

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pembebanan

Beban- beban yang digunakan dalam perancangan adalah kombinasi dari 3 beban yaitu: beban hidup, beban mati dan beban gempa.

3.1.1. Kuat Perlu

Kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban yang sesuai dengan SNI 1726:2012 dan SNI 2847-2013, berikut kuat perlu yang digunakan:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Keterangan :

D – beban mati (*dead load*)

L – beban hidup (*live load*)

S_{DS} – parameter percepatan respons desain pada periode pendek

ρ – faktor redundansi

E = beban gempa

E_x = pengaruh beban horisontal

E_y = pengaruh beban gempa vertical

3.1.2 Kuat Rencana

Kuat rencana dari komponen struktur harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal dengan dengan suatu faktor reduksi kekuatan ϕ . Berikut nilai ϕ yang digunakan:

Tabel 3.1 Kuat Rencana

No	Keterangan	ϕ
1	Penampang terkendali tarik	0,90
2	Penampang terkendali tekan :	
	a. Komponen struktur dengan tulangan spiral	0,75
	b. Komponen struktur bertulang lainnya	0,65

Tabel 3.1 (lanjutan)

No	Keterangan	ϕ
4	Tumpuhan pada beton (kecuali untuk daerah ankur pasca tarik dan model strat dan pengikat)	0,65
5	Daerah ankur pasca tarik	0,85
6	Model strat dan pengikat dan strat ,pengikat, daerah pertemuan dan daerah tumpuhan	0,75
7	Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman stranf kurang dari panjang penyaluran maka: a. Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer b. Dari ujung panjang tarnfer ke ujung panjang penyaluran ϕ boleh ditingkatkan secara linier dari:	0,75 0,75 - 0,9

3.2 Perhitungan Struktur Beton Bertulang (SNI 2847-2013)

3.2.1 Kekuatan Desain

Kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan, ϕ , sesuai Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Faktor Reduksi Kekuatan

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

3.2.2 Komponen Struktur Lentur Rangka Momen Khusus

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, l_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 struktur, b_w , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu c_2 , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari :
 - (a) Lebar komponen struktur penumpu, c_2 , dan
 - (b) $0,75$ kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1

3.2.2.1 Tulangan Longitudinal

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

$$A_s = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad \dots (3-19)$$

$$A_s = 1,4 \frac{b_w d}{f_y} \quad \dots (3-20)$$

dan tidak boleh lebih dari :

$$A_s = 0,025b_w d \quad \dots (3-21)$$

Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

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

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

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

3.2.2.2 Tulangan Transversal

Sengkang 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 gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang komponen struktur.

3.2.2.3 Persyaratan Kekuatan Geser

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

Tulangan transversal harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana :

1. Gaya geser yang ditimbulkan gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum.
2. Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c / 20$

3.2.3 Komponen Struktur Rangka Momen Khusus yang Dikenai Beban Lentur dan Aksial

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

3.2.3.1 Kekuatan Lentur Minimum Kolom

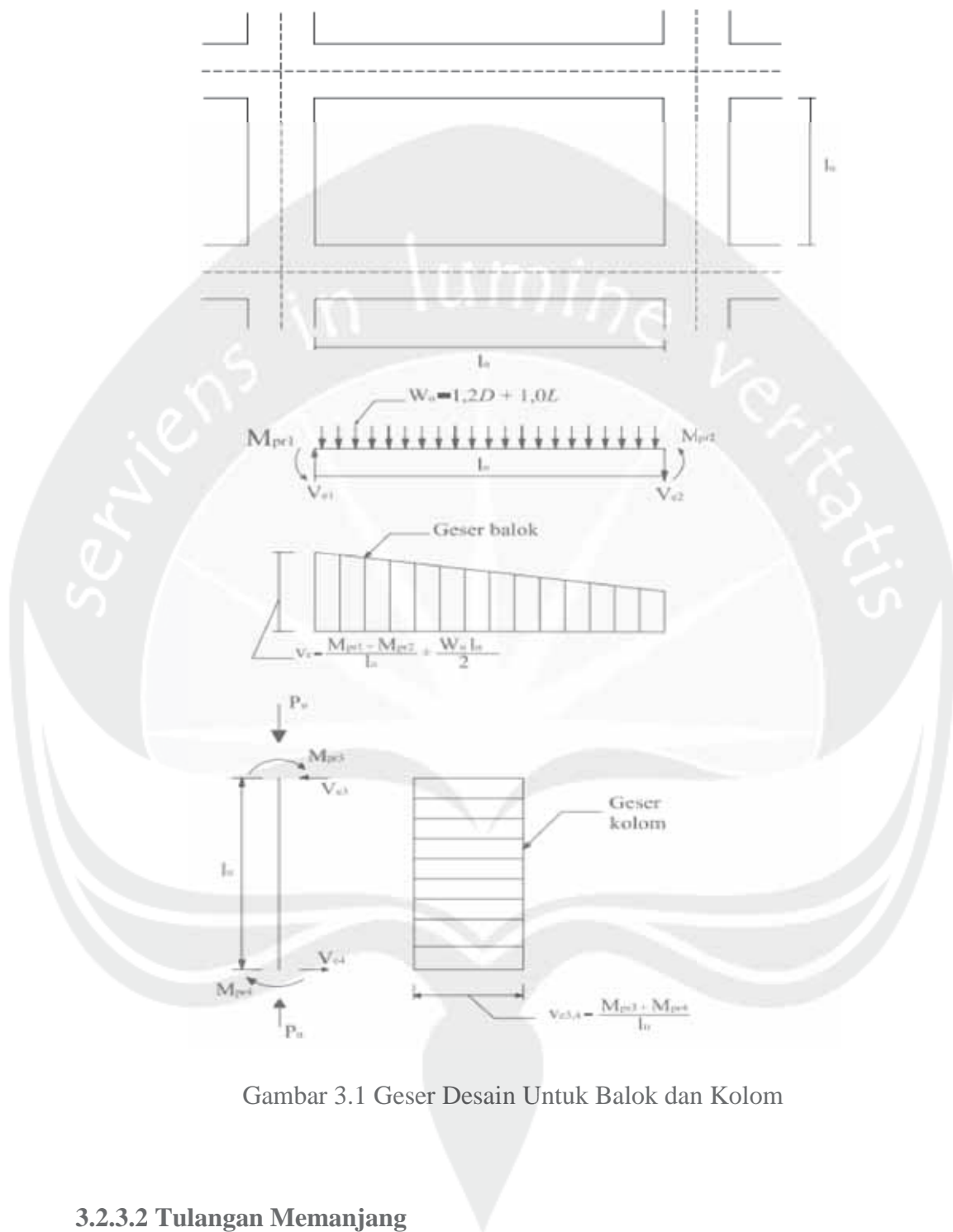
Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan berikut :

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad \dots (3-22)$$

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-gayalateral 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.



Gambar 3.1 Geser Desain Untuk Balok dan Kolom

3.2.3.2 Tulangan Memanjang

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

3.2.3.3 Tulangan Transversal

Tulangan transversal harus dipasang sepanjang panjang l_o dari setiap muka joint dan 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 panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

1. serempat dimensi komponen struktur minimum
2. enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil
3. s_o , seperti didefinisikan oleh persamaan berikut :

$$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad \dots (3-23)$$

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 :

$$\rho_s = 0,12 \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right) \quad \dots (3-24)$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad \dots (3-25)$$

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

$$A_{sh} = 0,3 \frac{sb_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad \dots (3-26)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{sb_c f'_c}{f_{yt}} \quad \dots (3-27)$$

3.2.3.4 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 :

- 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 $A_g f'_c/10$.

3.3 Analisis Perencanaan Terhadap Gempa (SNI 1726-2012)

3.3.1 Gempa Rencana

Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewat sebesar 2 persen selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen.

3.3.2 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3.3 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 3.4

Tabel 3.3 Kategori Resiko 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 dibatasi untuk, antara lain : <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor 	II

Tabel 3.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa (Lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, 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 kedalam kategori resiko 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"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah 	III

Tabel 3.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Untuk Beban Gempa (Lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>- Pusat telekomunikasi</p> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko 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 di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<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 - 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 lainnya untuk tanggap darurat 	

Tabel 3.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa (Lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - 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 berpotensi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV

Tabel 3.4 Faktor Keutamaan Gempa

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

3.3.3 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.

Tabel 3.5 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{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	≥ 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 :		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : <ul style="list-style-type: none"> - 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) 		

3.3.4 Parameter Percepatan Gempa

Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{MI}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini ;

$$S_{MS} = F_a S_S \quad \dots (3-28)$$

$$S_{MI} = F_v S_I \quad \dots (3-29)$$

Keterangan :

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

S_I = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik

Koefisien situs pada getaran periode pendek (F_a) dan getaran periode 1 detik (F_v) ditentukan mengikuti tabel 3.6 dan tabel 3.7

Tabel 3.6 Koefisien Situs, F_a

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

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Tabel 3.7 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,5$	$S_I = 0,75$	$S_I = 1,0$	$S_I \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	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				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_I dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

3.3.5 Parameter Percepatan Spektral Desain

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

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad \dots (3-30)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad \dots (3-31)$$

3.3.6 Spektrum Respons Desain

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

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o} \right) \quad \dots (3-32)$$

2. Untuk periode 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 , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad \dots (3-33)$$

Keterangan :

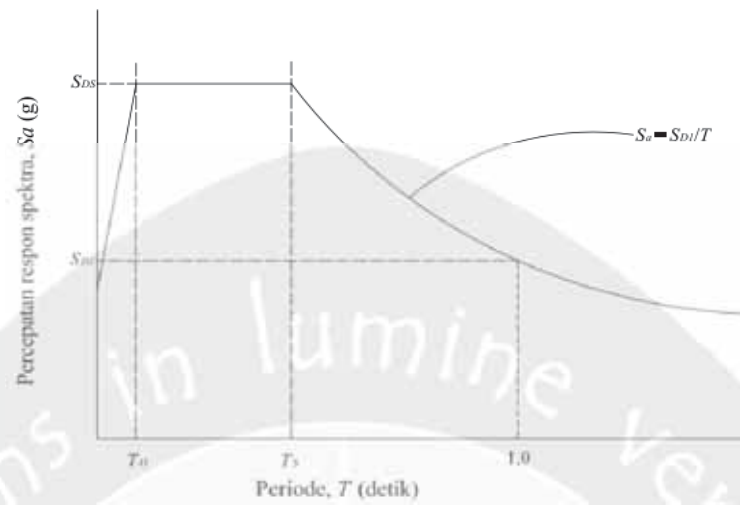
S_{DS} = parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek

S_{D1} = parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T – periode getar fundamental struktur

T_O – $0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

T_S – $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$



Gambar 3.2 Spektrum Respons Desain

3.3.7 Kategori Desain Seismik

Semua struktur bangunan harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik berdasarkan kategori risiko bangunan serta nilai S_{DS} dan S_{D1} , sesuai tabel 3.8 dan tabel 3.9.

Tabel 3.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 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 3.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan
Pada Periode 1 Detik

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

3.3.8 Sistem Struktur

Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang diijinkan.

Tabel 3.10 Faktor R , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Beban Lateral

Sistem penahan beban lateral		R	Ω_0	C_d	Kategori desain seismik					
					A	B	C	D	E	F
Dinding penumpu	Dinding geser beton biasa	4	2,5	4	TB	TB	TB	X	X	X
	Dinding geser beton khusus	5	2,5	5	TB	TB	TB	48	48	30
Sistem rangka gedung	Dinding geser beton biasa	5	2,5	4,5	TB	TB	TB	X	X	X
	Dinding geser beton khusus	6	2,5	5	TB	TB	TB	18	18	30
Sistem rangka pemikul momen	Sistem rangka pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TB	X	X	X	X
	Sistem rangka pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TB	X	X	X
	Sistem rangka pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB	TB

3.3.9 Faktor Redundansi

Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, ρ harus diambil sama dengan 1,3 kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi, di mana ρ diijinkan diambil sebesar 1,0 :

1. Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar dalam arah yang ditinjau.
2. Struktur dengan denah beraturan di semua tingkat dengan sistem penahan gaya gempa terdiri dari paling sedikit dua bentang perimeter penahan gaya gempa yang merangka pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding geser harus dihitung sebagai panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat, h_{sx} , untuk konstruksi rangka ringan.

3.3.10 Kombinasi dan Pengaruh Beban Gempa

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$

5. $1,2D + 1,0E + L$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

Faktor beban untul L pada kombinasi 3, 4, dan 5 boleh diambil sama dengan 0,5 kecuali untuk ruangan garasi, ruangan pertemuan dan semua ruangan yang nilai beban hidupnya lebih besar daripada 500 kg/m^2 . Bila beban air F bekerja pada struktur, maka keberadaannya harus diperhitungkan dengan nilai faktor beban yang sama dengan faktor beban mati D pada kombinasi 1 hingga 5 dan 7.

Pengaruh beban gempa, E pada kombinasi pembebanan harus ditentukan sebagai berikut :

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5 harus ditentukan sesuai persamaan berikut :

$$E - E_h + E_v \quad \dots (3-34)$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 harus ditentukan sesuai persamaan berikut :

$$E - E_h - E_v \quad \dots (3-35)$$

Keterangan :

- E = pengaruh beban gempa
 E_h = pengaruh beban gempa horizontal
 E_v = pengaruh beban gempa vertikal

Pengaruh beban gempa horizontal, E_h , harus ditentukan sesuai persamaan berikut :

$$E_h = \rho Q_E \quad \dots (3-36)$$

Keterangan :

Q_E = pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p

ρ = faktor redundansi

Pengaruh beban gempa verikal, E_v , harus ditentukan sesuai persamaan berikut :

$$E_v = 0,2 S_{DS} D \quad \dots (3-37)$$

Keterangan :

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

D = pengaruh beban mati

3.3.11 Geser Dasar Seismik

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

$$V = C_s W \quad \dots (3-38)$$

Keterangan :

C_s = koefisien respons seismik

W = berat sismik efektif

Koefisien respons seismik, C_S , harus ditentukan sesuai persamaan :

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad \dots (3-39)$$

Keterangan :

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

R – faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Nilai C_S yang dihitung sesuai dengan persamaan (3-39) tidak perlu melebihi berikut ini :

$$C_S = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad \dots (3-40)$$

C_S harus tidak kurang dari :

$$C_S = 0,44S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad \dots (3-41)$$

3.3.12 Periode Fundamental

Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari Tabel 3.11 dan periode fundamental pendekatan, T_a , yang dihitung dari persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x \quad \dots (3-42)$$

Keterangan :

h_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 3.12.

Tabel 3.11 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode 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

Tabel 3.12 Nilai Parameter Periode 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 menvegah rangka dari defleksi jika dikenai beban gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

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, periode fundamental pendekatan, T_a , ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_a = 0,1N \quad \dots (3-43)$$

Keterangan :

N = jumlah tingkat

Untuk struktur dinding geser batu bata atau beton, periode fundamental pendekatan ditentukan, T_a , dari persamaan berikut :

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} h_n \quad \dots (3-44)$$

dimana h_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur dan C_w dihitung sesuai persamaan berikut

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \frac{A_i}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2 \right]} \quad \dots (3-45)$$

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

3.3.13 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

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

$$F_x = C_{vx}V \quad \dots (3-46)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad \dots (3-47)$$

Keterangan :

- C_{vx} = faktor distribusi vertikal
- V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (W) (kN)
- w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
- h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , (m)
- k = eksponen yang terkait dengan periode struktur :
- untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang, $k - 1$
 - untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 2,5 detik atau kurang, $k - 2$
 - untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

3.3.14 Distribusi Horizontal Gaya Gempa

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

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad \dots (3-48)$$

Keterangan :

F_i – bagian dari geser seismik V yang timbul di tingkat i (kN)

3.3.15 Analisis Spektrum Respons Ragam

Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

Bila periode fundamental yang dihitung melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_i) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan

$$0,85 \frac{V}{V_i} \quad \dots (3-48)$$

Jika respons terkombinasi untuk geser dasar ragam (V_i) kurang dari 85 persen dari $C_s W$, simpangan antar lantai harus dikalikan dengan $0,85 \frac{C_s W}{V_i}$.