rho E_x + 0.3\rho E_y + 1.0L \quad (3-5)$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})D - \rho E_x - 0.3\rho E_y + 1.0L \quad (3-6)$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})D + 0.3\rho E_x + \rho E_y + 1.0L \quad (3-7)$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})D + 0.3\rho E_x - \rho E_y + 1.0L \quad (3-8)$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})D - 0.3\rho E_x + \rho E_y + 1.0L \quad (3-9)$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})D - 0.3\rho E_x - \rho E_y + 1.0L \quad (3-10)$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})D + \rho E_x + 0.3\rho E_y \quad (3-11)$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})D + \rho E_x - 0.3\rho E_y \quad (3-12)$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})D - \rho E_x + 0.3\rho E_y \quad (3-13)$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})D - \rho E_x - 0.3\rho E_y \quad (3-14)$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})D + 0.3\rho E_x + \rho E_y \quad (3-15)$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})D + 0.3\rho E_x - \rho E_y \quad (3-16)$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})D - 0.3\rho E_x + \rho E_y \quad (3-17)$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})D - 0.3\rho E_x - \rho E_y \quad (3-18)$$

### **3.2. Perencanaan Beban Gempa**

#### **3.2.1. Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan**

Setiap struktur bangunan memiliki tingkat resikonya masing-masing terhadap pengaruh beban gempa rencana terhadapnya. Berikut adalah Tabel kategori risiko terhadap jenis pemanfaatan bangunan tersebut:

**Tabel 3.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa**

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:	I

**Tabel 3.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa  
(Lanjutan)**

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>– Fasilitas sementara</li> <li>– Gudang penyimpanan</li> <li>– Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Perumahan</li> <li>– Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>– Pasar</li> <li>– Gedung perkantoran</li> <li>– Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>– Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>– Bangunan industri</li> <li>– Fasilitas</li> <li>– Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bioskop</li> <li>– Gedung pertemuan</li> <li>– Stadion</li> <li>– Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>– Fasilitas penitipan anak</li> <li>– Penjara</li> <li>– Bangunan untuk orang jompo</li> </ul>	III

**Tabel 3.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa  
(Lanjutan)**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan missal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>– Fasilitas penanganan air</li> <li>– Fasilitas penanganan limbah</li> <li>– Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori 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</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bangunan-bangunan monumental</li> <li>– Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>– Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>– Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>– Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>– Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>– Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> </ul>	IV

**Tabel 3.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (Lanjutan)**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki 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</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

**Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa**

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

### 3.2.2. Klasifikasi Situs

Klasifikasi suatu situs bertujuan untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. 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. Berikut klasifikasi situs menurut SNI 1726:2012 pasal 5:

Tabel 3.3 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
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	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 $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik speifik 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) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plasitisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

### 3.2.3. Wilayah Gempa dan Respon Spektrum

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek ( $F_a$ ) dan faktor

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

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S \quad (3-19)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_I \quad (3-20)$$

**Keterangan:**

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

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

Koefisien situs pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan getaran periode 1 detik ( $F_I$ ) ditentukan mengikuti tabel berikut:

**Tabel 3.4 Koefisien Situs  $F_a$**

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) 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 <sup>b</sup>				

**CATATAN:**

- Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

**Tabel 3.5 Koefisien Situs  $F_v$** 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T= 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 <sup>b</sup>				

**CATATAN :**

- Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3-21)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3-22)$$

**Keterangan:**

$S_{DS}$  = percepatan spektral desain untuk periode pendek;

$S_{D1}$  = percepatan spektral desain untuk periode 1,0 detik.

Untuk data klasifikasi situs di Negara Indonesia dapat diakses melalui link [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/) yang telah memuat parameter-parameter dan faktor amplifikasi sesuai dengan daerah/wilayahnya.

Untuk menggambarkan kurva spektrum respons desain, dapat mengikuti ketentuan di bawah ini:

Pemetaan atau penggambaran grafik respons spectrum dapat mengikuti beberapa ketentuan berikut ini:

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

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3-23)$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_S$ , spectrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$  ;
3. Untuk perioda lebih besar dari  $T_S$ , spectrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3-24)$$

Keterangan:

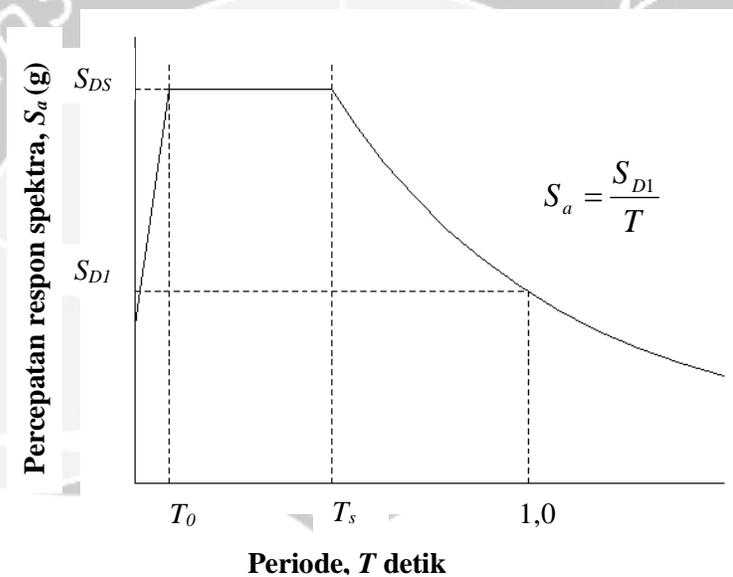
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

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

$T$  = perioda getar fundamental struktur

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

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



Gambar 3.1 Spektrum Respon Desain

#### 3.2.4. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik,  $S_1$ , 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  $S_{DI}$ .

Berdasarkan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{DI}$ , maka kategori desain seismic dapat diitentukan sesuai Tabel.

**Tabel 3.6 Kategori Desain Seismic 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

**Tabel 3.7 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik**

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

### 3.2.5. Periode Fundamental Pendekatan

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

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-25)$$

Keterangan:

$h_n$  = adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 3.9.

**Tabel 3.8 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung**

Parameter percepatan respons spectra; 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

**Tabel 3.9 Nilai parameter perioda pendekatan  $C_t$  dan  $x$**

Tipe struktur	$C_t$	$x$
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 aksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan  $T_a$ , dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan

ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m:

$$T_a = 0,1 N \quad (3-26)$$

Keterangan:

$N$  = Jumlah tingkat

Perioda fundamental pendekatan,  $a T$ , dalam detik untuk struktur dinding geser batu bata

atau beton diijinkan untuk ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} h_n \quad (3-27)$$

dimana  $h_n$  didefinisikan dalam teks terdahulu dan  $C_w$  dihitung dari persamaan berikut:

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \left( \frac{h_n}{h_1} \right)^2 \frac{A}{\left[ 1 + 0,83 \left( \frac{h_i}{D_i} \right)^2 \right]} \quad (3-28)$$

Keterangan:

$A_B$  = luas dasar struktur, dinyatakan dalam meter persegi( $m^2$ )

$A_i$  = luas badan dinding geser “ $i$ ”, dinyatakan dalam meter persegi( $m^2$ )

$D_i$  = panjang dinding geser “ $i$ ” dinyatakan dalam meter (m)

$h_i$  = tinggi dinding geser “ $i$ ” dinyatakan dalam meter (m)

$x$  = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif dalam menahan gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

### 3.2.6. Gaya Dasar Seismik

Geser dasar seismik ( $V$ ), dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = C_s W \quad (3-29)$$

Dimana nilai  $C_s$  dapat dihitung dari persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-30)$$

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai persamaan diatas tidak perlu melebihi persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-31)$$

$C_s$  tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3-32)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g , maka  $C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-33)$$

Keterangan:

$C_s$  = koefisien respons seismic yang ditentukan

$W$  = berat seismic efektif

$S_{DS}$  = parameter percepatan spektrum respons dalam periode pendek

$S_{D1}$  = parameter percepatan spektrum respons dalam periode 1,0 detik

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

$T$  = periode fundamental struktur

$S_I$  = parameter percepatan spektrum respons maksimum

### 3.2.6.1. Distribusi vertikal gaya gempa

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

$$F_x = C_{vx}V \quad (3-34)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-35)$$

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 seismic 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.

### 3.2.6.2. Distribusi horisontal gaya gempa

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

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3-36)$$

Keterangan:

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

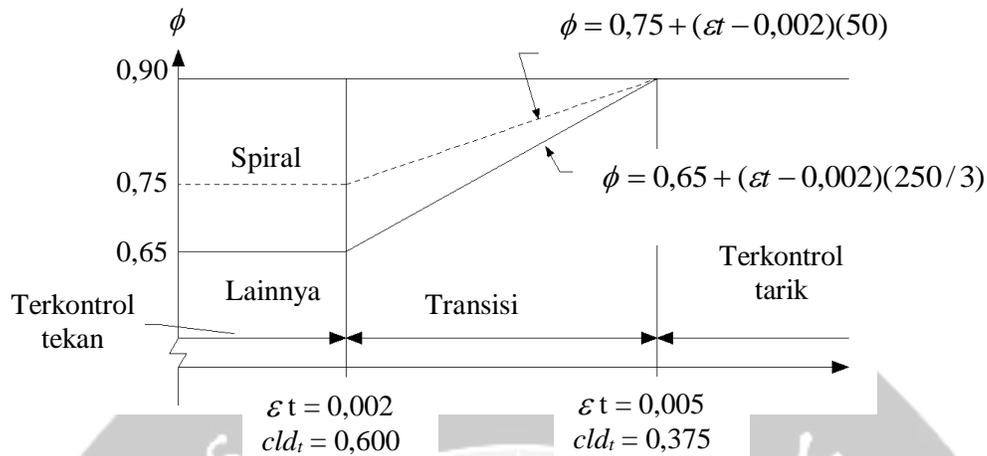
### 3.3. Perencanaan Struktur Atas Beton Bertulang

#### 3.3.1. Kekuatan Desain

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3, 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 dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari sumber SNI 2847:2013, yang dikalikan dengan factor reduksi kekuatan  $\phi$ .

**Tabel 3.10 Faktor Reduksi Kekuatan  $\phi$**

Keterangan	$\phi$
Penampang terkendali Tekan	0,9
Penampang terkendali Tarik	
a) Komponen struktur dengan tulangan spiral	0,75
b) Komponen struktur bertulang lainnya	0,65
Geser dan torsi	0,75
Tumpuan pada bedon model strat dan pengikat	0,65
Daerah angkur pasca tarik	0,85
Model strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan, dan daerah tumpuan dalam model tersebut	0,75
Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman <i>strand</i> kurang dari panjang penyaluran:	
a) Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer	0,75
b) Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran	0,75 - 0,9



Interpolasi pada  $cld_t$  Spiral  $\phi = 0,75 + 0,15[(1/(cld_t) - (5/3))]$

Lainnya  $\phi = 0,65 + 0,25[(1/(cld_t) - (5/3))]$

Gambar 3.2 Variasi  $\phi$  dengan tegangan tarik neto dalam baja tarik terluar,  $\varepsilon_t$ , dan  $cld_t$ , untuk tulangan Mutu 420 dan untuk baja prategang

### 3.3.2. Perencanaan Pelat

#### 3.3.2.1. Pelat Satu Arah

Tebal minimum pelat yang ditentukan 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 ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan. ( SNI 2847:2013)

**Tabel 3.11 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung**

Komponen struktur	Tebal minimum			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$

**Tabel 3.11 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung (lanjutan)**

Komponen struktur	Tebal minimum			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan pratisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p><b>CATATAN:</b>            Panjang bentang dalam mm            Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton 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 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65-0,0003w_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>				

### 3.3.2.2. Pelat Dua Arah

Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang diantara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

(SNI 2847:2013)

1. Pelat tanpa panel drop harus lebih besar dari 125 mm
2. Pelat dengan panel drop harus lebih besar dari 100 mm

**Tabel 3.12 Tebal minimum pelat tanpa balok interior**

Tegangan leleh, $f_y$ MPa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
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 lain yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier  
 Panel drop didefinisikan pada pasal 13.2.5  
 Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior.  
 Nilai  $\alpha_{fm}$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0.8

Untuk pelat dengan balok membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya,  $h_l$  harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk  $\alpha_{fm}$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tabel 3.12
2. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0,  $h$  tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (3-37)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

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

$$h = \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{14000} \right)}{36 + 9\beta} \quad (3-38)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan  $\alpha_{fm}$  tidak kurang dari 0.8 atau sebagai alternative ketebalan minimum yang ditentukan pers (3-36) dan (3-37) harus dinaikan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

### 3.3.3. Perencanaan Balok

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5, perencanaan elemen struktur balok adalah sebagai berikut:

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur,  $P_u$ , tidak boleh melebihi tinggi efektifnya
2. Bentang bersih untuk komponen struktur,  $l_n$ , 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.

### 3.3.3.1. Penulangan Longitudinal

Untuk menentukan luas tulangan tarik longitudinal digunakan rumus berikut:

$$A_{s \min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d \quad (3-39)$$

dan tidak lebih kecil dari

$$A_{s \min} = \frac{1,4b_w d}{f_y} \quad (3-40)$$

Keterangan:

$A_s$  = luas tulangan Tarik longitudinal non-prategang

$b_w$  = lebar badan

$d$  = jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan longitudinal

$f_y$  = kuat leleh baja tulangan

### 3.3.3.2. Penulangan Transversal

Menurut SNI 2847 pasal 21.3.4.2, pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjangnya tidak kurang dari  $2h$  diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari persyaratan berikut:

1.  $d/4$

2. delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi
  3. 24 kali diameter batang tulangan sengkang
  4. 300mm
- sengkang harus dipastikan tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang balok.

### 3.3.4. Perencanaan Kolom

#### 3.3.4.1. Desain beban aksial

Beban aksial yang bekerja pada kolom dapat dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

(SNI 2847:2013 pasal 10.3.6.1 dan 10.3.6.2)

1. Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan spiral  
komponen struktur komposit:

$$\phi P_{n(\max)} = 0,85 \phi [0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3-41)$$

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

$$\phi P_{n(\max)} = 0,80 \phi [0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3-42)$$

Keterangan:

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

$f'_c$  = kekuatan tekan beton yang disyaratkan

$f_y$  = kekuatan leleh tulangan

$A_g$  = luas bruto penampang beton

$A_{st}$  = luas total tulangan longitudinal non-prategang

### 3.3.4.2. Pengaruh Kelangsingan Kolom

Dalam perancangan kolom, pengaruh kelangsingan boleh diabaikan dalam kasus-kasus berikut:

(SNI 2847:2013 pasal 10.10)

1. Untuk komponen struktur tekan yang tidak di-bresing terhadap goyangan

menyamping:

$$\phi \frac{kl_u}{r} \leq 22 \quad (3-43)$$

2. Untuk komponen struktur tekan yang di-bresing terhadap goyangan

menyamping:

$$\phi \frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12(M_1/M_2) \leq 40 \quad (3-44)$$

Keterangan:

$k$  = faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan

$l_u$  = panjang tak tertumpu komponen struktur tekan

$M_1$  = momen ujung terfaktor terkecil pada komponen struktur tekan

$M_2$  = momen ujung terfaktor terbesar pada komponen struktur tekan

### 3.3.4.3. Kuat Lentur Kolom

SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 menjelaskan bahwa kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan:

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (3-45)$$

Keterangan

$M_{nc}$  = kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur yang rentah

$M_{nb}$  = kekuatan lentur nominal balok termasuk pelat bilamana tertarik, yang merangka ke dalam joint

### 3.3.4.4. Perencanaan Tulangan Transversal

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.1 perencanaan penampang terhadap geser harus memenuhi persamaan berikut:

$$\phi V_n = V_u \quad (3-46)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-47)$$

Keterangan:

$V_u$  = gaya geser terfaktor

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_c$  = kuat geser yang disambungkan oleh beton

$V_s$  = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser

Dalam pasal 11.22 SNI 2847:2013 disebutkan bahwa kekuatan geser beton diperhitungkan dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja,

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-48)$$

2. Untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial,

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-49)$$

Apabila  $V_u$  melebihi  $\phi V_n$  maka tulangan geser harus diperhitungkan dengan pasal 11.4.7.2 dan 11.4.7.9 pada SNI 2847:2013, dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (3-50)$$

dan  $V_s$  tidak lebih besar dari:

$$0,66 \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-51)$$

Luasan tulangan geser minimum ditentukan dalam pasal 11.4.6.3 dengan rumusan berikut:

$$A_{v \min} = 0,062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (3-52)$$

Dan tidak boleh kurang dari

$$A_{v \min} = \frac{0,35 b_w w}{f_{yt}} \quad (3-53)$$

Keterangan:

$V_c$  = kekuatan geser nominal beton

$\lambda$  = faktor modifikasi properti beton ringan

$N_u$  = gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang

$V_s$  = kekuatan geser nominal tulangan geser

$s$  = spasi pusat ke pusat tulangan

$A_v$  = luas tulangan geser berspasi

Untuk komponen struktur tekan, spasi tulangan transversal sepanjang  $\ell_o$

komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

(SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.2)

1. Seperempat dimensi komponen minimum;
2. Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil; dan
3.  $s_o$  seperti didefinisikan pada persamaan:

$$s_o = 100 + \left( \frac{300 - h_x}{3} \right) \quad (3-54)$$

Luas penampang total tulangan sengkang,  $A_{sh}$ , tidak boleh kurang dari yang di syartkan oleh persamaan berikut:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3-55)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \quad (3-56)$$

Keterangan:

$A_{sh}$  = luas penampang total tulangan transversal dalam spasi dan tegak lurus terhadap dimensi  $b_c$

$A_{ch}$  = luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal

$b_c$  = dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal yang membentuk luas  $A_{sh}$

$f_{yt}$  = kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan



### 3.3.5. Hubungan Balok-Kolom

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

