

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Analisis Pembebanan

Pembebanan yang digunakan dalam perhitungan perancangan adalah kombinasi dari beban hidup, beban mati, dan beban gempa.

3.2.1 Kuat perlu

Kuat perlu adalah suatu komponen yang diperlukan untuk mampu melayani beban terfaktor yang bekerja pada komponen struktur tersebut. Berikut kombinasi kuat perlu berdasarkan pembebanan menurut (SNI 2847:2019) dan tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726-2019) :

$$U1 = 1,4 DL \quad (3-1)$$

$$U2 = 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 Lr \quad (3-2)$$

$$U2 = 1,2 DL + 1,6 DL + 0,5 R \quad (3-3)$$

$$U3 = 1,2 DL + 1,6 Lr + 1 LL \quad (3-4)$$

$$U3 = 1,2 DL + 1,6 Lr + 1,0 LL \quad (3-5)$$

$$U3 = 1,2 DL + 1,6 Lr + 0,5 W \quad (3-6)$$

$$U4 = 1,2 DL + 1,0 W + 1,0 LL + 0,5 Lr \quad (3-7)$$

$$U4 = 1,2 DL + 1,0 W + 1,0 LL + 0,5 R \quad (3-8)$$

$$U5x = 1,31 DL + 1,3 EqdX + 0,39 EqdY + 1 LL \quad (3-9)$$

$$U5x = 1,31 DL + 1,3 EqdX - 0,39 EqdY + 1 LL \quad (3-10)$$

$$U5x = 1,31 DL - 1,3 EqdX + 0,39 EqdY + 1 LL \quad (3-11)$$

$$U5x = 1,31 DL - 1,3 EqdX - 0,39 EqdX + 1 LL \quad (3-12)$$

$$U5y = 1,31 DL + 0,39 EqdX + 1,3 EqdY + 1 LL \quad (3-13)$$

$$U5y = 1,31 DL + 0,39 EqdX - 1,3 EqdY + 1 LL \quad (3-14)$$

$$U5y = 1,31 DL - 0,39 EqdX + 1,3 EqdY + 1 LL \quad (3-15)$$

$$U5y = 1,31 DL - 0,39 EqdX - 1,3 EqdY + 1 LL \quad (3-16)$$

$$U6 = 0,9 DL + 1,0 W \quad (3-17)$$

$$U7x = 0,79 DL + 1,3 EqdX + 0,39 EqdY \quad (3-18)$$

$$U7x = 0,79 DL + 1,3 EqdX - 0,39 EqdY \quad (3-19)$$

$$U7x = 0,79 DL - 1,3 EqdX + 0,39 EqdY \quad (3-20)$$

$$U7x = 0,79 DL - 1,3 EqdX - 0,39 EqdY \quad (3-21)$$

$$U7y = 0,79 DL + 0,39 EqdX + 1,3 EqdY \quad (3-22)$$

$$U7y = 0,79 DL + 0,39 EqdX - 1,3 EqdY \quad (3-23)$$

$$U7y = 0,79 DL - 0,39 EqdX + 1,3 EqdY \quad (3-24)$$

$$U7y = 0,79 DL - 0,39 EqdX - 1,3 EqdY \quad (3-25)$$

Keterangan:

<i>U</i>	= Kuat perlu
<i>D</i>	= Beban mati
<i>L</i>	= Beban hidup
<i>SDs</i>	= parameter percepatan respon desain pada periode pendek
ρ	= faktor redundansi
<i>EqdX</i>	= beban gempa arah horizontal
<i>EqdY</i>	= beban gempa arah vertical

Keterangan:

Pengecualian faktor beban untuk *L* pada kombinasi 3 sampai dengan 10 boleh diambil sama dengan 0,5 kecuali untuk garasi, ruang pertemuan, dan semua ruangan yang nilai beban hidupnya lebih besar daripada 500 kg/m²

E = Beban gempa

3.2.2 Kuat rencana

Kuar rencana adalah suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban nominal, geser, torsi, kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi standar dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ . Nilai ϕ dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Faktor Reduksi Kekuatan

No	Keterangan	ϕ
1.	Penampang terkendali tarik	0,9
2.	Penampang terkendali tekan	0,75
	a. Komponen struktur dengan tulangan spiral	0,65
	b. Komponen struktur bertulang lainnya	
3.	Geser dan torsi	0,75
4.	Tumpuan pada beton	0,65
5.	Daerah angkur pasca tarik	0,85
6.	Model strat dan pengikat, strat, pengikan, daerah pertemuan, dan daerah tumpukan model	0,75
7.	Penampang lentur komponen struktur pra tarik	0,75
	a. Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang	

	transfer b. Daru ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran \emptyset boleh ditingkatkan secara linier dari	0,75 sampai 0,9
--	--	-----------------

3.2 Perencanaan Beban Gempa

Gempa adalah getaran yang mengakibatkan struktur mengalami getaran yang bersumber dari lapisan tanah yang didudukinya. Getaran dialami bangunan terjadi secara acak dan dalam berbagai arah yang mengakibatkan sebuah struktur kemungkinan akan mengalami resiko kerusakan. Dalam perancangan suatu bangunan, ditetapkan pedoman atau standar yang harus dipenuhi oleh bangunan agar mampu menahan beban yang terjadi akibat gempa. Berikut pedoman atau syarat untuk struktur bangunan tahan gempa.

3.2.1 Kategori resiko struktur bangunan

Kategori resiko bangunan gedung didefinisikan berdasarkan SNI 1726:2019 adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Kategori Risiko

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	

<p>perikanan</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat pembelian - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion 	

- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan 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 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 resiko IV, (termasuk, tapi 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

III

<p>bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahan yang melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang bawenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan – bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedan dan unit 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 energy dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat 	<p>IV</p>

Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori resiko IV.	
---	--

3.2.2 Faktor keutamaan struktur bangunan

Pengaruh gempa rencana dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e .

Tabel 3.3 Faktor Keutamaan Gempa

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

3.2.3 Klasifikasi situs

Klasifikasi situs digunakan sebagai acuan kriteria desain seismik terdiri dari nilai-nilai faktor amplifikasi pada bangunan. ditetapkan sesuai definisi pasal-pasal berikut.

Tabel 3.4 Kelas Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{eh}	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)	350mpai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan kateristik sebagai berikut :		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. indeks plastisitas 20, 2. kadar air, $w \geq 40\%$ 3. kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : <ul style="list-style-type: none"> - rawan dan berpontensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah lakuifaksi, lempung 		

geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik situs)	<p>sangat sensitive, tanah tersementasi lemah</p> <ul style="list-style-type: none"> - lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan $H > 3\text{m}$) - lempung berpasitisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5\text{ m}$ dengan indeks plastisitasi $PI > 75$) <p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35\text{ m}$ dengan $S_u < 50\text{ kPa}$</p>
--	--

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

3.2.4 Koefisiensi situs

Koefisien situs adalah respon spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko target (MCE_R). Koefisien situs ditentukan menggunakan tabel berikut.

Tabel 3.5 Koefisien Situs

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
S_A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
S_B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

S _C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
S _D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
S _E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
S _F	SS _a				

CATATAN:

- Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs – spesifik

Tabel 3.6 Koefisien Situs (Lanjutan)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE _R terpetakan pada perioda pendek, T = 1 detik, S ₁				
	S _s ≤ 0,3	S _s = 0,2	S _s = 0,3	S _s = 0,4	S _s ≥ 0,5
S _A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
S _B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S _C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
S _D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5

S_E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
S_F	SS_b				

CATATAN:

- Untuk nilai-nilai antara S_i dapat dilakukan interpolasi linier
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Ditentukan menggunakan persamaan:

$$SMS = Fa SS$$

$$SM1 = Fa S1$$

Keterangan:

SS = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek;

$S1$ = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik

3.2.5 Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek SDS dan pada periode 1 detik, $SD1$, harus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$SDS = \frac{2}{3} SMS \quad (3-19)$$

$$SD1 = \frac{2}{3} SM1 \quad (3-20)$$

Keterangan:

SDS = parameter percepatan spektrum respon desain pada periode pendek.

SMS = parameter percepatan spektrum pada periode pendek.

3.2.6 Kategori desain seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang ditentukan berdasarkan tabel seismik dibawah ini, dimana kategori yang diambil merupakan nilai yang terberat dari kedua tabel tersebut.

Tabel 3.7 KDS Berdasarkan SDS

Nilai SDS	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS < 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS < 0,50$	C	D
$0,50 \leq SDS$	D	D

Tabel 3.8 KDS Berdasarkan SD1

SD1	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SDS < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SDS < 0,20$	C	D

$0,20 \leq SDS$	D	D
-----------------	---	---

Jika $S1 > 0,75$ maka bangunan termasuk KDS E (untuk kategori resiko I, II, III) dan KDS F (untuk kategori IV)

Jika $S1 \leq 0,04$ g dan $Ss \leq 0,15$ g maka bangunan termasuk KDS A

3.2.7 Menentukan faktor keutamaan I_E

Tabel 3.9 Faktor Keutamaan I_E

Kategori Resiko	Faktor Utama Gempa, I_E
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

3.2.8 Menentukan periode fundamental (T)

Koefisien C_u ditentukan Tabel 3.11 dan untuk nilai koefisien C_t dan x ditentukan dengan tabel 3.10

$$T_a = C_t \times h_x \quad (3-21)$$

H adalah ketinggian struktur (dalam m)

Tabel 3.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	X

System rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya-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 system lainnya	0,0488	0,75

Tabel 3.11 Koefisien Batas Atas Pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, SD1	Koefisien Cu
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

3.3 Perencanaan Struktur

Perencanaan struktur meliputi balok, kolom, pelat lantai, tangga dan fondasi. Perencanaan struktur berdasarkan pada SNI 2847-2019.

3.3.1 Perencanaan pelat

Perencanaan tulangan struktur bangunan yang dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Perencanaan pelat dengan tulangan satu arah (pelat satu arah/ *one way slab*),
2. Perencanaan pelat dengan tulangan dua arah (pelat dua arah/ *two way slab*).

a. Pelat satu arah

Pelat satu arah merupakan pelat yang ditumpu menahan beban sehingga pelat akan mengalami lendutan pada bentang satu arah saja. Untuk menghitung momen terfaktor dan kebutuhan tulangan untuk pelat satu arah, dapat menggunakan rumus atau dengan analisis tampang.

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (3-22)$$

$$M_n = C_c \cdot Z = T_s \cdot Z \quad (3-23)$$

$$M_n = T_s \cdot Z = A_s \cdot F_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3-24)$$

Momennya adalah:

$$R_n = \frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

Nilai rasio penulangan (ρ) adalah:

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'c}} \right) \quad (3-25)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (3-26)$$

Keterangan:

M_n = momen nominal (Nmm)

M_u = momen terfaktor (Nmm)

C_c = gaya tekan beton (N)

T_s = gaya tarik baja tulangan (N)

Z = lengan momen, jarak antara pusat gaya tarik dan pusat gaya tekan yang membentuk kopel (mm)

D = jarak dari serat tekan tertular ke pusat tulangan tarik (mm)

persyaratan tebal minimum plat menurut SNI 2874 – 2019 pasal 7.3.1.1,

adalah seperti Tabel 3.12

Tabel 3.12 Tabel Minimum Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tabel minimum (h)			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Dua ujung menerus	Kantilever
Pelat relative satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10

b. Pelat dua arah

Pelat lantai dua arah merupakan pelat yang dijumpai jika pekat beton menahan beban berupa lendutan. Pelat dua arah ditopang pada keempat sisi yang sejajar. Pelat dua arah dipasang pada 2 arah saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu tulangan lagi. Pelat dua arah memungkinkan terjadi lendutan yang relative lebih kecil yang disebabkan adanya balok yang menopang pelat pada meningkatkan kekakuan pelat. Ada berapa jenis pelat dua arah, diantaranya pelat datar, lantai datar, pelat *waffle*, dan system pelat dengan balok.

c. Perhitungan tebal minimum pelat

Berdasarkan pasal 8.3.1.1 SNI 2847 – 2019, ketebalan pelat dua arah harus memenuhi syarat:

- 1) Untuk nilai $\alpha fm \leq 0,2$ menggunakan tabel

Tabel 3.13 Tabel Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Tanpa Blok Interior

(mm)

<i>f_y</i> , mPa	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Keterangan:

 L_n = jarak bersih ke arah memanjangUntuk nilai f_y yang besarnya diantara nilai dalam tabel, maka tebal minimum dihitung dengan interpolasi linier.

- 2) Untuk nilai $0,2 < \alpha f m \leq 2$, maka tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha f m - 0,2)} \text{ tidak boleh kurang dari 125 mm} \quad (3-27)$$

- 3) Untuk nilai $\alpha f m \leq 2$, tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} \text{ tidak boleh kurang dari 90 mm} \quad (3-28)$$

Keterangan:

α = Rasio kekuatan lentur penampang balok terhadap kekuatan lentur pelat

αfm = Rata-rata nilai α untuk semua balok pada tepi panel

β = rasio dimensi panjang terhadap pendek

L_n = Panjang bentang bersih (mm).

3.3.2 Perencanaan balok

Balok adalah struktur horizontal menyalurkan beban-beban penyangga vertikal atau kolom dan dikaitkan pelat satu arah dengan panjang bentang.

Tahapan dalam perencanaan balok adalah:

1. Menghitung dimensi dan momen balok

Dimensi balok yang umumnya digunakan di lapangan:

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L \quad (3-29)$$

$$b = \frac{1}{2}h - 2h \quad (3-30)$$

Keterangan:

h = tinggi balok

b = lebar balok

L = panjang bentang balok

2. Menghitung tulangan longitudinal balok

Estimasi tulangan balok, M_u baru yang telah didapat dari perhitungan sebelumnya digunakan untuk menghitung R_n , perencanaan tulangan lentur nilai dari momen lentur akibat beban terfaktor (M_u) di peroleh dari hasil analisa struktur. Koefisiensi didefinisikan dengan persamaan:

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} L \quad (3-31)$$

Pada komponen struktur lentur dibutuhkan luas tulangan adalah:

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d \quad (3-32)$$

ρ diambil nilai terbesar antara ρ perlu dan ρ min

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

$$\rho \text{ min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} \text{ atau } \frac{1,4}{f_y} \quad (3-34)$$

As yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung jumlah tulangan dengan pembulatan ke atas, maka jumlah tulangan = A_s / luas satu buah tulangan. Kemudian periksa syarat $\phi M_n \geq M_u$

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \left(d - 0,59 \frac{A_s \cdot f_y}{f'_c \cdot b \cdot w} \right) \quad (3-35)$$

Pada komponen struktur letur maksimum luas tulangan adalah:

$$\rho \text{ max} = 0,025 \quad (3-36)$$

$$A_s \text{ max} = \rho \text{ max} \cdot b \cdot d \quad (3-37)$$

Kebutuhan luas:

$$A_s \text{ min} \leq A_s \text{ perlu} \leq A_s \text{ max}$$

3. Menghitung tulangan geser

Menurut SNI 2847-2019 perencanaan penampang terhadap geser harus memenuhi persamaan:

$$\phi V_n > V_u \quad (3-38)$$

Keterangan:

ϕ = faktor reduksi kekuatan

V_n = kekuatan geser nominal = $V_c + V_s$

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

Komponen struktur yang dikenai kuat geser dan lentur dapat dihitung dengan rumus terdapat dalam SNI 2847-2019

$$V_u = 0,17 \cdot \lambda \sqrt{f'c \cdot bw \cdot d} \quad (3-39)$$

Pemasangan tulangan geser diperlukan, dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\frac{v_u}{\phi} \geq V_n \quad (3-40)$$

$$V_s = \frac{v_u}{\phi} - V_n, \text{ dan tidak boleh lebih besar dari } 0,66 \sqrt{f'c \cdot bw \cdot d}$$

Batasan spasi maksimum tulangan geser menurut SNI 2847-2019, pasal 9.7.6.2.2 adalah:

Tabel 3.14 Spasi Maksimum Tulangan Geser

Vs	Maksimum s, mm		
		Balok nonprategang	Balok prategang
$\leq 0,33 \sqrt{f'c \cdot bw \cdot d}$	Terkecil dari :	d/2	3h/4
		600	
$\leq 0,33 \sqrt{f'c \cdot bw \cdot d}$	Terkecil dari	d/4	3h/8
		300	

Catatan :

1. Jarak tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap komponen struktur tidak boleh melebihi d/2 pada struktur nonprategang atau pun 600 mm.
2. Senggang miring dan tulangan longitudinal yang dibengkokkan difungsikan sebagai tulangan geser harus memiliki spasi setiap garis

45 derajat, menerus ke arah reaksi setengah tinggi komponen struktur $d/2$ tulangan tarik longitudinal, harus disilang paling sedikit satu garis tulangan geser.

3. Apabila V_s melebihi $0,33\sqrt{f'c \cdot bw \cdot d}$, maka spasi maksimum seperti yang terdapat pada point 1 dan 2 dikurangi setengahnya berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 9.7.3.8.2, spasi sengkang tidak boleh lebih kecil dari $d/4$, 6 kali diameter terkecil batang tulangan lentur, 150 mm.

3.3.3 Perencanaan kolom

Perencanaan kolom dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi kolom

Estimasi dimensi kolom perlu diketahui beban aksial yang bekerja di atas kolom. Pedoman yang digunakan sesuai dengan SNI 2047-2019 pasal 10.6.1.2.

$$P_n = 0,8 \phi \{0,85 \cdot f'c (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\} \quad (3-41)$$

Keterangan:

A_{st} = luas tulangan, biasanya $0,01 - 0,02 A_g$
 A_g = luas bruto kolom ($b \times h$)
 $f'c$ = kuat desak beton
 f_y = tegangan leleh baja

2. Kelangsingan kolom

Mengecek pengaruh kelangsingan kolom untuk komponen struktur bergoyang sesuai dengan SNI 2847-2019, pengaruh kelangsingan boleh diabaikan apabila komponen struktur yang ditahan terhadap goyangan samping apabila memenuhi persamaan:

$$\frac{k \cdot \lambda u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3-42)$$

Sedangkan control kelangsingan untuk kolom yang tidak tahan terhadap goyangan samping

$$\frac{k \cdot \lambda u}{r} \leq 22 \quad (3-43)$$

Keterangan:

k = faktor panjang efektif struktur tekab

λu = panjang bersih komponen struktur tekan

r = radius girasi struktur tekan

3. Kuat lentur

Kuat lentur struktur rangka momen yang dikenai beban lentur dan aksial, dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4, diukur lurus melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm. Memenuhi persamaan kuat lentur kolom berdasarkan SNI 2847-2019.

$$\Sigma M_{nc} > 1,2 \Sigma M_{nb} \quad (3-44)$$

Keterangan:

ΣM_{nc} = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi dimuka-muka joint.

ΣM_{nb} = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi dimuka-muka joint.

4. Gaya geser

Perencanaan terhadap gaya geser harus memenuhi persamaan seperti berikut menurut SNI 2847-2019 pasal 10.5.1.1

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-45)$$

Keterangan:

V_u = gaya geser terfaktor

V_c = kuat geser nominal, yang dihitung dari persamaan

$V_n = V_c + V_s$

V_c = kuat geser yang disumbangkan oleh beton

Kuat geser disumbangkan oleh beton untuk komponen struktur yang dibebani gaya tekan aksial ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

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

dan

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (3-47)$$

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 yang disyaratkan

3.3.4 Perencanaan dinding geser

Dinding geser adalah penampang horizontal untuk bidang dinding diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 11.5.4.6

$$\phi V_n > V_u \quad (3-48)$$

Keterangan:

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_n = kekuatan geser nominal yang dihitung sesuai persamaan

$V_n = V_c + V_s$

V_c = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton

V_n pada semua penampang horizontal untuk geser dalam bidang dinding tidak boleh diambil lebih besar dari $:0,83 \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d$

Keterangan:

h = tebal dinding

d = harus diambil sama dengan $0,8 \cdot l_w$

1. V_c boleh yang lebih kecil dari nilai yang dihitung dari persamaan

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4 \cdot l_w} \quad (3-49)$$

atau

$$V_c = \left[0,05 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} + \frac{1(0,1 \lambda \sqrt{f'_c} + 0,2 \cdot \frac{Nu}{lw \cdot h})}{\frac{Mu \cdot lw}{Vu \cdot 2}} \right] \cdot h \cdot d \quad (3-50)$$

Keterangan:

lw = panjang keseluruhan dinding

Nu = positif untuk tekan dan negative untuk tarik

2. Rasio luas tulangan geser horizontal terhadap luas beton penampang vertical tidak boleh kurang dari 0,0025 dan spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari $lw/5$, $3h$, dan 450 mm, dimana lw adalah panjang keseluruhan dinding.

Bila $V_u > \phi V_c$, maka tulangan horizontal harus direncanakan untuk memenuhi persamaan diatas dimana V_s , dihitung dengan:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (3-51)$$

Keterangan:

A_v = luas tulangan horizontal dalam spasi s

d = harus diambil sama dengan $0,8 lw$

3. Rasio tulangan geser vertical terhadap luas beton bruto penampang horizontal tidak boleh kurang dari yang lebih besar

$$\rho = 0,0025 + 0,5 \left(0,25 - \frac{hw}{lw} \right) (\rho_t - 0,0025) \quad (3-52)$$

Dan spasi tulangan vertical tidak boleh melebihi yang terkecil $lw/3$, $3h$, dan 450 mm.

3.3.5 Perencanaan tangga

Perhitungan tangga dimodelkan dimana peletakan pada pelat dianggap sebagai sendi dan peletakan bordes dianggap rol dengan anggapan bahwa tangga

merupakan unsur sekunder yang tidak mempengaruhi kekuatan struktur secara keseluruhan.

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

$$\text{Jumlah anak tangga } n_{tg} = \frac{h_{lt}}{O} \quad (3-53)$$

$$\text{Lebar tangga } L_{tg} = \left(\frac{h_{lt}}{2O} - 1 \right) \cdot A \quad (3-54)$$

$$\text{Sudut kemiringan tangga } \alpha = \tan^{-1} \frac{O}{A} \quad (3-55)$$

Keterangan:

h_{lt} = tinggi lantai

O = optrede

A = antrade

n_{tg} = jumlah anak tangga

L_{tg} = lebar tangga

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 pasal 7.7, selimut beton untuk tulangan dengan diameter ≤ 36 mm, digunakan setebal 20 mm. tangga dimodelkan sebagai balok tipis dengan lebar 1000 mm. penulangan lentur dilakukan setelah mendapatkan output program, hasil yang diperoleh adalah nilai momen lentur M_u . Koefisien tahanan didefinisikan dengan persamaan berikut ini:

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \cdot d^2} \quad (3-56)$$

Luasan tulanga yang dibutuhkan komponen struktur lentur adalah sebagai berikut:

$$A_{sperlu} = \rho \cdot b \cdot d \quad (3-57)$$

ρ diambil nilai terbesar antara ρ_{perlu} dan ρ_{min}

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) \quad (3-58)$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4.f_y} \text{ atau } \frac{1,4}{f_y} \quad (3-59)$$

As yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung jumlah tulangan dengan pembulatan ke atas, jumlah tulangan = As / luas satu buah tulangan. Dan periksa syarat $M_n \geq Mu$.

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \left(d - 0,59 \frac{A_s f_y}{f'_c b w} \right) \quad (3-60)$$

Luas tulangan maksimum pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut.

$$\rho_{max} = 0,004 \quad (3-61)$$

$$A_{s \max} = \rho_{max} \cdot b \cdot d \quad (3-62)$$

Cek luas kebutuhan:

$$A_{s \min} \leq A_{s \text{ perlu}} \leq A_{s \max} \quad (3-63)$$

3.3.6 Tata cara perencanaan gempa menurut (SNI 1726:2019)

1. Gempa rencana

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

2. Penentuan SDS dan SD1

Nilai SDS dan SD1 di tentukan melalui web desain spectra Indonesia http://puskim.pu.go.id//Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.

3. Faktor keutama dan kategori resiko struktur bangunan

Kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai **Tabel 3.15** pengaruh rencana gempa.

Tabel 3.15 Rencana Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatas untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan b. Fasilitas sementara c. Gudang penyimpanan d. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Perumahan b. Rumah toko dan Rumah kantor c. Pasar d. Gedung perkantoran e. Gedung apartemen/ Rumah susun 	II

<p>f. Pusat perbelanjaan/ mall</p> <p>g. Bangunan industry</p> <p>h. Fasilitas manufaktur</p> <p>i. Pabrik</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <p>a. Bioskop</p> <p>b. Gedung pertemuan</p> <p>c. Stadion</p> <p>d. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</p> <p>e. Fasilitas penitipan anak</p> <p>f. Penjara</p> <p>g. Bangunan untuk orang jompo</p> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam kategori 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>	<p>III</p>

<p>a. Pusat pembangkit listrik biasa</p> <p>b. Fasilitas penanganan air</p> <p>c. Fasilitas penanganan limbah</p> <p>d. Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam 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 dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <p>a. Bangunan-bangunan monumental</p> <p>b. Gedung sekolah dan Fasilitas Pendidikan</p> <p>c. Rumah Ibadah</p> <p>d. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</p>	IV

<p>e. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</p> <p>f. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</p> <p>g. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, Pusat operasi dan Fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</p> <p>h. Pusat pembangkit energi dan Fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</p> <p>i. Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangka 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</p> <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	
--	--

(Sumber: SNI 1726:2019)

Dalam perencanaan gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor pengali berdasarkan kategori resiko gedung untuk menyesuaikan periode ulang gempa.

Berikut ini merupakan faktor keutamaan gempa berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 4.1.2.

Tabel 3.16 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber: SNI 1726:2019)

4. 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. Klasifikasi situs ini, bertujuan untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Penetapan kelas situs ini harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium. Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari tabel dan pasal-pasal berikut ini:

Tabel 3.17 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau Nch	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
	<175	<15	<50
SE (tanah lunak)	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Indek plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser nitralir $S_u < 25\text{kPa}$ 		

<p>SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons spesifik situs yang mengikuti 6.10.1)</p>	<p>Setiap Profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersedimentasi lemah 2. Lempung sangat organic dan/gambut (ketebalan H > 3m) 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5m dengan indeks plastisitas PI > 75) <p>Lapisan tanah lempung lunak / setengah teguh dengan ketebalan H > 35m dengan $S_u < 50kP$</p>
--	--

5. Desain Respons Spektrum

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu dan mengikuti ketentuan dibawah ini:

- a. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3-64)$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3-65)$$

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

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3-66)$$

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3-67)$$

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726:2019 parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = 2/3.S_{MS} \quad (3-68)$$

$$S_{D1} = 2/3.S_{M1} \quad (3-69)$$

Dalam penentuan respons spektral percepatan gempa MCER dipermukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda pendek 0,2 detik dan pada perioda 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 pada perioda 1 detik (S_{M1})

yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (3-70)$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I \quad (3-71)$$

Keterangan:

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

S_I = parameter respons spectral percepatan gempa MCER 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 3.18 dan 3.19.

Tabel 3.18 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-terrtarget (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s \geq 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE (Sumber: SNI 1726:2019)	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9

SF	SS ^(a)
----	-------------------

Tabel 3.19 Koefisien Situs, FV

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s \geq 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2
SF	SS ^(a)				

(Sumber: SNI 1726:2019)

Catatan:

Untuk nilai-nilai antara S_s dan S_1 dapat dilakukan interpolasi linear

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

6. Kategori desain seismik

Apabila nilai SDS dan SD1 sudah ditentukan maka, kategori desain seismik struktur dapat ditetapkan sesuai tabel 3.20 dan 3.21.

Tabel 3.20 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 1726:2019)

Tabel 3.21 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 < S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,5 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber SNI 1726:2019)

7. Struktur penahan gaya gempa

Bila sistem yang berbeda digunakan maka, masing-masing nilai R , C_D dan (Ω_0) harus dikenakan sesuai dengan sistem tersebut. Hal ini dapat dilihat pada tabel 3.22.

Tabel 3.22 Faktor Koefisien Modifikasi Respons, Faktor Kuat Lebih Sistem, Faktor Pembesar Defleksi, dan Batasan Tinggi Sistem Struktur

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, R^a	Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran Defleksi, C_d^b	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi struktur, h_n (m) ^c Kategori Desain Seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C.Sistem Rangka Pemikul Momen								
1.Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 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	4 ½	3	4	TB	TB	10 ^{hi}	Ti ^h	Ti ⁱ

baja pemikul momen khusus								
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	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI

pemikul momen menengah								
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 ⁰	3 ½	TB	10	10	10	10

(Sumber SNI 1726:2019)

8. Geser Dasar Seismik

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

$$V = C_s W \quad (3-72)$$

Keterangan:

C_s = Koefisien respons seismik (SNI 1726:2019 pasal 7.8.1.1)

W = Berat seismik efektif (SNI 1726:2019 pasal 7.7.2)

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sebagai berikut:

$$\text{a. } C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-73)$$

$$\text{b. } C_s \text{ hitungan} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-74)$$

$$\text{c. } C_s \text{ minimum} = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad (3-75)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana C_I sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$\text{d. } C_s \text{ minimum} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-76)$$

Keterangan:

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

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

T = Periode getar fundamental struktur

R = Faktor modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan

9. Periode fundamental

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.8.2, sebagai alternative pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a .

$$T_a = C_t H_n^x \quad (3-77)$$

h_n adalah struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel dibawah ini:

Tabel 3.23 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung(Nilai C_u)

Parameter Percepatan Respons Spektral desain pada 1 detik S_{DI}	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 1726:2019)

Tabel 3.24 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang diisyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik.		0,8
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 1726:2019)

10. Distribusi vertikal gaya gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019, gaya gempa lateral, (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{ux}V \quad (3-78)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-79)$$

Keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi vertikal
 V = gaya dasar seismik atau geser di dasar struktur
 w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
 h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , dinyatakan dalam meter
 k = untuk struktur yang perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$.
 untuk struktur yang perioda sebesar 2,5 detik atau kurang, $k = 2$.
 untuk struktur yang perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2

11. Distribusi horisontal gaya gempa

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

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \quad (3-80)$$

Keterangan: F_i adalah bagian dari geser seismik V yang timbul di tingkat i , dinyatakan dalam kilo newton (kN)