

BAB III

LANDASAN TEORI

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

3.1.1 Gempa Rencana, Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewat sebesar 2 persen selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen. Akibat pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung sesuai Tabel 1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan e menurut Tabel 2.

Tabel 3. 1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori Resiko
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, perternakan, dan perikanan -Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I

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

Jenis pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko 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 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air 	III

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

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

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

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

(Sumber: SNI 1726:2012, tabel 1)

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, tabel 2)

3.1.2 Spectrum Respons

Spectrum Respons desain ditunjukkan dalam gambar 3.1 dengan mengikuti ketentuan di bawah ini:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , Spectrum respons percepatan desain S_a harus diambil dari persamaan (3-1)

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

2. Untuk perioda yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain S_a , sama dengan S_{DS} .
3. Untuk Perioda lebih besar dari T_s , spectrum respons percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan (3-2)

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

Keterangan :

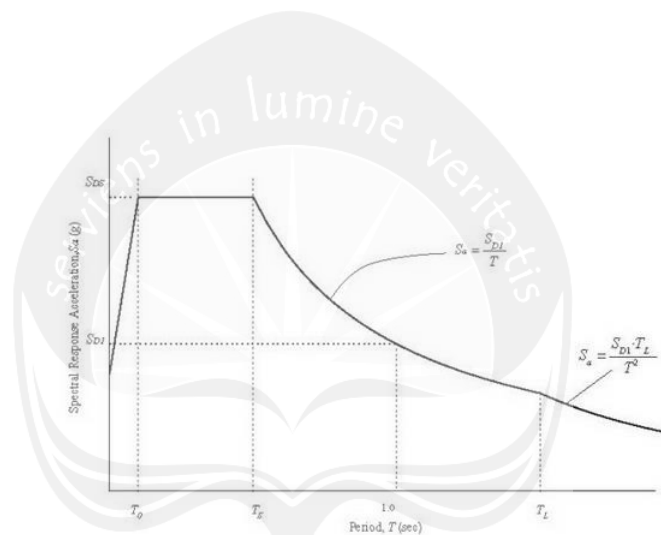
S_{DS} = Parameter respons spectral percepatan desain pada perioda pendek

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

T = Perioda getar fundamental struktur

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

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



Gambar 3. 1 Spectrum Respons Percepatan

(Sumber SNI 1726:2012, gambar 1)

Parameter percepatan spectral desain ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

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

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

Sedangkan nilai S_{MS} dan S_{M1} ditentukan dengan perumusan sebagai berikut

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

$$S_{DI} = F_V \cdot S_I \quad (3-6)$$

Keterangan:

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

S_1 = parameter respons spectral percepatan gempa MCE_R terpasang untuk perioda 1,0 detik

Koefisien situs faktor implikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek, F_a dan faktor implikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik, F_V dapat dilihat pada tabel 3.3 dan 3.4.

Tabel 3. 3 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
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. 4 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Periode 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)

Catatan :

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

Berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1} yang sudah ditentukan maka struktur dapat ditetapkan dalam salah satu kategori desain seismik, sesuai tabel 3.5 dan 3.6.

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
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2012, tabel 6)

Tabel 3. 6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

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

(Sumber: SNI 1726:2012, tabel 7)

3.1.3 Periode Fundamental Pendekatan

Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut: $T_a = C_t h_n^x$

Tabel 3. 7 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 dekenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

(Sumber: SNI 1726:2012, tabel 15)

Tabel 3. 8 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

	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)

3.1.4 Struktur Penahan Gaya Seismik

Sistem struktur penahan gaya seismik ditentukan oleh parameter berikut ini:

4. Faktor koefisien modifikasi respons (R)
5. Faktor kuat lebih sistem (Cd)
6. Faktor pembesaran defleksi (Ω_0)
7. Faktor batasan tinggi sistem struktur

Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.9

Tabel 3. 9 Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Faktor Kuat Lebih Sistem, Faktor Pembesaran Defleksi, dan Batasan Tinggi Sistem Struktur

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih system, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5 ½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka batang baja pemikul momen khusus	4 ½	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen menengah	3 ½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka baja pemikul momen biasa	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI

Tabel 3.9 Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Faktor Kuat Lebih Sistem, Faktor Pembesaran Defleksi, dan Batasan Tinggi Sistem Struktur (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih system, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5 ½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3 ½	3 ^o	3 ½	10	10	10	10	10

(Sumber: SNI 1726:2012. Tabel 9)

3.1.5 Kombinasi Beban

1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1.2 D + 1.6 L$
3. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L \pm \rho Ex \pm 0,3 \rho Ey$
4. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L \pm 0,3 \rho Ex \pm \rho Ey$
5. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D \pm \rho Ex \pm 0,3 \rho Ey$
6. $U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D \pm 0,3 \rho Ex \pm \rho Ey$
7. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho Ex + \rho Ey$
8. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - 0,3 \rho Ex + \rho Ey$
9. $U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho Ex - \rho Ey$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Keterangan :

D = Beban mati (*dead load*)

L = Beban hidup (*live load*)

L_r = Beban hidup pada atap (*roof live load*)

R = Beban air hujan (*rain load*)

W = Beban angin (*wind load*)

E = Beban gempa (*earthquake load*)

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

ρ = Faktor redundansi

3.2 Analisis Beban Lateral

SNI 1726:2012 memberikan tiga prosedur analisis yang dapat digunakan yaitu:

1. Analisis Gaya Lateral Ekuivalen
2. Analisis Spektrum Respons Ragam

3. Prosedur Riwayat Respons Seismik

Penentuan pemilihan prosedur analisis beban lateral untuk desain seismik ditentukan berdasarkan kategori desain seismik dan karakteristik struktur (SNI 1726:2012 Pasal 7.6 tabel 13).

3.2.1 Geser Dasar Seismik

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

$$V = C_s W \quad (3-8)$$

Keterangan :

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

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

3.2.2 Periode Fundamental Struktur

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

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-9)$$

Keterangan :

h_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari SNI 1726:2012 tabel 15.

3.3 Kategori Desain Seismik (KDS)

Kategori Desain Seismik merupakan parameter utama yang menentukan berbagai persyaratan desain terhadap gempa yang ditetapkan berdasarkan Kategori Resiko dan tingkat kekuatan gerakan tanah. Kategori desain seismik menentukan hal-hal berikut pada perencanaan struktur : (Imran, 2013).

1. Sistem struktur penahan gempa yang boleh digunakan.
2. Konfigurasi horizontal dan vertikal.
3. Komponen struktur yang harus didesain terhadap gaya gempa.
4. Jenis analisis lateral yang boleh digunakan

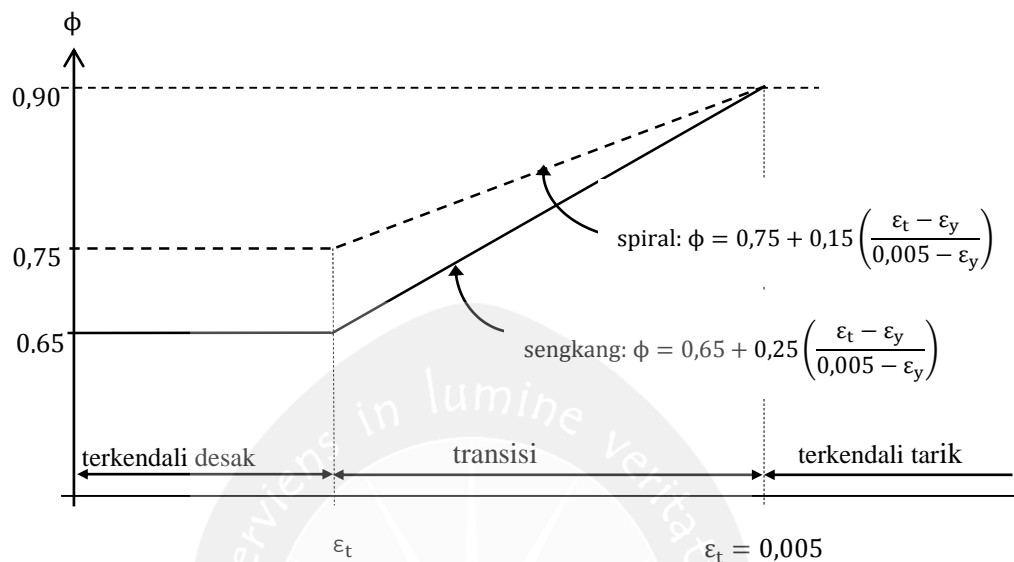
3.4 Provisi Keamanan

Struktur dan komponen struktur harus didesain agar mempunyai kekuatan disemua penampang paling sedikit sama dengan kekuatan perlu yang dihitung untuk beban dan gaya terfaktor. Komponen struktur aman apabila memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. $\phi R_n \geq U$
- b. ϕM_n (Kuat momen desain) $\geq M_u$ (Momen terfaktor)
- c. ϕV_n (Kuat momen desain) $\geq V_u$ (Gaya geser terfaktor)
- d. ϕP_n (Kuat aksial desain) $\geq M_u$ (Gaya aksial terfaktor)

Kekuatan nominal (R_n) merupakan komponen struktur penampang yang dihitung sesuai dengan ketentuan dan asumsi metode desain kekuatan standar ini sebelum penerapan faktor reduksi kekuatan. Kekuatan desain (ϕR_n) merupakan kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan. Sedangkan kekuatan perlu adalah kekuatan komponen struktur atau penampang yang

diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam terkait dalam kombinasi standar ini.



3.5 Asumsi – Asumsi Dasar

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.2, mengatur beberapa asumsi – asumsi dasar yang dapat dilihat sebagai berikut :

1. Kekuatan komponen – komponen struktur harus berdasarkan hitungan yang memenuhi syarat keseimbangan dan kompatibilitas regangan.
2. Azas Bernoulli, tampang balok tetap rata sebelum dan sesudah mengalami lenturan dan tegak lurus sumbu netral balok, sehingga regangan beton maupun baja tulangan dianggap terdistribusi linier dan berbanding lurus dengan jarak terhadap sumbu/garis netral.
3. Regangan beton desak maksimum pada serat terluar $\epsilon_u = 0,003$.
4. Kuat tarik beton diabaikan.
5. Nilai tegangan pada baja tulangan

- a. Bila $\varepsilon_s < \varepsilon_y$, maka $f_s = E_s$
 - b. Bila $\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$, maka $f_s = f_y$
6. Nilai modulus elastisitas baja tulangan non prategang E_s dapat diambil 200.000 MPa.
 7. Distribusi tegangan beton desak $0,85 f'_c$ dianggap terbagi rata pada jarak $a = \beta_1 c$ dari serat terluar beton desak dengan regangan maksimum $\varepsilon_u = 0,003$.
 - a. untuk $17 \leq f'_c \leq 28$ MPa, maka $\beta_1 = 0,85$
 - b. untuk $f'_c > 28$ MPa, maka $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \geq 0,65$

3.6 Perancangan Pelat dan Tangga

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

3.7 Balok

3.6.1 Definisi Balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur : SNI 2847-2013 pasal 21.5 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memenuhi hal-hal berikut :

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u tidak boleh melebihi $A_g f'_c / 10$.

2. Bentang bersih komponen struktur, l_n tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Lebar komponen, b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm.

3.6.2 Tulangan Longitudinal

SNI 2847-2013 pasal 21.5.2 mensyaratkan bahwa :

1. Jumlah tulangan atas maupun tulangan bawah tidak boleh kurang dari :

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (3-10)$$

Tetapi tidak boleh lebih kecil dari :

$$A_{s,\min} = \frac{1,4b_w d}{f_y} \quad (3-11)$$

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

2. Kekuatan momen positif pada muka *joint* tidak boleh kurang dari setengah kekuatan momen negatif pada muka *joint* tersebut. Baik kekuatan momen positif maupun negatif sepanjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum pada salah satu *joint*.

3.6.3 Tulangan Transversal

Sengkang tertutup harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka berikut :

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

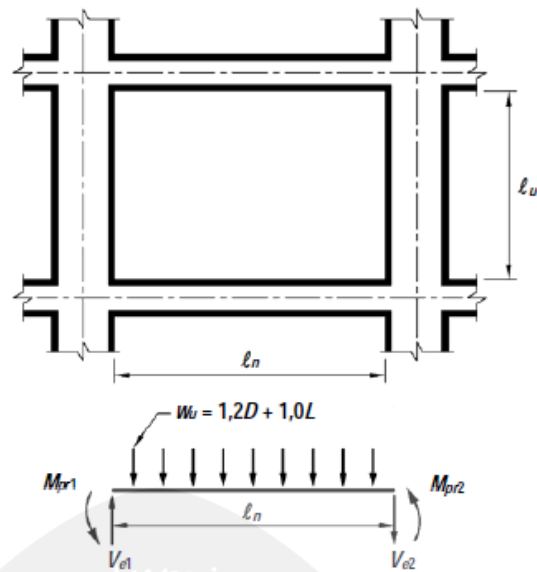
Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu, dengan spasi sengkang, s tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

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

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

3.6.4 Kekuatan Geser

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



Gambar 3. 2 Geser desain untuk balok
(Sumber SNI 2847:2013 gambar S21.5.4)

Keterangan :

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

P_u = Gaya aksial terfaktor

V_c = Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton

V_e = Gaya geser desain

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

l_n = Bentang bersih

3.7 Kolom

3.7.1 Definisi Kolom

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh kolom yang didesain untuk SRPMK menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6 :

1. Gaya tekan aksial terfaktor tidak boleh kurang dari $A_g f'_c / 10$.
2. Dimensi penampang terpendek diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri tidak boleh kurang dari 300 mm.
3. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

3.7.2 Kuat Lentur

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.2.2 :

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (3-12)$$

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 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.

3.7.3 Tulangan Memanjang

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

3.7.4 Tulangan Transversal

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

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

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

1. Seperempat dimensi komponen struktur minimum
2. 6 kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil

$$3. \quad s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (3-13)$$

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

Jumlah tulangan transversal ditentukan sebagai berikut :

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

$$\rho_s = 0,12 \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right) \quad (3-14)$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (3-15)$$

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

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \left\{ \left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right\} \quad (3-16)$$

$$A_{sh} = 0,09 \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \right) \quad (3-17)$$

3.7.5 Persyaratan Kekuatan Geser

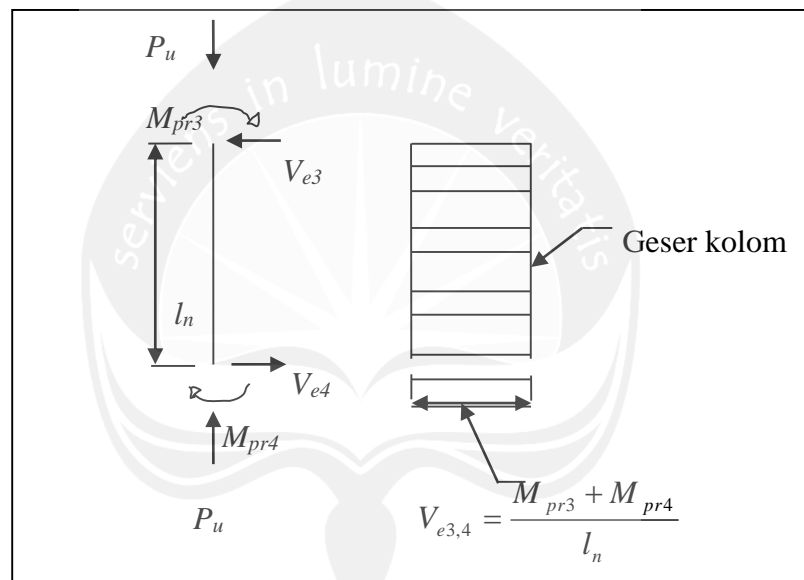
Gaya geser desain, V_e harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dihasilkan di muka-muka pertemuan-pertemuan (*joints*) di setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin, M_{pr} di setiap ujung komponen struktur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

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

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

Jika harus dihitung, maka :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-18)$$



Gambar 3. 3 Geser desain untuk kolom
(sumber SNI 2847-2013 gambar S21.5.4)

Keterangan :

- A_{st} = Luas total tulangan longitudinal non-prategang
- A_{sh} = Luas penampang total tulangan transversal
- h_x = Spasi horizontal kait silang atau kaki sengkang tertutup (*hoop*) pusat ke pusat maksimum pada semua muka kolom
- N_u = Gaya aksial terfaktor tegak lurus penampang yang terjadi serentak dengan V_u atau T_u , diambil sebagai positif untuk tekan dan negative untuk tarik.

3.8 Joint Rangka Momen Khusus

1. Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal di muka joint harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur $1,25f_y$.
2. Bila tulangan balok longitudinal menerus melalui joint balok-kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar.
3. V_n tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari nilai :

- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka,

$$V_n = 1,7\sqrt{f'_c} \cdot A_j \quad (3-19)$$

- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan,

$$V_n = 1,2\sqrt{f'_c} \cdot A_j \quad (3-20)$$

- Untuk kasus-kasus lainnya,

$$V_n = 1,0\sqrt{f'_c} \cdot A_j \quad (3-21)$$

Keterangan :

V_n = Kekuatan geser nominal

A_j = Luas penampang efektif pada joint