

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perencanaan Pembebanan

Pembebanan dalam perencanaan bangunan gedung merupakan komponen yang penting. Kombinasi beban yang digunakan dalam perencanaan gedung ini yaitu 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Keterangan:

U = kuat perlu

D = beban mati

L = beban hidup

E_x = beban gempa (arah x)

E_y = beban gempa (arah y)

3.1.2 Kuat Rencana

Kekuatan desain rencana 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 dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari SNI 2847:2013, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ . Faktor reduksi kekuatan ϕ menurut SNI 2847:2013 dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Faktor Reduksi (ϕ) Kekuatan Desain

No	Keterangan	Faktor Reduksi (ϕ)
1	Penampang terkendali tarik	0.9
2	Penampang terkendali tekan a. Komponen struktur dengan tulangan spiral b. Komponen struktur bertulang lainnya	0.75 0.65
3	Geser dan torsi	0.75
4	Tumpuan pada beton	0.65
5	Daerah angkur pasca tarik	0.85
6	Model strat pengikat, strat, pengikat, daerah pertemuan(<i>nodal</i>), dan daerah tumpuan dalam model tersebut	0.75
7	Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman strand 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 dari	0.75 0.75 - 0,9

(Sumber: SNI 2847:2013 subpasal 9.3.2.1 – 9.3.2.7)

3.2. Perencanaan Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012

3.2.1 Penentuan S_s dan S_1

Struktur yang di rancang harus di tetapkan percepatan batuan dasar pada perioda pendek 0,2 detik (S_s) dan percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik (S_1) dengan dasar peta gerak tanah seismik. Nilai S_s dan S_1 ditentukan dari web

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

3.2.2 Menentukan Kelas Situs Tanah dan Koefisien F_a dan F_v

Wilayah yang akan di bangun struktur gedung juga berpengaruh terhadap kelas situs. Setiap wilayah memiliki klasifikasi kelas situs sendiri-sendiri dari A s.d

F (berdasarkan tabel 3 SNI 1726:2012). Dalam menentukan koefisien situs F_a yaitu berdasarkan pada nilai S_s dengan menghubungkan pada tabel 4 SNI 1726:2012. Sedangkan untuk koefisien F_v yaitu berdasarkan pada nilai S_1 dengan menghubungkan pada tabel 5 SNI 1726:2012. Dapat dilihat pada tabel 3.2 dan 3.3

Tabel 3.2 Koefisien Situs, F_a

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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 4)

Tabel 3.3 Koefisien Situs, F_v

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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 5)

3.2.3 Menentukan S_{MS} dan S_{M1}

Parameter spectrum respon percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan rumus sebagai berikut ini:

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

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

Keterangan:

S_s = Parameter *respons spectral* percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek.

S_1 = Parameter *respons spectral* percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik.

F_a = Koefisien situs sesuai dengan (SNI 1726:2012 Tabel 4)

F_v = Koefisien situs sesuai dengan (SNI 1726:2012 Tabel 5)

3.2.4 Parameter Percepatan Spektral Desain

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

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

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

3.2.5 Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Menentukan kategori resiko harus berdasarkan pada jenis pemanfaatan gedung struktur itu sendiri. Gedung yang akan di bangun meliputi gedung

perkantoran, gedung sekolah, atau gedung apartement seperti pada tabel SNI 1726:2012.

Tabel 3.4 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: - 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: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko 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 resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan	III

Tabel 3.4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
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 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	
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	IV

Tabel 3.4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 1)

3.2.6 Kategori Desain Seismik (KDS)

Struktur perlu memiliki suatu kategori desain seismik berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, baik pada perioda pendek (S_{DS}) maupun pada perioda 1 detik (S_{D1}).

Tabel 3.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek (S_{DS})

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	B
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	C
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726: 2012 Tabel 6)

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 detik (S_{D1}).

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	B
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	C
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber: SNI 1726: 2012 Tabel 7)

3.2.7 Struktur Penahan Gaya Seismik

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing masing nilai R , C_d , dan Ω_0 harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam tabel 9 SNI 1726: 2012 pada halaman 34-37.

Tabel 3.7 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan system struktur 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 ^{1/2}	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	4	2 ^{1/2}	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail	2	2 ^{1/2}	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa	1 ^{1/2}	2 ^{1/2}	1 ^{1/2}	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah	4	2 ^{1/2}	4	TB	TB	12 ^k	12 ^k	12 ^k
6. Dinding geser pracetak biasa	3	2 ^{1/2}	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2 ^{1/2}	3 ^{1/2}	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2 ^{1/4}	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2 ^{1/2}	1 ^{3/4}	TB	48	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2 ^{1/2}	1 ^{3/4}	TB	TI	TI	TI	TI
11. Dinding geser batu bata polos biasa	1 ^{1/2}	2 ^{1/2}	1 ^{1/4}	TB	TI	TI	TI	TI
12. Dinding geser batu bata prategang	1 ^{1/2}	2 ^{1/2}	1 ^{3/4}	TB	TI	TI	TI	TI
13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2 ^{1/2}	2	TB	10	TI	TI	TI
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1 ^{1/2}	2 ^{1/2}	1 ^{1/2}	TB	TI	TI	TI	TI
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6 ^{1/2}	3	4	TB	TB	20	20	20
16. Dinding rangka ringan (baja canai ringan) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6 ^{1/2}	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2 ^{1/2}	2	TB	TB	10	TI	TI

Tabel 3.7 Faktor R , C_d , Ω_o untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	R^a	Ω_o^g	C_d^b	Batasan system struktur dan batasan Tinggi struktur, $h_n(m)^c$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canai dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	$3\frac{1}{2}$	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	$3\frac{1}{4}$	2	$3\frac{1}{4}$	TB	TB	10^l	10^l	10^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	TB	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	$4\frac{1}{2}$	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
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	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	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 matrial lainnya	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	TB	TB	10	TB	TB

Tabel 3.7 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan system struktur dan batasan Tinggi struktur, $h_n(m)^c$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2 ^{1/2}	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser plat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem Rangka Pemikul Momen								
1. Rangka baja pemikul momen Khusus	8	3	5 ^{1/2}	TB	TB	48	48	30
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5 ^{1/2}	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4 ^{1/2}	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen Biasa	3 ^{1/2}	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikulmomen biasa	3	2	2 ^{1/2}	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul khusus	8	3	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5 ^{1/2}	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2 ^{1/2}	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3 ^{1/2}	3	3 ^{1/2}	10	10	10	10	10
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 ^{1/2}	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2 ^{1/2}	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2 ^{1/2}	5	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2 ^{1/2}	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2 ^{1/2}	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2 ^{1/2}	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	5 ^{1/2}	2 ^{1/2}	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2 ^{1/2}	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2 ^{1/2}	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5 ^{1/2}	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel 3.7 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan system struktur 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 ^{1/2}	5	TB	TB	TI	TI	TI
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2 ^{1/2}	6 ^{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. Rangkabaja dengan bresing konsentris khusus	6	2 ^{1/2}	5	TB	TB	10	TI	TI ^{h,k}
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6 ^{1/2}	2 ^{1/2}	5	TB	TB	48	30	30
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2 ^{1/2}	TB	48	TI	TI	TI
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3 ^{1/2}	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5 ^{1/2}	2 ^{1/2}	4 ^{1/2}	TB	TB	48	30	TI
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3 ^{1/2}	2 ^{1/2}	3	TB	TB	TI	TI	TI
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton bertulang biasa	5 ^{1/2}	2 ^{1/2}	4 ^{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 ^{1/2}	2 ^{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 ^{1/2}	1 ^{1/4}	2 ^{1/2}	10	10	10	10	10
2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	1 ^{1/4}	1 ^{1/4}	1 ^{1/4}	10	10	TI	TI ^{h,i}	TI ^{h,i}
3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	2 ^{1/2}	1 ^{1/4}	2 ^{1/2}	10	10	10	10	10
4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1 ^{1/2}	1 ^{1/4}	1 ^{1/2}	10	10	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1 ^{1/4}	1	10	TI	TI	TI	TI
6. Rangka kayu	1 ^{1/2}	1 ^{1/2}	1 ^{1/2}	10	10	10	TI	TI
H. Sistem baja tidak di detail secara khusus untuk ketahanan seismic, tidak termasuk system kolom kantilever	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

(Sumber: SNI 1726: 2012 Tabel 9)

3.2.8 Faktor Keutamaan Gempa

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 1 (SNI 1726:2012) pengaruh terhadapnya harus dilakukan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 2 (SNI 1726:2012 Hal 15). Dapat dilihat pada tabel 3.8

Tabel 3.8 Faktor Keutamaan Gempa

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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 2)

3.2.9 Periode Fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 perioda fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

1. Periode Fundamental Pendekatan minimum (T minimum)

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

Keterangan:

T_a = perioda fundamental struktur (detik)

h_n = ketinggian struktur (m)

C_t = koefisien (Tabel 3.9)

x = koefisien (Tabel 3.9)

Tabel 3.9 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 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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 15)

2. Periode Fundamental Pendekatan Maksimum (T maksimum)

$$T_{a \max} = C_u T_a \quad (3-24)$$

Tabel 3.10 Koefisien untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung

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

(Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 14)

3.2.10 Koefisien Respons GempaKoefisien respons seismik (C_s) ditentukan melalui persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3-25)$$

Keterangan:

 S_{Ds} = parameter percepatan spektrum respons pada periode 1,0 detik R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Selanjutnya, nilai C_s tidak boleh melebihi persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3-26)$$

C_s harus tidak kurang dari persamaan berikut :

$$C_{s \min} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3-27)$$

Apabila $S_1 \geq 0,6$ g, maka C_s harus tidak kurang dari hasil persamaan berikut:

$$C_{s \min} = \frac{0,5 S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3-28)$$

Digunakan C_s terkecil

Keterangan:

S_{D1} = Parameter percepatan spektrum respon desain pada periode sebesar 1,0 detik

T = Perioda fundamental struktur (detik)

S_1 = Parameter percepatan spektrum respons maksimum

3.2.11 Gaya Geser Gempa

Gaya geser gempa (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan dengan persamaan berikut:

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

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

3.2.12 Distribusi Beban Lateral Pada Setiap Lantai

Distribusi beban lateral per lantai (F_x) dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} V \quad (3-30)$$

Dengan nilai C_{vx} adalah

$$C_{vx} = \sum_{i=1}^n \frac{w_x h_x^k}{w_i h_i^k} \quad (3-31)$$

Struktur yang mempunyai periode $\leq 0,5$ detik, $k=1$. $k=2$, untuk struktur yang mempunyai periode $\geq 2,5$ detik. 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 dengan persamaan dibawah ini.

$$k = 0,5T + 0,75 \quad (3-32)$$

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

T = periode

3.3. Perencanaan Elemen Struktur

3.3.1 Perencanaan Pelat

Terdapat dua jenis pelat yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah

1. Pelat satu arah

Struktur pelat satu arah, yaitu pelat yang didukung pada ke dua tepi yang berhadapan, sehingga lenturan yang timbul hanya dalam satu arah saja.

2. Pelat dua arah

Struktur pelat dua arah, yaitu pelat didukung pada ke empat tepinya sedemikian rupa, sehingga lenturan yang timbul dalam dua arah.

Bila $L_y/L_x < 2$ menggunakan tabel ;

Bila $L_y/L_x \geq 2$ maka dapat dihitung dengan dianggap sebagai pelat dua arah atau dianggap sebagai struktur pelat satu arah dengan lentur utama pada arah sisi yang terpendek.

3.3.1.1 Pelat Satu Arah

Pelat merupakan elemen struktur bangunan yang secara langsung memikul beban hidup dan mati. Berikut langkah perencanaan pelat :

1. Panjang bentang

a. Komponen struktur tidak menyatu dengan struktur pendukung, panjang bentang = bentang bersih + tinggi komponen struktur, dengan nilai maksimum jarak pusat ke pusat komponen struktur pendukung.

b. Dalam analisis untuk menentukan momen pada rangka atau struktur menerus, panjang bentang diambil jarak pusat ke pusat komponen struktur pendukung.

c. Pelat yang bentang bersihnya tidak lebih dari 3 dan menyatu dengan struktur pendukung, dapat dianalisis sebagai pelat menerus di atas banyak tumpuan dengan jarak sebesar bentang bersih pelat.

2. Tinggi minimum pelat

Tinggi minimum pelat dapat dihitung berdasarkan pasal 9.5.2.2 SNI 2847:2013

Tabel 3.11 Tebal Minimum Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Tebal minimum, h				
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen Struktur	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
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 dengan mutu 420 Mpa. - Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut: - Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (w_c) di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 - Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $0,4 + f_y/700$				

(Sumber: SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a))

3. Tulangan utama dan suhu

Pemasangan tulangan pada pelat satu arah harus sesuai dengan aturan sebagai berikut:

- a. Tulangan lenturnya (tulangan utama) hanya terpasang dalam satu arah saja.
- b. Tulangan susut dan suhu yang arahnya tegak lurus tulangan lenturnya.
- c. Berdasarkan pasal 7.12.2.1 SNI 2847:2013, rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton merupakan syarat luas tulangan susut dan suhu dan tulangan utama minimum. Syarat rasio tulangan:
 - Tulangan $f_y = 280$ MPa atau 350 MPa, $A_{s,min} = 0,0020 bh$
 - Tulangan $f_y = 420$ MPa, $A_{s,min} = 0,0018 bh$
 - Tulangan $f_y > 420$ MPa, $A_{s,min} = 0,0018 \left(\frac{420}{f_y} \right) bh \geq 0,0014 bh$
- d. Syarat spasi untuk tulangan utama maupun tulangan susut dan suhu adalah sebagai berikut:

- 1) Tulangan utama, spasi dipilih nilai yang terkecil dari syarat dibawah ini:

- $s \leq 3h$ (h = tebal pelat) (3-33)

- $s \leq 450$ mm

- $s_s \leq 380 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$ (3-34)

- $s \leq 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right)$ (3-35)

catatan $= f_s = \frac{2}{3} f_y$

- 2) Tulangan susut dan suhu, spasi dipilih nilai yang paling kecil dari syarat dibawah ini:

$$s \leq 5h \text{ (} h \text{ = tebal pelat)} \quad (3-36)$$

$$s \leq 450 \text{ mm} \quad (3-37)$$

3.3.1.2 Pelat Dua Arah

Pasal 9.5.3.2 SNI 2847:2013 menjelaskan bahwa pelat dengan nilai perbandingan antara bentan panjang terhadap bentang pendek tidak lebih dari 2, maka ditetapkan sebagai pelat dua arah dan nilai tebal minimum pelat harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Untuk pelat tanpa panel drop harus lebih besar dari 125 mm
2. Untuk pelat dengan panel drop harus lebih besar dari 100 mm
3. Dapat dilihat pada Tabel 3.12

Tabel 3.12 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, f_y MPa	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/35$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$
Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain Untuk f_y antara lain yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier Panel drop didefinisikan pada pasal 13.2.5 Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_{fm} untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0.8						

(Sumber: SNI 2847:2013 Tabel 9.5(c))

Untuk pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimum h ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0.2, harus memenuhi Tabel 3.
2. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0.2 tapi tidak lebih dari 2.0 h tidak boleh kurang dari persamaan berikut:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (3-38)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

3. Untuk α_{fm} lebih besar 2.0, ketebalan pelat minimum ditentukan dengan persamaan berikut:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \quad (3-39)$$

dan tidak kurang dari 90 mm

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_{ft} tidak kurang dari 0.8 atau sebagai alternative ketebalan minimum yang ditentukan pers (3-38) dan (3-39) harus dinaikan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

3.3.2 Perancangan Tangga

Beberapa langkah yang dilakukan dalam merancang tangga adalah :

3.3.2.1 Menentukan Dimensi Tangga

Hal-hal yang diperhatikan dalam merencanakan ruang tangga, antara lain lebar bordes, tinggi optrede (O) antara 150 – 200 mm, antrede (A) antara 280 – 300 mm.

Jumlah anak tangga
$$n_{tg} = \frac{h_{lt}}{O} \quad (3-40)$$

Lebar tangga

$$L_{tg} = \left(\frac{h_{lt}}{2O} - 1 \right) A \quad (3-41)$$

Sudut kemiringan tangga
$$\alpha = \tan^{-1} \frac{O}{A} \quad (3-42)$$

Keterangan:

h_{lt} = tinggi lantai

O = optrede

A = antrede

n_{tg} = jumlah anak tangga

L_{tg} = lebar tangga

3.3.2.2 Merencanakan Beban Tangga

Beban tangga dapat berupa beban gravitasi, antara lain beban hidup dan beban mati. Tebal pelat tangga mempengaruhi beban mati yang bekerja pada tangga

3.3.2.3 Perhitungan Tulangan Tangga

Perhitungan tulangan pada tangga mencakup tulangan memanjang dan tulangan susut dan suhu.

$$M_u = 1,4 M_{DL} \quad (3-43)$$

$$M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} \quad (3-44)$$

Dari dua kombinasi diatas dipilih kombinasi yang besar sebagai M_{ur}

$$V_u = 1,4 V_{DL} \quad (3-45)$$

$$V_u = 1,2 V_{DL} + 1,6 V_{LL} \quad (3-46)$$

Dari dua kombinasi diatas dipilih kombinasi yang terbesar sebagai V_{ur}

Setelah M_{ur} diperoleh maka dapat diketahui luas tulangan tangga, kemudian untuk mengecek ketebalan tangga digunakan perbandingan dari $V_c \geq V_{ur}$.

Apabila $V_c \leq V_{ur}$ maka ketebalan tangga perlu diperbesar.

3.3.3 Perancangan Balok

Perlu diperhatikan beberapa langkah dalam merancang balok. Adapun langkah-langkah perancangan balok adalah sebagai berikut:

1. Menentukan f'_c dan f_y tulangan baja dan dimensi yang digunakan.
2. M_u yang digunakan hasil dari bantuan program *ETABS*
3. Menentukan d_{asumsi}

4. Menghitung nilai R_n
5. Menghitung ρ_{perlu} yang dipakai sesuai dengan syarat $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$
6. Menghitung A_s dan jumlah tulangan
7. Cek jarak bersih antar tulangan, menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.1, jarak bersih antar tulangan sejajar harus lebih besar dari 25 mm
8. Menghitung d_{aktual} dan $A_{s \text{ aktual}}$
9. Menghitung a , c , dan ε_t
10. Menghitung ϕM_n

3.3.3.1 Tulangan Longitudinal

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

$$R_{n\text{perlu}} = \frac{M_{\text{ubaru}}}{0,9b_w d^2} \quad (3-47)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,8 f' c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,8 f' c}} \right) \quad (3-48)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3-49)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \sqrt{f' c}}{f_y} \quad (3-50)$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1 rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi 0,025.

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_{s\text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b_w \times d \quad (3-51)$$

Jumlah tulangan yang diperlukan

$$n = \frac{A_{s\text{ perlu}}}{\text{luas 1 tulangan}} \text{ (pembulatan keatas)} \quad (3-52)$$

Menentukan a dan c =

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b_w} \quad (3-53)$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} \quad (3-54)$$

Dimana untuk $f'_c > 28$ MPa, β_1 menggunakan persamaan dibawah:

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05}{7} (f'_c - 28) \quad (3-55)$$

Menghitung ε_t =

$$\varepsilon_t = 0,003 \left(\frac{d_t - c}{c} \right) \quad (3-56)$$

Memeriksa syarat ϕM_n (momen desain) $\geq M_u$ (momen terfaktor)

3.3.3.2 Tulangan Geser

Menurut pasal 21.5.4.1 SNI 2847:2013, 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

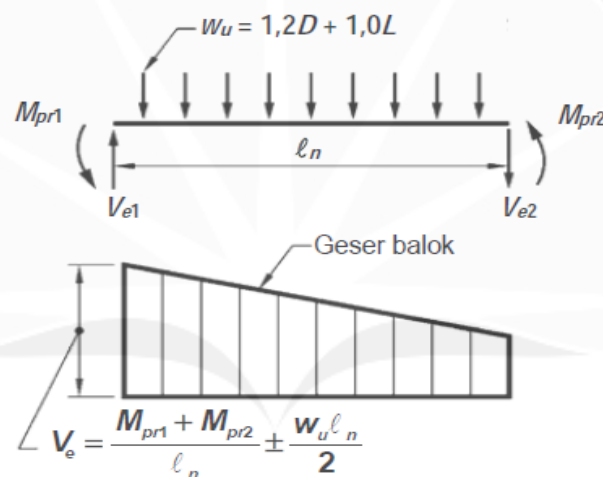
bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributary terfaktor sepanjang bentangnya.

Nilai kuat lentur maksimum tulangan:

$$M_{pr} = A_s 1,25 f_y \left(d - 0,59 \frac{A_s 1,25 f_y}{f'_c b_w} \right) \quad (3-57)$$

Gaya geser akibat gempa dihitung dengan persamaan:

$$V_e = \frac{M_{pr1} M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2} \quad (3-58)$$



Gambar 3.1 Gaya Geser Desain
(Sumber: SNI 2847:2013 gambar S21.5.4)

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 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 :

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'c}b_wd \quad (3-59)$$

Dengan $\lambda = 1$ untuk beton normal.

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

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3-60)$$

Dengan nilai V_s maksimal:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3}\sqrt{f'c}b_wd \quad (3-61)$$

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

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (3-62)$$

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 syarat dibawah ini :

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

Berdasarkan 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 $\leq d/2$ pada komponen struktur.

3.3.4 Perancangan Kolom

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

$$\phi P_{n maks} = 0,8 \phi [0,85 f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3-63)$$

Dengan nilai $\phi = 0,65$

3.3.4.1 Kelangsingan Kolom

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

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22 \quad (3-64)$$

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

r = radius girasi suatu penampang komponen struktur tekan

l_u = panjang bersih komponen struktur tekan

3.3.4.2 Kuat Lentur

Dalam perancangan kolom, kuat lentur yang dirancang harus memiliki kekuatan untuk menahan momen balok yang bekerja pada kedua arah. Momen minimum dirancang 20% lebih besar daripada momen balok disuatu hubungan balok kolom untuk mencegah terjadinya lleh pada kolom yang pada dasarnya didesain sebagai komponen pemikul beban lateral. Pada pasal 21.6.2.2 SNI 2847:2013, terdapat persamaan:

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb} \quad (3-65)$$

Keterangan:

$\sum M_{nc}$ = 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.

3.3.4.3 Gaya Geser Rencana

Menurut pasal 21.5.4.1 SNI 2847:2013, gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka joint. Maka V_e harus ditentukan dari kuat momen maksimum M_{pr} dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu balok dan kolom.

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

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-66)$$

Dimana V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n adalah kekuatan geser nominal yang dihitung dengan:

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-67)$$

Keterangan:

V_c = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton

V_s = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser

Sesuai dengan 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:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-68)$$

dan

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (3-69)$$

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

3.3.4.4 Tulangan Tranversal Kolom

Untuk menjamin daktilitas apabila terjadi pembentukan sendi plastis, maka ujung-ujung kolom perlu cukup pengekangan. Tulangan transversal juga diperlukan untuk mencegah kegagalan geser.

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

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s_{bc} f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3-70)$$

$$A_{sh} = 0,9 \frac{s_{bc} f'_c}{f_{yt}} \quad (3-71)$$

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

$$c. s_0 = 100 + \frac{350 - h_x}{3} \quad (3-72)$$

dengan nilai s_0 tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.