

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perencanaan Pembebanan

Jenis beban yang digunakan dalam perancangan gedung ini dibatasi dengan mempertimbangkan kombinasi dari tiga jenis beban, antara lain beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

3.1.1 Kuat Perlu

Kuat perlu dari elemen struktur harus sama atau melebihi dari beban terfaktor yang bekerja. Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 kombinasi kuat perlu yang digunakan adalah:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2 Perencanaan Beban Gempa

3.2.1 Kategori risiko struktur bangunan

Kategori risiko bangunan gedung untuk beban gempa didefinisikan berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2 sebagai berikut.

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

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko 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 industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<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 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 - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <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>	III

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

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<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 - Struktur tambahan yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

(Sumber SNI 1726:2012)

3.2.2 Faktor keutamaan 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 .

Tabel 3.2 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber SNI 1726:2012)

3.2.3 Kelas situs

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 5.3, tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari pasal-pasal berikut.

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	≥ 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, 20, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ 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) – Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

(Sumber SNI 1726:2012)

Sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 6.1.1, parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

Penentuan nilai parameter percepatan terpetakan ini dibantu menggunakan aplikasi desain spektra yang dapat diakses menggunakan internet melalui [http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain spektra indonesia 2011/](http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/).

3.2.5 Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R). Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 6.2 koefisien situs ditentukan menggunakan 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				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
S_A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
S_B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S_C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
S_D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
S_E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
S_F	SS^b				

(Sumber SNI 1726:2012)

Tabel 3.5 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda 1 detik, S_l				
	$S_l \leq 0,3$	$S_l = 0,2$	$S_l = 0,3$	$S_l = 0,4$	$S_l \geq 0,5$
S_A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
S_B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S_C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
S_D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
S_E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
S_F	SS^b				

(Sumber SNI 1726:2012)

Perhitungan parameter respons spektral percepatan gempa maksimum ditentukan menggunakan persamaan:

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3-19a)$$

$$S_{M1} = F_a S_1 \quad (3-19b)$$

3.2.6 Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan sesuai SNI 1726:2012 Pasal 6.3 melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3-20a)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3-20b)$$

3.2.7 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_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus

ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 3.6 atau 3.7, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur, T . Apabila S_1 lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai tabel dari SNI 1726:2012 Pasal 6.5 berikut ini.

Tabel 3.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	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

(Sumber SNI 1726:2012)

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

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

(Sumber SNI 1726:2012)

3.2.8 Struktur penahan beban gempa

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.2, sistem penahan-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω_0 harus dikenakan pada setiap system, termasuk Batasan sistem struktur yang termuat dalam tabel berikut.

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
A. Sistem dinding penumpu								
1. Dinding geser beton bertulang khusus	5	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	4	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail	2	$2\frac{1}{2}$	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah	4	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	12 ^k	12 ^k	12 ^k
6. Dinding geser pracetak biasa	3	$2\frac{1}{2}$	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	TB	48	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	TB	TI	TI	TI	TI
11. Dinding geser batu bata polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
13. Dinding geser dengan pelat baja dan beton komposit	$6\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	48	48	30
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	48	48	30

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2 1/2	4 1/2	TB	TB	TI	TI	TI
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5 1/2	2 1/2	4	TB	TB	48	48	30
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2 1/2	4	TB	TB	TI	TI	TI
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2 1/2	2	TB	48	TI	TI	TI
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2 1/2	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1 1/2	2 1/2	1 1/4	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1 1/2	2 1/2	1 3/4	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2 1/2	4 1/2	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2 1/2	4 1/2	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2 1/2	2 1/2	2 1/2	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2 1/2	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
B. Sistem rangka baja bangunan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan konsentris biasa	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	TB	TB	10 ^l	10 ^l	TI ^l
4. Dinding geser beton bertulang khusus	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasa	5	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos detail	2	$2\frac{1}{2}$	2	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser beton polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
8. Dinding geser pracetak menengah	5	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	12 ^k	12 ^k	12 ^k
9. Dinding geser pracetak biasa	4	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TI	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4	TB	TB	48	48	30
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	$6\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	48	48	30
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	48	48	30

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	$5\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	48	48	30
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	TI	TI	TI
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	$2\frac{1}{2}$	2	TB	48	TI	TI	TI
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	$2\frac{1}{2}$	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan sistem 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	$5\frac{1}{2}$	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 baja pemikul momen menengah	$4\frac{1}{2}$	3	4	TB	TB	$10_{h,l}$	TI ^h	TI ^l
4. Rangka baja pemikul momen biasa	$3\frac{1}{2}$	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ^l
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	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 canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	$3\frac{1}{2}$	3^o	$3\frac{1}{2}$	10	10	10	10	10

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	$7\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	$2\frac{1}{2}$	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	$5\frac{1}{2}$	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	$3\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	$2\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus ^f	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	10	TI	TI _{n,k}
2. Dinding geser beton bertulang khusus	$6\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	48	30	30
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	$2\frac{1}{2}$	TB	48	TI	TI	TI
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	$3\frac{1}{2}$	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	$5\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	48	30	TI
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	3	TB	TB	TI	TI	TI
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton bertulang biasa	$5\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
F. Sistem interaktif dinding geser dengan rangka pemikul momen bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa	$4\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TI	TI	TI	TI
G. Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk:								
1. Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	10	10	10	10	10
2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	10	10	TI	TI _{h,l}	TI _{h,l}
3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	10	10	10	10	10
4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	10	10	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	$1\frac{1}{4}$	1	10	TI	TI	TI	TI
6. Rangka kayu	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	10	10	10	TI	TI
H. Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismik, tidak termasuk kantilever	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

(Sumber SNI 1726:2012)

CATATAN:

R mereduksi gaya sampai tingkat kekuatan, bukan tingkat tegangan ijin.

^a Faktor modifikasi respons, *R*, untuk penggunaan pada keseluruhan tata cara.

^b Faktor pembesaran defleksi, *C_d*

^c TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diiijinkan.

^d Sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 72 m atau kurang.

^e Sistem penahan gaya gempa yang dibatas sampai bangunan dengan ketinggian 48 m atau kurang.

^f Rangka pemikul momen biasa diijinkan untuk digunakan sebagai pengganti rangka pemikul momen menengah untuk kategori desain seismik B atau C.

^g Harga tabelfaktor kuat-lebih, Ω_0 , diijinkan untuk direduksi dengan mengurangi setengah untuk struktur dengan diafragma fleksibel, tetapi tidak boleh diambil kurang dari 2,0 untuk segala struktur, kecuali untuk sistem kolom kantilever.

^h Struktur yang dikenai kategori desain seismik D atau E.

ⁱ Struktur yang dikenai kategori desain seismik F.

^j Rangka baja dengan bresing konsentris biasa baja diijinkan pada bangunan satu tingkat sampai ketinggian 18 m di mana beban mati atap tidak melebihi 0,96 kN/m² dan pada struktur griya tawang.

3.2.9 Prosedur gaya lateral ekivalen

3.2.9.1 Periode fundamental pendekatan

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1, periode fundamental pendekatan, dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-21)$$

Nilai parameter C_t dan x ditentukan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 3.9 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 disyaratkan dan tidak dilengkapi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari difleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresin eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber SNI 1726:2012)

Batas atas dari perioda fundamental pendekatan dipilih menurut tabel berikut.

Tabel 3.10 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)

3.2.9.2 Perhitungan koefisien respons seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1, persamaannya sebagai berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-22)$$

Nilai C_s pada persamaan 3.22 yang dihitung tidak perlu melebihi berikut ini.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-23)$$

Nilai C_s pada persamaan 3.22 yang dihitung harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad (3-24)$$

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-25)$$

3.2.9.3 Geser dasar seismik

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1 berikut ini:

$$V = C_s W \quad (3-26)$$

3.2.9.4 Distribusi vertikal gaya gempa

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} V \quad (3-27)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-28)$$

keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

w = bagian berat seismik efektif total struktur

h = tinggi dari dasar

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

3.3 Perencanaan Struktur Atas Beton Bertulang

3.3.1 Kuat desain

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.3.1, kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur harus diambil sebesar kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ . Faktor-faktor reduksi tersebut antara lain:

1. Penampang terkendali tarik direduksi sebesar 0,90.
2. Penampang terkendali tekan berkomponen struktur dengan tulangan spiral direduksi sebesar 0,75.
3. Penampang terkendali tekan berkomponen struktur bertulangan lainnya direduksi sebesar 0,65.
4. Geser dan torsi direduksi sebesar 0,75.
5. Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengikat) direduksi sebesar 0,65.

6. Daerah angkur pasca tarik direduksi sebesar 0,75.
7. Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penamaan *strand* kurang dari panjang penyaluran dari ujung komponen struktur ke ujung panjang penyaluran direduksi sebesar 0,75.
8. Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penamaan *strand* kurang dari panjang penyaluran dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran direduksi sebesar 0,75 sampai 0,9.

Kekuatan nominal harus lebih besar atau sama dengan kekuatan perlunya.

$$\phi M_n \geq M_u \quad (3-29)$$

3.3.2 Perencanaan pelat

Pelat dikategorikan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Perbedaan keduanya ditentukan melalui perbandingan bentang panjang dengan bentang pendek. Pelat satu arah memiliki angka perbandingan antara bentang Panjang dan bentang pendek sama atau lebih besar dari 2,0. Jika perbandingan itu kurang dari 2,0 pelat tersebut menjadi pelat dua arah. (Nawy, 1990)

3.3.2.1 Dimensi pelat satu arah

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2, tebal minimum yang ditentukan dalam tabel 3.11 berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar.

Tabel 3.11 Tebal minimum balok non-prategang 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 oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:

- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya haarus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

(Sumber: SNI 2847:2013)

3.3.2.2 Dimensi pelat dua arah

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3, untuk pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan dan mempunyai rasio bentang Panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan tabel 3.12 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

1. Tanpa panel drop (*drop panels*) 125 mm
2. Dengan panel drop (*drop panels*) 100 mm

Tabel 3.12 Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh, f_y MPa ^b	Tanpa penebalan ^c			Dengan penebalan ^c		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^d		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^d	
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	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

^a 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.

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

^c Panel drop

^d Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_{fm} untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(Sumber: SNI 2847:2013)

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya, h , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk α_{m} yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan tabel 3.12.
2. Untuk α_{m} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{m} - 0,2)} \quad (3-30)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

3. Untuk α_{m} lebih besar dari 0,2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (3-31)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_f tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan per. (3.29) atau (3-30) harus dinaikkan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

3.3.2.3 Tulangan pokok pelat

Dalam menentukan penulangan pokok pelat lantai, diawali dengan persamaan koefisien kapasitas penampang berikut.

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (3-32)$$

Koefisien kapasitas penampang digunakan untuk menentukan nilai rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton yang dirumuskan. (McCormac 2009)

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'_c}} \right) \quad (3-33)$$

Tetapi tidak boleh melebihi 0,025, sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1.

Nilai luasan tulangan pokok yang dibutuhkan pelat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$A_s = \rho b d \quad (3-34)$$

Dengan $A_{smin} = \rho_{min} bd$, dan ρ_{min} diambil senilai rasio luas tulangan susut dan suhu terhadap luas penampang beton.

3.3.2.4 Tulangan susut dan suhu pelat

Luasan tulangan yang dibutuhkan dapat dicari melalui persamaan (3-34), dengan menggunakan rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton yang tersedia berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2. sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

1. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 Mpa diambil sebesar 0,002.
2. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 Mpa diambil sebesar 0,0018.
3. Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen diambil sebesar $(0,0018 \times 420) / f_y$

Spasi tulangan susut dan suhu tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih dari 450 mm.

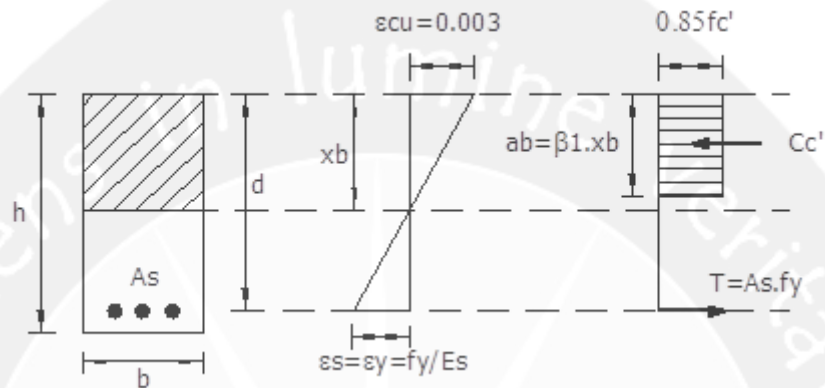
3.3.3 Perencanaan balok

3.3.3.1 Dimensi balok

Tebal minimum balok ditentukan berdasarkan data dalam tabel 3.11.

3.3.3.2 Penulangan longitudinal balok

Untuk perhitungan penulangan balok digunakan asumsi tulangan tunggal seperti pada sketsa gambar berikut.



Gambar 3.1. Diagram tegangan regangan tulangan tunggal

Koefisien kapasitas penampang didapat dari persamaan (3-32) dan nilai dari rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton didapat dari persamaan (3-33), sehingga kebutuhan luasan tulangan longitudinal didapat melalui persamaan (3-34). Dengan syarat tulangan komponen lentur yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh SNI 2847:2013 Pasal 10.5 berikut.

$$A_{s(\min)} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d \quad (3-35)$$

Dan tidak lebih kecil dari $1,4b_w d/f_y$.

Penghitungan kapasitas momen nominal dilakukan untuk memenuhi syarat persamaan (3-29) melalui penghitungan rumus berikut.

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + (d - d') \quad (3-36)$$

Dengan:

$$C_c = 0,85 f'_c ab \quad (3-37)$$

$$C_s = A'_s f'_s \quad (3-38)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \quad (3-39)$$

$$f'_s = E_s \left(\frac{c - d'}{c} \right) \varepsilon_{cu} \quad (3-40)$$

3.3.3 Penulangan transversal balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.1, 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 muka-muka *joint*.

Dengan catatan momen-momen ujung M_{pr} berdasarkan pada tegangan Tarik baja sebesar $1,25f_y$ adalah kekuatan leleh yang ditetapkan. Kedua momen ujung harus ditinjau dalam kedua arah, searah jarum jam dan berlawanan jarum jam.

$$M_{pr} = A_s 1,25 f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3-41)$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{w_u l_n}{2} \quad (3-42)$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.1.1, kekuatan geser yang didesain harus didasarkan pada.

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-43)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-44)$$

Kekuatan geser yang disediakan oleh beton dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1 berikut:

1. Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-45)$$

2. Untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-46)$$

Besaran N_u/A_g harus dinyatakan dalam MPa.

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.2, tulangan transversal harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana kedua hal berikut terjadi.

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

Berdasarkan persamaan (3-43) dan (3-44) maka didapatkan persamaan untuk menentukan kuat geser yang disediakan tulangan geser.

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3-47)$$

Serta tidak boleh diambil lebih besar dari $0,66\sqrt{f'_c}b_w d$, sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.7.9.

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.7.2, luas tulangan geser dapat diperoleh menggunakan rumus.

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (3-48)$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.2, 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 tidak termasuk tulangan kulit longitudinal.

3. 150 mm.

3.3.4 Perencanaan kolom

3.3.4.1 Dimensi kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1, komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial terfaktor P_u akibat sebaran kombinasi beban yang melebihi $A_g f'_c / 10$. Serta harus memenuhi kondisi-kondisi:

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 kurang dari 0,4.

3.3.4.2 Pengaruh kelangsingan kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.10.1, pengaruh kelangsingan boleh diabaikan dalam kasus-kasus berikut:

1. Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibreising (*braced*) terhadap goyangan menyamping:

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22 \quad (3-49)$$

2. Untuk komponen struktur tekan yang dibreising (*braced*) terhadap goyangan menyamping:

$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12(M_1/M_2) \leq 40 \quad (3-50)$$

3.3.4.3 Penulangan longitudinal kolom

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$. Nilai A_{st} didapat melalui persamaan.

$$A_{st} = \rho b h \quad (3-51)$$

3.3.4.4 Kekuatan lentur minimum kolom

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan:

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (3-52)$$

3.3.4.5 Penulangan transversal kolom

Jumlah tulangan transversal yang disarankan harus disediakan sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4 berikut:

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

$$\rho_s = 0,12 \left(\frac{f_c'}{f_{yt}} \right) \quad (3-53)$$

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

$$A_{sh} = 0,3 \frac{sb_c f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3-54)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{sb_c f_c'}{f_{yt}} \quad (3-55)$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3, spasi tulangan transversal sepanjang Panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

1. Seperempat dimensi komponen struktur minimum.
2. Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil.
3. s_o , seperti sidefinisikan oleh persamaan:

$$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (3-56)$$

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