

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pembebanan

Beban yang digunakan dalam perencanaan gedung ini adalah kombinasi dari beban hidup, beban mati, dan beban gempa.

3.1.1 Kuat Perlu

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

$$1. \quad U = 1,4 D \quad (2-1)$$

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

$$3. \quad U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E_x + 0,3 E_y \quad (2-3)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$11. \quad U = 0,9 D + 1,0 E_x + 0,3 E_y \quad (2-11)$$

$$12. \quad U = 0,9 D + 1,0 E_x - 0,3 E_y \quad (2-12)$$

$$13. \quad U = 0,9 D - 1,0 E_x + 0,3 E_y \quad (2-13)$$

$$14. \quad U = 0,9 D - 1,0 E_x - 0,3 E_y \quad (2-14)$$

$$15. \quad U = 0,9 D + 0,3 E_x + 1,0 E_y \quad (2-15)$$

$$16. U = 0,9 D + 0,3 E_x - 1,0 E_y \quad (2-16)$$

$$17. U = 0,9 D - 0,3 E_x + 1,0 E_y \quad (2-17)$$

$$18. U = 0,9 D - 0,3 E_x - 1,0 E_y \quad (2-18)$$

Notasi :

U = kuat perlu

D = beban mati

L = beban hidup

E_x = beban gempa (arah x)

E_y = beban gempa (arah y)

3.2 Perencanaan Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726 : 2012

Struktur Gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing pada sumbu utama pada daerah tersebut berupa beban dinamik.

3.2.1 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. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3.1, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.

Tabel 3.1 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 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 nilaril $u < 25$ kpa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil bagian tanah yang mmiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut - Rawan dan berpotensi gagal atau rumah akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempng sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$)		

(Sumber SNI 1726-2012)

3.2.2 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 0,1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan rumus berikut ini:

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

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3 - 20)$$

S_s merupakan parameter respons spektral percepatan gempa *MCER* terpetakan untuk perioda pendek, sedangkan S_1 merupakan parameter respons spektral percepatan gempa *MCER* terpetakan untuk perioda 1,0 detik. Nilai dari S_s dan S_1 ditentukan dari peta gerak tanah seismik. Nilai F_a didapat dari Tabel 3.2., dan nilai F_v didapat dari Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 0,3$
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	S_s^b				

Tabel 3.3 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	S_1				
	$S_1 \leq 0,3$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
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	S_s^b				

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

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

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

Catatan :

Menentukan Nilai S_{DS} dan S_{D1} juga dapat diperoleh dengan web desain spektra Indonesia:

http://puskim.pu.go.id//Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan respon spektral pada perioda pendek

S_{D1} = parameter percepatan respon spektral pada perioda satu detik

3.2.3 Menentukan Kategori Risiko

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3.4 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 3.8.

Tabel 3.4 Kategori Bangunan Gedung dan Non-Gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

(dikutip dari Tabel 1 SNI 1726 2012)

Tabel 3.4 Kategori Bangunan Gedung dan Non-Gedung (Lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko 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: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

(dikutip dari Tabel 1 SNI 1726 2012)

Tabel 3.4 Kategori Bangunan Gedung dan Non-Gedung (Lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - 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 (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

(dikutip dari Tabel 1 SNI 1726 2012)

3.2.4 Menentukan Kategori Desain Seismik

Dalam menentukan nilai KDS dilihat berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek dan periode satu detik.

Tabel 3.5 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

(dikutip dari Tabel 1 SNI 1726 2012)

Tabel 3.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

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

(dikutip dari Tabel 7 SNI 1726 2012)

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik.

Jika $S_I > 0,75$:

- untuk Kategori Risiko I/II/III: maka KDS E
- untuk Kategori Risiko IV: maka KDS F

3.2.5 Menentukan Sistem Struktur dan Parameter Struktur

Tabel 3.7 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi C_b^d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggistruktur, h (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D^d	E^d	F^e
A. Sistem dinding penumpu	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.1.4	7.1.5	7.1.6	7.1.7	7.1.8
1. Dinding geser beton bertulang khusus	5	2½	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah	4	2½	4	TB	TB	12 ^k	12 ^k	12 ^k
6. Dinding geser pracetak biasa	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	2½	2¼	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	1¾	TB	48	TI	TI	TI

(dikutip dari Tabel 9 SNI 1726 2012)

Tabel 3.7 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi C_b^d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggistruktur, h (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
10.Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
11.Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
12.Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
13.Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2½	2	TB	10	TI	TI	TI
14.Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
15.Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
16.Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2	TB	TB	10	TI	TI
18.Sistem dinding rangka ringan (baja canai dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3½	TB	TB	20	20	20
B.Sistem rangka 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 bresing konsentris biasa	3¾	2	3¾	TB	TB	10 ^j	10 ^j	10 ^j
4. Dinding geser beton bertulang khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos detail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser beton polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Dinding geser pracetak menengah	5	2½	4½	TB	TB	12 ^k	12 ^k	12 ^k
9. Dinding geser pracetak biasa	4	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
10.Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30

(dikutip dari Tabel 9 SNI 1726 2012)

Tabel 3.7 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi C_b^d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggistruktur, h (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
11.Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4½	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	6½	2½	5½	TB	TB	48	48	30
14.Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
15.Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
16.Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4	TB	TB	48	48	30
17.Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
18.Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2	TB	48	TI	TI	TI
19.Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20.Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
21.Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
22.Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	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	2½	4½	TB	TB	22	22	22

(dikutip dari Tabel 9 SNI 1726 2012)

Tabel 3.7 Faktor R, C_d , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi C_b^d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggistruktur, h (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3 ^o	3½	10	10	10	10	10

(dikutip dari Tabel 9 SNI 1726 2012)

Tabel 3.7 Faktor R, C_d , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi C_b^d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggistruktur, h (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								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI ^{h,k}

(dikutip dari Tabel 9 SNI 1726 2012)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi C_b^d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggistruktur, h (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
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
F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton 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								
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,i}	TI ^{h,i}
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 sistem kolom kantilever	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

(dikutip dari Tabel 9 SNI 1726 2012)

3.2.6 Mencari Faktor Keutamaan

Faktor keutamaan diperoleh dari Tabel 3.8 :

Tabel 3.8 Faktor keutamaan gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (I_E)
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

(dikutip dari Tabel 2 SNI 1726 2012)

3.2.7 Menentukan Periode Fundamental

Perioda fundamental struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Perioda fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung C_t dari Tabel 3.9.

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

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-23)$$

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

Tabel 3.9 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(dikutip dari Tabel 15 SNI 1726 2012)

Tabel 3.10 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\leq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(dikutip dari Tabel 14 SNI 1726 2012)

3.2.8 Mencari Faktor Respons Gempa

Faktor respon gempa dapat diperoleh dengan rumus berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \quad (3-24)$$

Keterangan :

C_s = koefisien respons seismik

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

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Nilai C_s yg dihitung sesuai persamaan (3-24) tidak perlu melebihi dari persamaan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T \frac{R}{I_e}} \quad (3-25)$$

Dengan syarat C_s :

$$C_s \text{ min} = 0,044 S_{DS} I_e$$

$$C_s \text{ min} = 0,01$$

$$C_s \text{ min} = \frac{0,5 S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \quad (\text{hanya untuk } S_1 \geq 0,6 \text{ g})$$

Digunakan C_s terkecil

3.2.9 Gaya Geser Gempa

Gaya geser gempa diperoleh dengan rumus :

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

Keterangan :

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

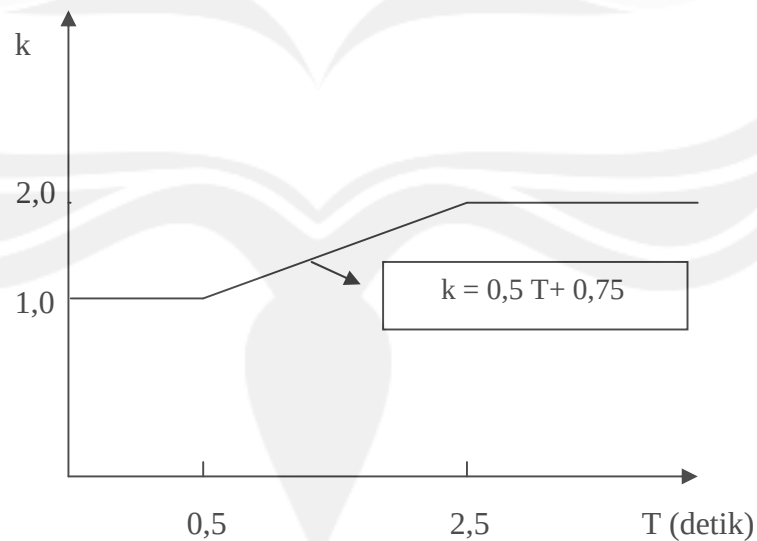
3.2.10 Distribusi beban lateral pada setiap lantai

Diperoleh dengan rumus :

$$F_x = C_{vx} V \quad (3-28)$$

$$C_{vx} = \sum_{i=1}^n \frac{W_x h_x^k}{W_i h_i^k} \quad (3-29)$$

$$k = 0,5T + 0,75 \quad (3-30)$$



Gambar 3.1. Grafik untuk menghitung k

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 efekti 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 Komponen Struktur Lentur Rangka Momen Khusus

Komponen struktur rangka pemikul momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur. Komponen struktur rangka ini juga harus memenuhi persyaratan umum sebagai berikut:

1. Gaya tekan berfaktor pada komponen struktur $P_u > A_g \cdot f'_c / 10$.
2. $L_n \geq 4 d$, Bentang bersih untuk komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektif.
3. $b_w / h \geq 0,3$, lebar komponen tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm.
4. Lebar komponen struktur, b_w , tidak boleh lebih lebar dari komponen penumpu, c_2 , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari (a) dan (b):
 - (a) lebar komponen struktur penumpu, C_2 , dan
 - (b) 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_2 .

3.3.1 Tulangan longitudinal

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

$$A_{s\min} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (3-32)$$

dan tidak lebih kecil dari

$$A_{s\min} = \frac{1,4b_w d}{f_y} \quad (3-33)$$

Rasio penulangan, ρ , tidak boleh melebihi 0,025 Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

3.4.2 Tulangan Transversal

Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka berikut:

- Sepanjang dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur;
- Sepanjang 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:

- $d/4$
- Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama,
- 150 mm.

3.3.2 Persyaratan Kuat Geser

Tulangan transversal harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana keduanya (a) dan (b) terjadi:

- a) Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut;
- b) Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari

$$A_g f'_c / 20$$

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

Persyaratan untuk komponen struktur rangka momen khusus yang dikenai beban lentur dan aksial harus memenuhi kondisi-kondisi:

- a) Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
- b) Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

3.3.3.1 Tulangan memanjang

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

3.3.3.2 Tulangan transversal

Tulangan transversal harus dipasang sepanjang 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 (a), (b), dan (c):

- a) Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi;
- b) Seperenam bentang bersih komponen struktur; dan
- c) 450 mm.

Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), dan (c):

- a) Seperempat dimensi komponen struktur minimum;
- b) Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil; dan
- c) s_o , seperti didefinisikan oleh persamaan berikut:

$$s_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3} \quad (3-34)$$

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

3.4 Kuat Rencana

Kekuatan rencana pada komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan Ketentuan dan asumsi berdasarkan pasal 9.3 SNI 2847 2013 yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ).

Tabel 3. 11 Faktor Reduksi Kekuatan Desain

No	Keterangan	Faktor reduksi (ϕ)
1.	Penampang terkendali tarik	0,9
2.	Penampang terkendali tekan :	0,75
3.	Geser dan torsi	0,75
4.	Tumpuan pada beton	0,65
5.	Daerah angkur pasca tarik	0,85
6.	Model strat dan pengikat , dan strat, pengikat, daerah pertemuan (<i>nodal</i>), dan daerah tumpuan	0,75
7.	Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman <i>strand</i> kurang dari panjang penyaluran : a. Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer b. Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran ϕ boleh ditingkatkan secara linier	0,75 0,75 – 0,9
8	Spiral	$0,75 + (\epsilon_t - 0,002)(60)$
9	Lainnya	$0,65 + (\epsilon_t - 0,002)(250/3)$

(lanjutan tabel 3. 11)

3.5. Perancangan Struktur

Struktur yang akan dirancang adalah struktur atas yang meliputi beberapa bagian seperti pelat, balok, kolom dan tangga.

3.5.1. Perancangan Pelat

Komponen struktur yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi ataupun berdeformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan.

1. Penentuan jenis pelat

Ada dua jenis pelat yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah

a. Pelat satu arah

Pelat satu arah adalah pelat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan sehingga lenturan hanya timbul dalam satu arah.

b. Pelat dua arah

Pelat dua arah adalah pelat yang di dukung pada empat tepinya, sehingga lenturan yang timbul dua arah.

Untuk pemilihan tipe pelat dari perbandingan bentang panjang (l_y) dengan bentang pendek (l_n) dengan syarat seperti berikut:

$$\frac{l_y}{l_x} \leq 2 \text{ berarti tipe pelat dua arah}$$

$$\frac{l_y}{l_x} \geq 2 \text{ merupakan tipe pelat satu arah}$$

2. Tebal Minimum Pelat Satu Arah

Tebal pelat satu arah (pelat yang didukung pada kedua tepi berhadapan) ditentukan dalam SNI 2874:2013, pada pasal 9.5.2. seperti pada tabel berikut:

Tabel 3.12 Tebal minimum pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	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	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

(dikutip dari tabel 9.5a SNI 2847 2013)

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:

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

(b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

3. Tulangan susut dan suhu

Tulangan lenturnya terpasang dalam satu arah saja dan menyediakan tulangan susut dan suhu yang arah tegak lurus terhadap tulangan lentur, dengan rasio luas tulangan susut dan suhu maupun tulangan utama sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

a. Tulangan $f_y = 300$ MPa, $A_s \text{ min} = 0,0020 bh$

b. Tulangan $f_y = 400$ MPa, $A_s \text{ min} = 0,0018 bh$

c. Tulangan $f_y > 400$ MPa, $A_s \text{ min} = 0,0028(400/f_y) bh \geq 0,0014 bh$

Syarat spasi tulangan utama dan tulangan susut dan suhu :

a. Tulangan utama, dipilih nilai terkecil

$$s \leq 3h \text{ (} h = \text{tebal pelat)} \quad (3-35)$$

$$s \leq 450 \text{ mm} \quad (3-36)$$

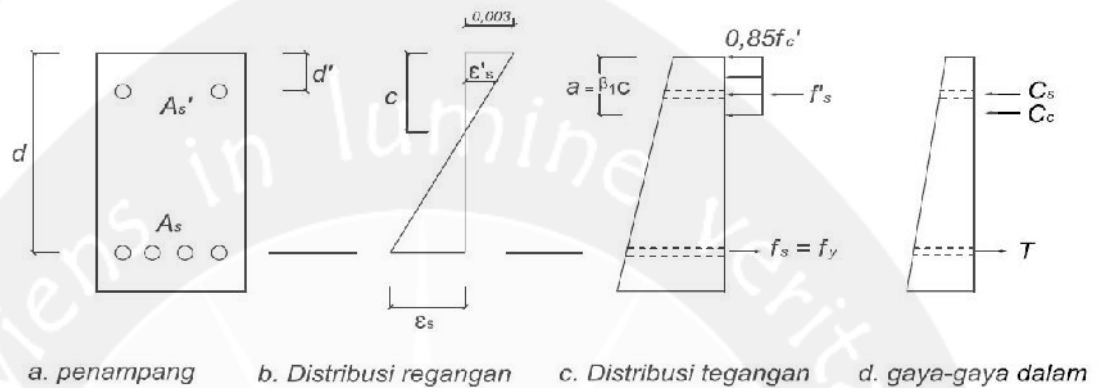
b. Tulangan susut dan suhu, dipilih nilai terkecil

$$s \leq 3h \text{ (} h = \text{tebal pelat)} \quad (3-37)$$

$$s \leq 450 \text{ mm} \quad (3-38)$$

3.5.2 Perencanaan Balok

Perencanaan balok dilakukan dengan :



Gambar 3.2. Diagram tegangan regangan balok rangkap

Perencanaan tulangan rangkap

$$T = C_c + C_s \quad (3-39)$$

Tulangan tarik sudah leleh

$$T = A_s f_y \quad (3-40)$$

Menghitung kapasitas momen nominal balok adalah:

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \quad (3-41)$$

Dimana

$$C_c = 0,85 f'_c ab \quad (3-42)$$

$$C_s = (E_s \epsilon'_s) A'_s \quad (3-43)$$

$$\epsilon'_s = \left(1 - \frac{d'}{a} \right) 0,003 \quad (3-44)$$

dan

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \quad (3-45)$$

Keterangan:

C_c = gaya tekan dari beton

C_s = gaya tekan dari tulangan tekan

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

a = Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

syarat:

$$\phi M_n > M_u \quad (3-46)$$

1. Tulangan Lentur

Sesuai SNI pasal 21.5.2.2 SNI 2847 2013, untuk daerah tarik tumpuan diambil nilai $M_u = M_n$. Untuk daerah desak tumpuan $M_u = 0,5 M_u$ Etabs. Pada daerah tarik maupun desak lapangan $M_u = 0,25 M_u$ Etabs.

$$R_{nperlu} = \frac{M_u}{0,9b_w d^2} \quad (3-47)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'_c}} \right) \quad (3-48)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \text{atau,} \quad \rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad (3-49)$$

Khusus balok induk $\rho \leq 0,025$ (Pasal 21.5.2.1 SNI 2847 2013)

$$\text{Luas tulangan yang diperlukan } A_{sperlu} = \rho_{perlu} b_w d \quad (3-50)$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{sperlu}}{\text{luas tulangan}} \quad (\text{pembulatan keatas}) \quad (3-51)$$

$$\text{Menghitung } \epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d_t - c}{c} \right) \quad (3-52)$$

2. Tulangan geser

Langkah awal dalam menentukan tulangan geser balok adalah mencari gaya geser gempa (V_e). Pasal 21.5.4.1 SNI 2847 2013 menyatakan bahwa gaya geser rencana V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka muka join. Diasumsikan bahwa momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin, M_{pr} bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor disepanjang bentangnya.

Nilai kuat lentur maksimum tulangan dapat dihitung dengan :

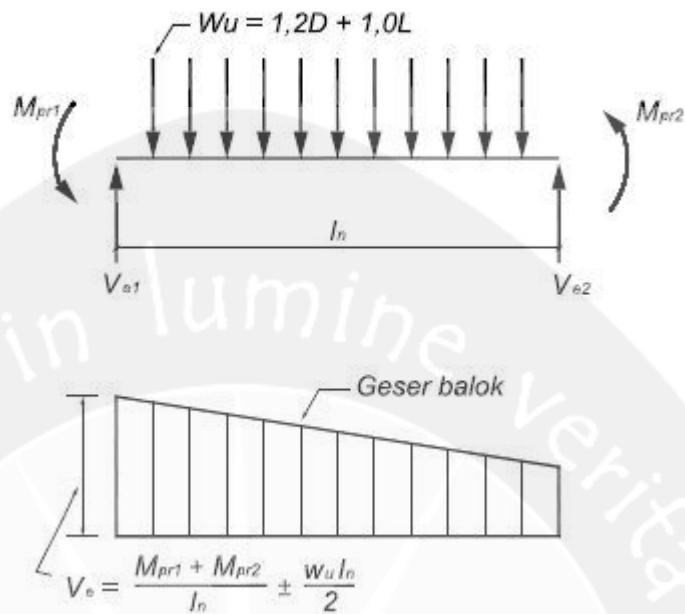
$$M_{pr} = A_s (1,25 f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3-50)$$

Gaya geser akibat gempa dihitung dengan

$$V = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2} \quad (3-51)$$

Keterangan :

M_{pr} = kuat lentur maksimum tulangan,
 A_s = luas tulangan baja yang digunakan.



Gambar 3.3 Gaya Geser Desain

(dikutip dari pasal 21.6.2.2 SNI 2847: 2013)

Pasal 21.6.5.2 SNI 2847:2013 menyatakan bahwa pada daerah sendi plastis, $V_c = 0$ bilamana keduanya (a) dan (b) terjadi:

- Gaya geser ditimbulkan gempa, yang dihitung sesuai dengan 21.6.5.1, mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o .
- Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c / 10$

Jika kontribusi geser dari beton $V_c \neq 0$, Pasal 11.2.1.1 SNI 2847 2013 menetapkan kuat geser beton untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur sebagai berikut :

$$V_c = 0,17^a \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-52)$$

dengan $\lambda = 1$ untuk beton normal.

Kuat geser nominal yang harus ditahan oleh tulangan geser dihitung dengan persamaan :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3-53)$$

Dengan nilai $V_s \max = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c b_w d}$ (3-54)

Spasi tulangan geser sesuai pasal 11.4.7.2 SNI 2847 2013 dihitung dengan persamaan :

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (3-55)$$

Menurut pasal 21.5.3.2 SNI 2847: 2013, sengkang tertutup pertama harus ditempatkan ≤ 50 mm dari muka komponen struktur. Spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. 6 kali diameter batang tulangan lentur utama
- c. 150 mm

Menurut pasal 11.4.5.1 SNI 2847 2013 pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ di sepanjang bentang komponen struktur.

3.5.3 Perancangan Kolom

Estimasi dimensi kolom ditentukan berdasarkan beban aksial yang bekerja diatas kolom tersebut. Beban yang bekerja meliputi beban mati dan hidup balok, pelat, serta berat dari lantai di atas kolom tersebut. Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan sengkang berdasarkan pasal 10.3.6.2 SNI 2847 2013 :

$$\phi P_{n maks} = 0,8 \phi [0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3-56)$$

Dengan nilai $\phi = 0,65$

1. Kelangsingan kolom

Berdasarkan pasal 10.10.1 SNI 2847 2013 untuk komponen struktur tekan yang bergoyang, pengaruh kelangsingan boleh diabaikan jika :

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22 \quad (3-57)$$

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

r = radius girasi suatu penampang komponen struktur tekan

l_u = panjang bersih komponen struktur tekan

2. Kuat Lentur

Kuat lentur yang dirancang harus memiliki kekuatan untuk menahan momen balok yang bekerja pada kedua arah. Momen minimal dirancang minimum 20% lebih besar dibanding momen balok disuatu hubungan balok kolom untuk mencegah terjadinya leleh pada kolom yang pada dasarnya didesain sebagai komponen pemikul beban lateral. Pasal 21.6.2.2 SNI 2847 2013, terdapat persamaan :

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (3.58)$$

Dengan :

$\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam 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 ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, bilamana slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen di muka joint, tulangan slab dalam lebar slab efektif yang didefinisikan dalam 8.12 harus diasumsikan menyumbang kepada $\sum M_{nb}$ jika tulangan slab disalurkan pada penampang kriris untuk lentur.

3. Gaya Geser Rencana

Berdasarkan SNI 21.5.4.1 SNI 2847 2013 gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari kuat momen maksimum M_{pr} dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu dengan balok kolom.

Menurut pasal 11.1 SNI 2847 2013 tentang perencanaan penampang geser harus memenuhi :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-59)$$

Dimana V_c adalah kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton yang dihitung, dan V_s adalah kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser yang dihitung.

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-60)$$

Keterangan

V_c = kuat geser yang disumbangkan oleh beton

V_s = kuat geser yang nominal disediakan oleh tulangan geser

Sesuai pasal 11.2.1.2 SNI 2847 2013, kuat geser yang disediakan oleh beton untuk komponen struktur yang dibebani gaya tekan aksial ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right)^a \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-62)$$

dan

$$V_s = \left(\frac{A_v f_y d}{s} \right) \quad (3-63)$$

Keterangan :

A_v = luas tulangan geser

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

A_g = luas bruto penampang kolom

N_u = beban aksial terfaktor yang terjadi

b_w = lebar balok

f_y = tegangan leleh baja

f'_c = kuat tekan beton

4. Tulangan Transversal Kolom

Ujung ujung kolom perlu cukup pengekangan untuk menjamin daktilitas apabila terjadi pembentukan sendi plastis. Perlu juga tulangan transversal untuk mencegah pertama kegagalan geser sebelum penampang mencapai kapasitas lentur dan kedua tulangan menekuk.

Sesuai pasal 21.6.4.4 SNI 2847 2013, luas penampang total tulangan sengkang persegi ditentukan :

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3-64)$$

$$A_{sh} = 0,9 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \quad (3-65)$$

Keterangan :

A_{sh} = luas total penampang sengkang tertutup persegi

A_g = luas bruto penampang

A_{ch} = luas penampang dari sisi luar kesisi tulangan transversal

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

s = spasi tulangan

f_{yh} = tegangan leleh baja tulangan transversal

f'_c = kuat tekan beton

Sesuai Pasal 21.6.4.3 SNI 2847 2013, Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- a. Seperempat dimensi komponen struktur minimum;
- b. Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil; dan

$$c. \quad s_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

dengan Nilai s_o tidak boleh lebih 150 mm dan tidak diambil kurang dari 100 mm.

5. Hubungan Kolom Balok

Faktor penting dalam menentukan kuat geser nominal hubungan balok kolom adalah luas efektif dari hubungan balok kolom. Hubungan balok kolom yang dikekang oleh ke empat sisinya, maka kapasitas atau kuat geser nominal hubungan balok kolom sesuai SNI 2847 2013 adalah sebesar $1,7A_s\sqrt{f'_c}$ dan balok kolom yang terkekang di dua sisi berlawanan adalah $1,25A_s\sqrt{f'_c}$.

3.5.3 Perancangan Atap

1. Perencanaan gording

Perencanaan gording atap menggunakan baja profil C

Rasio ketebalan terhadap lebar :

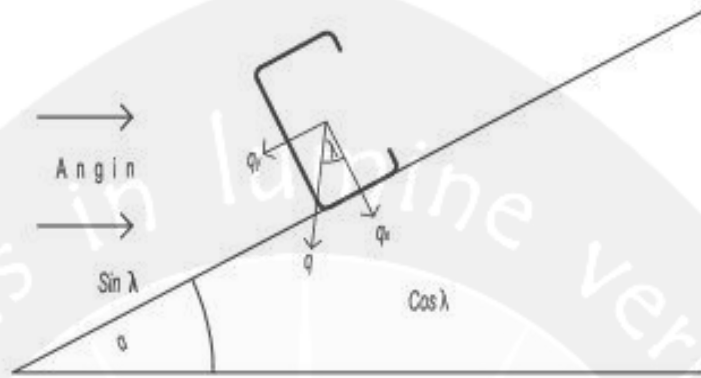
$$h/t_w$$

Batasan rasio tebal-lebar :

$$\text{a. untuk kompak, } a_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3-66)$$

$$\text{b. non kompak, } a_p = 5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3-67)$$

a. Kombinasi Momen



Gambar 3.4 Reaksi gaya-gaya pada gording

Menghitung momen yang terdapat pada reaksi gording, yaitu untuk arah x, M_y dan untuk arah y, M_x .

Untuk 2 tumpuan sendi dibedakan menjadi 2 jenis pembebanan yaitu beban merata dan beban terpusat

Untuk beban merata

$$M = \left(\frac{1}{8} q l^2 \right) \quad (3-68)$$

Untuk beban terpusat

$$M = \left(\frac{1}{4} p l \right) \quad (3-69)$$

b. Kontrol tegangan

$$f = \left(\frac{M_x}{W_x} \right) + \left(\frac{M_y}{W_y} \right) \quad (3-70)$$

Syarat

$$f \leq f_y$$

c. Kontrol lendutan gording

$$\delta \text{ ijin} = \frac{L}{240} \quad (3-71)$$

$$\phi_x = \left(\frac{5}{384} \times \frac{q \cos \sim}{E_s \times I_x} \times l^4 \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{P \cos \sim}{E_s \times I_x} \times l^3 \right) \quad (3-72)$$

$$\phi_y = \left(\frac{5}{384} \times \frac{q \sin \sim}{E_s \times I_y} \times l^4 \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{P \sin \sim}{E_s \times I_y} \times l^3 \right) \quad (3-73)$$

$$\phi = \sqrt{\phi_x^2 + \phi_y^2} \quad (3-74)$$

Syarat,

$$\delta \leq \delta \text{ ijin} \quad (3-75)$$

2. Perencanaan batang kuda-kuda

Untuk perencanaan kuda-kuda menggunakan metode AISC. batang pada rangka kuda-kuda ada 2 jenis yaitu batang yang mengalami tekan dan tarik.

Untuk penampang mengalami tarik :

$$P_u \leq \phi_t P_n \quad (3-76)$$

Dimana ada 2 kondisi untuk batang yaitu leleh dan patah,

kondisi leleh, $\phi_t = 0,90$

kondisi patah, $\phi_t = 0,75$

Karena ada 2 kondisi maka P_u diambil sebagai berikut :

$$P_u \leq 0,90 f_y A_g \quad (3-77)$$

$$P_u \leq 0,75 f_u A_e \quad (3-78)$$

Dari nilai A_g yang didapat kita bisa menentukan ukuran profil baja yang digunakan. Namun pada penampang sambungan komponen struktur tarik terjadi geser sehingga perlu dilakukan pengecekan apakah struktur baja dapat menahan geser. Maka untuk mengecek geser dengan menggunakan faktor U.

Menghitung nilai U dapat dihitung dengan :

$$U = 1 - \left(\frac{x}{l} \right) \quad (3-79)$$

$$A_e = A_g U \quad (3-80)$$

Untuk penampang mengalami tekan :

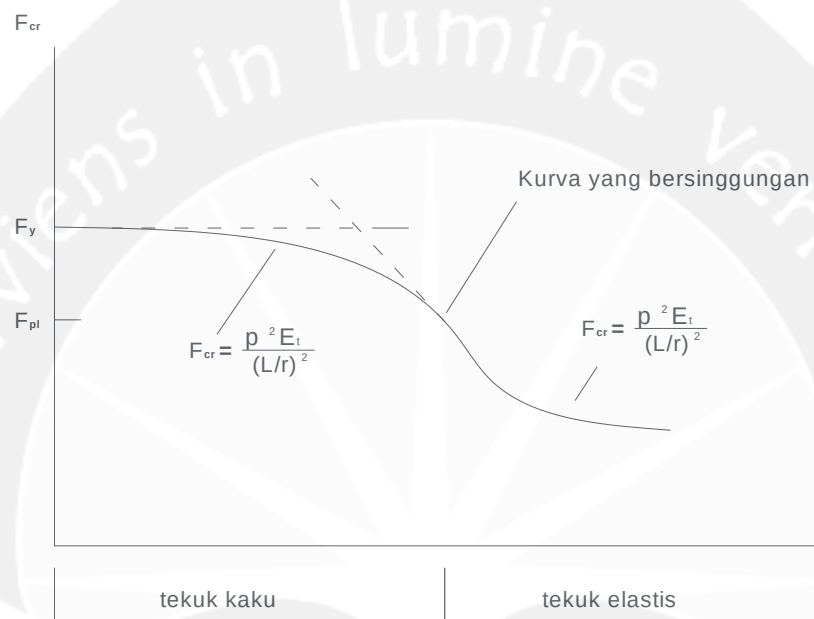
$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad (3-81)$$

dengan,

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Saat menerima beban aksial batang mengalami tekuk. Tekuk yang terjadi pada batang mengalami tekan yaitu tekuk kaku dan tekuk elastis.



Gambar 3.5 Grafik hubungan tekuk kaku dan tekuk elastis

Kelangsingan batang :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, F_{cr} = (0.658^{F_y/E_e}) F_y \quad (3-82)$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, F_{cr} = (0.877) F_e \quad (3-83)$$

dengan,

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$