

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tata Cara Perencanaan Gempa menurut (SNI 1726:2012)

3.1.1 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.

3.1.2 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 3.2.

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

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatas untuk, antara lain : <ul style="list-style-type: none">- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan- Fasilitas sementara- Gudang penyimpanan- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I

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

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <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"> - Pusat pembangkit listrik biasa 	III

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

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>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.</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"> - Bangunan - Bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat 	IV

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

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

(Sumber: SNI 1726:2012, Tabel 1)

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

Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber: SNI 1726:2012, Tabel 2)

3.1.3 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 3.3 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 mpaai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 35	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 ≥ 40%, 3. Kuat geser niralir 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 karakteristik berikut yaitu: <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan H > 3m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5m dengan indeks plastisitas PI > 75 Lapisan tanah lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H > 35m dengan S _u < 50kP		

Catatan : N/A = tidak digunakan

(Sumber : SNI 1726: 2012, Tabel 3)

3.1.4 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 Gambar 3.1 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

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

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3-1)$$

2. Untuk perioda yang 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 (3-2).

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3-2)$$

Keterangan :

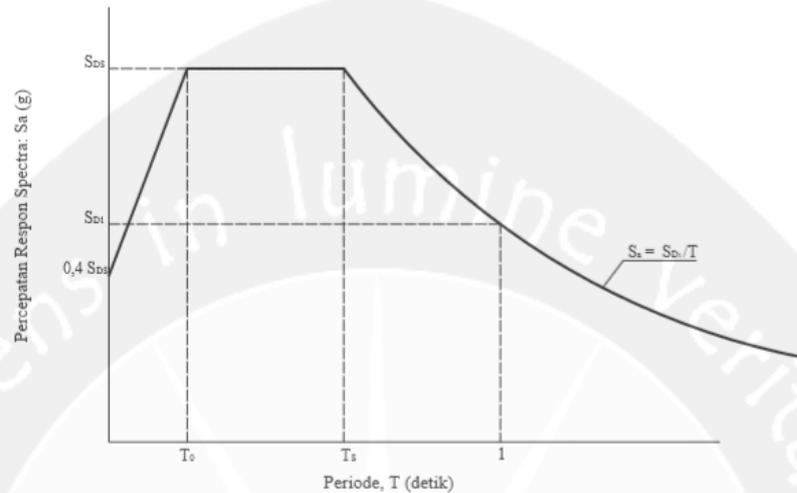
S_{DS} = Parameter respons spectral percepatan desain pada perioda pendek

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

T = Perioda getar fundamental struktur

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

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Gambar 3.1 Spectrum Respons Percepatan
(Sumber SNI 1726:2012, gambar 1)

Berdasarkan pasal 6.3 parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, SDS dan pada perioda 1 detik, SD1, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

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

$$S_{D1} = 2/3.S_{M1} \quad (3-4)$$

Dalam penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R dipermukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda pendek 0,2 detik dan pada 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 pada perioda 1 detik (S_{M1}) yang

disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3-5)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3-6)$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_1 = parameter respons spectral percepatan gempa MCE_R 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 3.4 dan 3.5.

Tabel 3.4 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) 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 ^b				

(Sumber SNI 1726:2012, tabel 4)

Tabel 3.5 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 \geq 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	` SS ^b				

(Sumber SNI 1726:2012, tabel 5)

Catatan :

Untuk nilai-nilai antara S_s dan S_1 dapat dilakukan interpolasi linear

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respon situs spesifik.

3.1.5 Kategori Desain Seismik

Apabila nilai S_{DS} dan S_{D1} sudah ditentukan maka, kategori desain seismik struktur dapat ditetapkan sesuai tabel 3.6 dan 3.7.

Tabel 3.6 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	B
$0,33 < S_{DS} < 0,5$	C	C
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2012, tabel 6)

Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{D1} < 0,133$	B	B
$0,133 < S_{D1} < 0,20$	C	C
$0,2 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2012, tabel 7)

3.1.6 Struktur Penahan Gaya Gempa

Bila sistem yang berbeda digunakan maka, masing-masing nilai R_1 , C_D dan (Ω_0) harus dikenakan sesuai dengan sistem tersebut. Hal ini dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.8 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 system, Ω_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 ^d	E ^d	F ^e
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
3. Rangka batang baja pemikul momen khusus	4 ½	3	4	TB	TB	10 ^{hi}	TI ^h	TI ⁱ

Tabel 3.8 Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Faktor Kuat Lebih Sistem, Faktor Pembesaran Defleksi, dan Batasan Tinggi Sistem Struktur (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih system, Ω_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 ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem rangka pemikul momen								
4. Rangka baja pemikul momen menengah	3 ½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
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 momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
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 ^o	3 ½	TB	10	10	10	10

(Sumber: SNI 1726:2012, Tabel 9)

3.1.7 Geser Dasar Seismik

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

$$V = C_s W \quad (3-7)$$

Keterangan :

C_s = Koefisien respons seismik (SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1)

V = Berat seismik efektif (SNI 1726:2012 pasal 7.7.2)

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sebagai berikut :

$$1. \quad C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-8)$$

$$2. \quad C_s \text{ mitungan} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-9)$$

$$3. \quad C_s \text{ minimum} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3-10)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana C_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari :

$$4. \quad C_s \text{ minimum} = \frac{0,5 S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-11)$$

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 responds dalam tabel 3.7

I_e = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan tabel 3.2

3.1.8 Periode Fundamental

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.2, sebagai alternative pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a .

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-12)$$

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

Tabel 3.9 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	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 1726:2012, tabel 14)

Tabel 3.10 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 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 gempa.		0,8

Tabel 3.10 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x (lanjutan)

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

(Sumber : SNI 1726:2012, tabel 15)

3.1.9 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012, gaya gempa lateral, (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{ux} V \quad (3-13)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-14)$$

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

3.1.10 Distribusi Horizontal Gaya Gempa

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

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3-15)$$

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

3.2 Pembebanan

Dalam merancang elemen struktur bangunan gedung harus diperhatikan kekuatan masing-masing komponen strukturnya. Kekuatan desain di semua penampang elemen struktur paling sedikit sama dengan kekuatan perlu yang dihitung untuk beban dan gaya terfaktor dalam kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012.

3.2.1 Kuat Perlu

Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 4.2.2 sebagai berikut :

1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L$
3. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + \rho E_X + 0,3 \rho E_Y$
4. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho E_X + \rho E_Y$
5. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D + \rho E_X + 0,3 \rho E_Y$

6. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D + 0,3 \rho E_X + \rho E_Y$
7. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho E_X + \rho E_Y$
8. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - 0,3 \rho E_X + \rho E_Y$
9. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho E_X - \rho E_Y$
10. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - 0,3 \rho E_X - \rho E_Y$
11. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D + \rho E_X + 0,3 \rho E_Y$
12. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D + \rho E_X - 0,3 \rho E_Y$
13. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D - \rho E_X + 0,3 \rho E_Y$
14. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D - \rho E_X - 0,3 \rho E_Y$
15. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D + 0,3 \rho E_X + \rho E_Y$
16. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D - 0,3 \rho E_X + \rho E_Y$
17. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D + 0,3 \rho E_X - \rho E_Y$
18. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D - 0,3 \rho E_X - \rho E_Y$

Keterangan :

- D = Beban mati (dead load)
 L = Beban hidup (live load)
 L_r = Beban hidup pada atap (roof live load)
 R = Beban air hujan (rain load)
 W = Beban angin (wind load)
 E = Beban gempa (earthquake load)

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

ρ = Faktor redundansi

3.2.2 Kuat Rencana

Kuat rencana dari komponen struktur harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal dengan dengan suatu faktor reduksi kekuatan. Nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) didapat dari SNI 2847:2013 pasal 9.3. Nilai faktor reduksi (ϕ) yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.10. untuk lentur

Tabel 3.11 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)

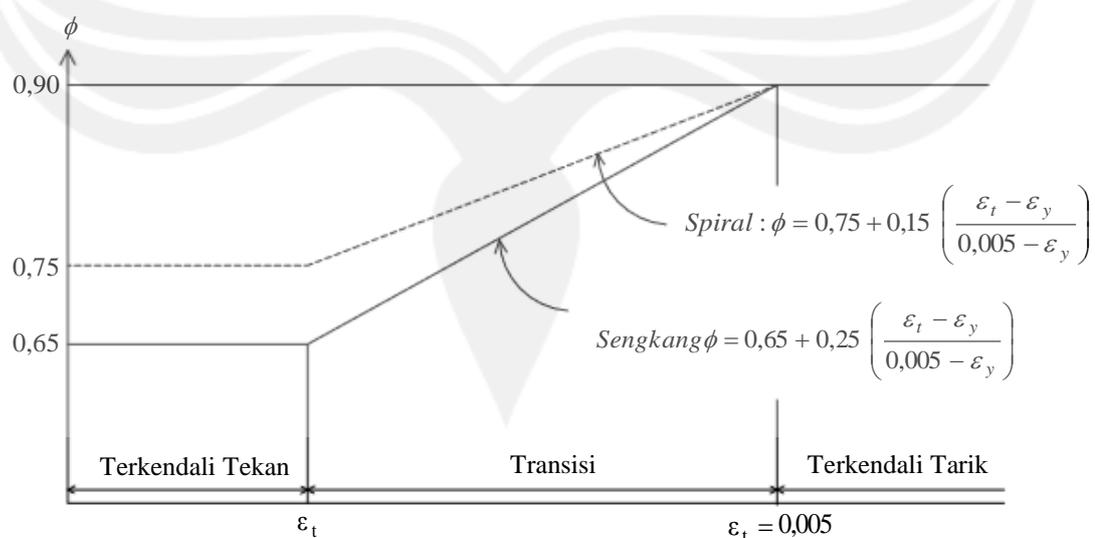
No.	Keterangan	Faktor Reduksi (ϕ)
1.	Penampang terkendali tarik	0,90
2.	Penampang terkendali tekan : a. Komponen struktur dengan tulangan spiral b. Komponen struktur bertulang lainnya	0,75 0,65
3.	Geser dan torsi	0,75
4.	Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengikat)	0,65
5.	Daerah angkur pasca tarik	0,85
6.	Model strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan (nodal), dan daerah tumpuan dalam model tersebut	0,75

Tabel 3.11 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) (lanjutan)

No.	Keterangan	Faktor Reduksi (ϕ)
7.	Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman stand kurang dari panjang.	0,75
	a. Dari ujung komponen struktur keujung panjang transfer	
	b. Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran ϕ boleh ditinggikan secara linier	0,75 sampai 0,9

Penampang dikatakan terkendali tekan jika regangan tarik neto dalam baja tarik terjauh, ε_t , sama dengan atau kurang dari batas regangan terkontrol tarik bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi sebesar 0,003. sama denagn 0,002.

Penampang adalah terkendali tarik jika regangan tarik neto dalam baja tarik terjauh, ε_t , sama dengan atau lebih besar dari 0,005. Penampang dikatakan transisi apabila regangan tarik neto dalam baja tarik terjauh, ε_t , berada diantara batas regangan terkendali tekan dan tarik.



Gambar 3.2 Variasi ϕ dengan regangan tarik baja (ε_t)
(Sumber SNI 2847:2013, gambar S9.3.2)

3.3 Perencanaan Struktur Berdasarkan SNI 2847:2013

3.3.1 Perancangan Pelat dan Tangga

Pembebanan pelat dan tangga meliputi beban hidup dan beban mati yang dikombinasikan dengan mengalikan koefisien 1,2 untuk beban mati dan 1,6 untuk beban hidup. Tebat pelat minimum untuk pelat satu arah diatur dalam SNI 2847 2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a), dan untuk pelat dua arah diatur dalam SNI 2847 2013 pasal 9.5.3.

3.3.2 Perancangan Balok

Komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur harus memenuhi kondisi-kondisi berikut :

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

3.3.2.1 Tulangan Longitudinal

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

$$A_s = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (3-16)$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$A_s = 1,4 \frac{b_w d}{f_y} \quad (3-17)$$

Catatan :

1. Dengan rasio tulangan, ρ tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.
2. Kekuatan momen positif pada muka *joint* harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka *joint* tersebut. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari *joint* tersebut.
3. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan :
 1. dalam *joint*
 2. dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka *joint*, dan

3. bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka

3.3.2.2 Tulangan Transversal

Sengkang tertutup harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka berikut :

1. Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur.
2. Sepanjang panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka.

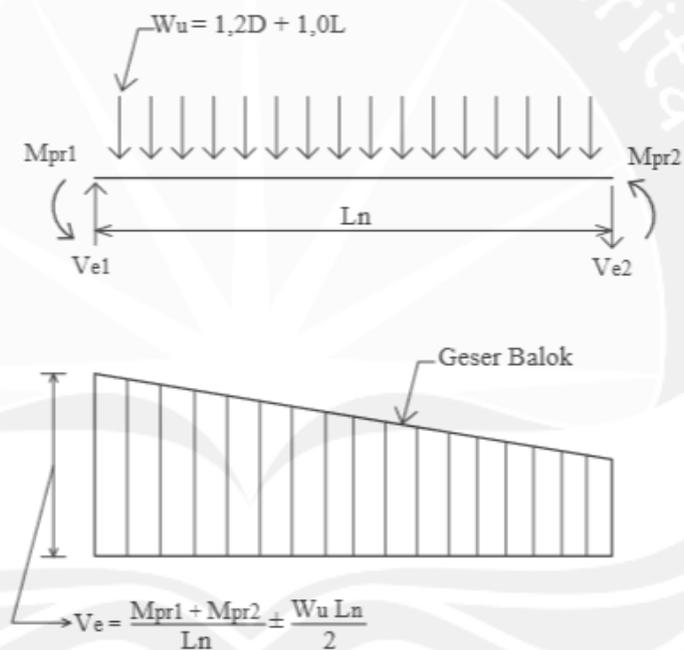
Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

1. $d/4$
2. enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama
3. 150 mm

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

3.3.2.3 Kekuatan Geser

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



Gambar 3.3 Geser desain untuk balok
(Sumber SNI 2874:2013, gambar S21.5.4)

Keterangan :

dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit $1,25 f_y$ dan faktor reduksi kekuatan, ϕ sebesar 1,0

P_u = Gaya aksial terfaktor

V_c = Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton

V_e = Gaya geser desain

W_u = Beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat satu arah

l_n = Bentang bersih

3.3.3 Perancangan Kolom

Komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial terfaktor P_u akibat sebarang kombinasi beban yang melebihi $A_g f'c/10$. Komponen struktur rangka ini harus memenuhi :

1. Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh lebih kurang dari 0,4

3.3.3.1 Kekuatan Lentur Minimum Kolom

Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan berikut :

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (3-18)$$

Keterangan :

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

$\sum M_{nb}$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka kedalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*

3.3.3.2 Tulangan Memanjang

Luas tulangan memanjang, A_{st} tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$.

3.3.3.3 Tulangan Transversal

Tulangan transversal dipasang sepanjang l_o dari setiap muka joint pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

1. Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi
2. Seperenam bentang bersih komponen struktur
3. 450 mm.

Spasi tulangan transversal sepanjang l_o tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

1. Seperempat dimensi komponen struktur minimum
2. Enam kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil

$$3. \quad S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (3-19)$$

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

Jumlah tulangan transversal harus dipenuhi sesuai yang disyaratkan sebagai berikut :

1. Rasio volume tulangan spiral atau sengkang bulat, ρ_s , tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh persamaan berikut :

$$\rho_s = 0,12 \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right) \quad (3-20)$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (3-21)$$

2. Luas penampang total tulangan sengkang persegi, A_{sh} tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3-22)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \quad (3-23)$$

Keterangan :

A_g = Luas bruto penampang beton (mm^2)

A_{ch} = Luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal (mm^2)

A_{sh} = Luas penampang total tulangan transversal termasuk dalam spasi (s) dan tegak lurus terhadap dimensi (b_c) (mm^2)

b_c = Dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal yang membentuk luas A_{sh} (mm)

f_{yt} = Kekuatan leleh tulangan transversal

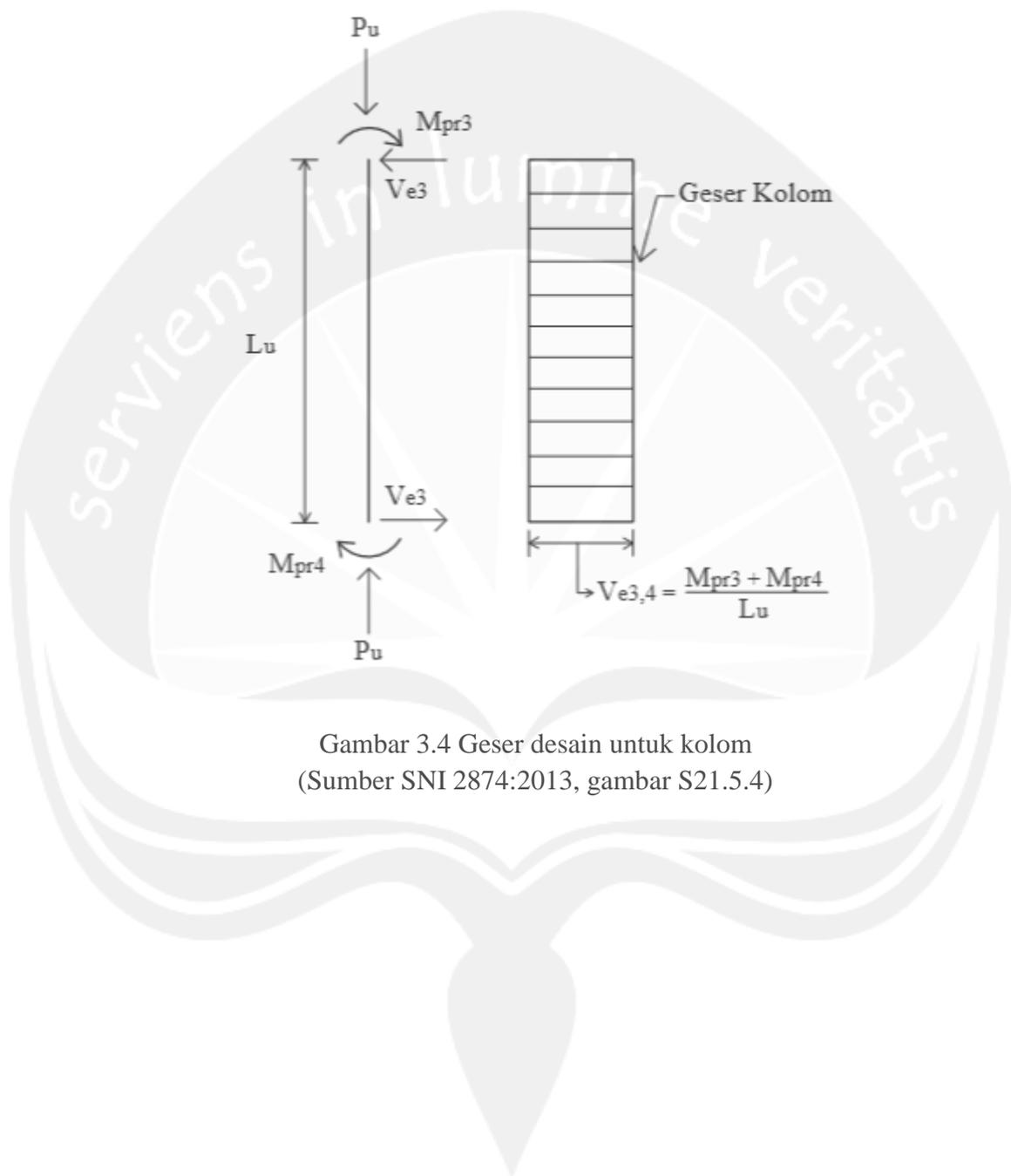
3.3.3.4 Persyaratan Kekuatan Geser

Gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan pertemuan (*joints*) di setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya *joint* ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin, M_{pr} di setiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor, P_u , yang bekerja pada komponen struktur.

Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan *joint* berdasarkan pada M_{pr} komponen struktur transversal yang merangka ke dalam *joint*. Dalam semua kasus V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

Tulangan transversal sepanjang panjang l_o , harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana keduanya terjadi :

1. Gaya geser yang ditimbulkan gempa, mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o
2. Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'c / 10$.



Gambar 3.4 Geser desain untuk kolom
(Sumber SNI 2874:2013, gambar S21.5.4)