

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pembebanan

Penggunaan beban yang ada mengikuti peraturan SNI 1727:2013 dan kombinasi pembebanan menggunakan SNI 1726:2013 Pasal 4.2.2 antara lain:

3.1.1 **Beban Mati**

Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur, dinding, pelat, serta berat peralatan layan yang mengacu pada SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1.

3.1.2 **Beban Hidup**

Beban hidup untuk perencanaan struktur diambil dari SNI 1727:2013.

3.1.3 **Beban Gempa**

Beban gempa yang digunakan mengacu dari SNI 1726:2019, dimana gempa yang digunakan merupakan gempa dinamik, karena bangunan mempunyai ketidakberaturan horizontal.

Pada tugas akhir ini digunakan analisis gempa dengan menggunakan respon spektrum. Perhitungan nilai V , menggunakan V statik, yaitu dengan rumus sebagai berikut (SNI 1726: 2019 Pasal 7.8.1) :

$$V = C_s \times W \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

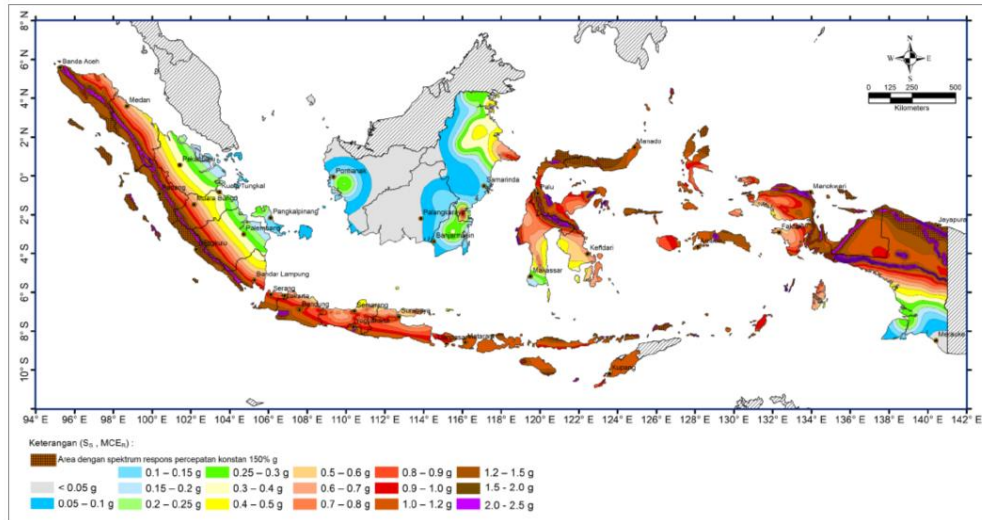
Dimana :

C_s = koefisien respon seismik

W = berat seismik efektif

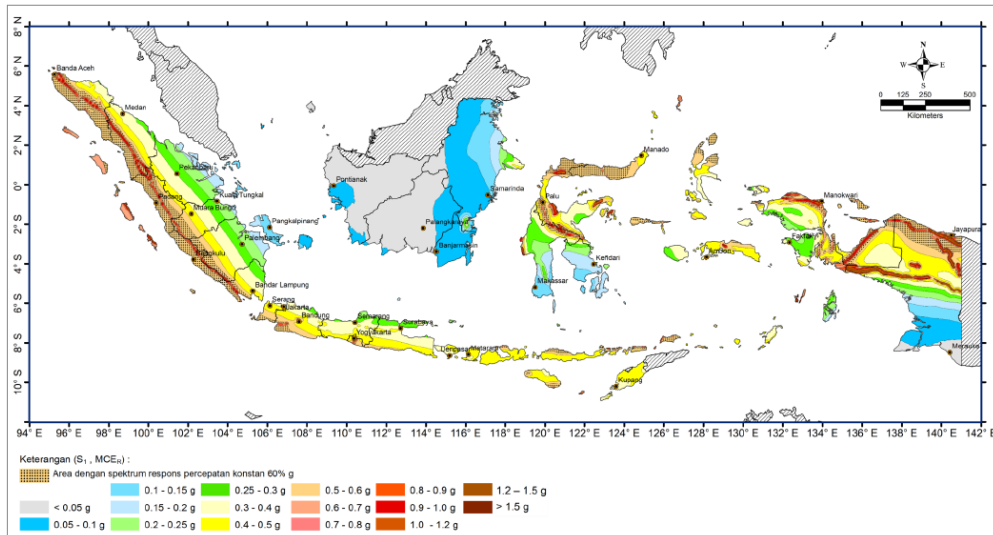
Tahapan yang harus dilakukan untuk memperoleh nilai V adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai S_5 dan S_1



Gambar 3.1 Parameter Gerak Tanah (S_5)

(Sumber : SNI 1726:2019, Gambar 15)



Gambar 3.2 Parameter Gerak Tanah (S_1)

(Sumber : SNI 1726:2019, Gambar 16)

2. Menentukan klasifikasi situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan 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 dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ Kuat geser nialir $\bar{S}_u < 25kPa$		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likufaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35m$ dengan $\bar{S}_u < 50kPa$		

(Sumber : SNI 1726:2019 tabel 5)

3. Menentukan tinggi lantai yang dihitung dari dasar pondasi.
4. Menentukan nilai koefisien situs untuk perioda pendek (F_a) dan koefisien situs untuk perioda panjang ($w F_v$) sesuai tabel 6 dan 7 pada SNI 1726:2019.

Tabel 3.2 Koefisien situs F_a

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCE_R) Terpetakan pada Periode Pendek, $T = 0,2 \text{ det}$, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	0,9	0,9	0,8
SF	SS^b					

(Sumber: SNI 1726:2019 tabel 6)

Tabel 3.3 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter Respon Spectral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCE_R) Terpetakan pada Periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS^b					

(Sumber: SNI 1726:2019 tabel 7)

5. Menentukan nilai SM_s dan SM_1 dengan rumus pada persamaan 3-2 dan 3-

3

$$SM_s = F_a \times S_s \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

$$SM_1 = F_v \times S_1 \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

Dimana:

S_s = parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_1 = parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik

6. Menghitung parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, yakni nilai S_{DS} dan S_{D1} dengan persamaan di bawah ini

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (3-4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots (3-5)$$

7. Menentukan nilai T_0 dan T_s

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{DS}}{S_{D1}} \dots\dots\dots (3-6)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (3-7)$$

8. Menentukan nilai S_a

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

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \dots\dots\dots (3-8)$$

- b. Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons desain, S_a , sama dengan S_{DS} .

- c. Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (3-9)$$

Dimana :

S_{D1} = parameter respon spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

9. Menentukan kategori risiko bangunan

Penentuan kategori risiko bangunan terdapat pada tabel 3 SNI 1726:2019.

Untuk Gedung Rawat Jalan Panti Rapih termasuk dalam kategori IV.

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

<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan 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 ibadah • Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat • Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, 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 <p>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</p> <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV
--	----

(Sumber: SNI 1726:2019 tabel 3)

10. Menentukan faktor keutamaan gempa (I_e)

Faktor keutamaan gempa dapat diketahui nilainya tergantung pada kategori risiko bangunan yang sesuai tabel 4 pada SNI 1726:2019.

Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa

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

(Sumber: Tabel 4 SNI 1726:2019)

11. Menentukan kategori desain seismik (KDS) berdasarkan tabel 8 dan 9 pada SNI 1726:2019.

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2019 tabel 8)

Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

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

(Sumber: SNI 1726:2019 tabel 9)

12. Menentukan nilai koefisien modifikasi respons (R), faktor amplifikasi defleksi (C_d), dan koefisien kuat-lebih sistem (Ω_0) berdasarkan tabel 12 pada SNI 1726:2019.
13. Menentukan periode fundamental pendekatan (T_a) dengan rumus pada persamaan dibawah ini:

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad \dots\dots\dots (3-10)$$

Dimana :

h_n = ketinggian struktur dalam (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

14. Menentukan koefisien C_u berdasarkan tabel 17 pada SNI 1726:2019 sesuai dengan tipe struktur bangunan.

Tabel 3.8 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726:2012 halaman 56)

15. Menentukan nilai C_s

Apabila $T < T_s =$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e} \dots\dots\dots (3-11)$$

Apabila $T > T_s =$

$$C_s = \frac{S_{D1}/T}{R/I_e} \dots\dots\dots (3-12)$$

$C_{s \text{ minimum}}$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots (3-13)$$

16. Nilai C_s yang digunakan adalah nilai C_s yang paling besar diantara nilai C_s dengan nilai $C_{s \text{ minimum}}$

17. Menentukan gaya geser dasar seismic (V)

Beban geser dasar nominal statik ekuivalen adalah:

$$V = C_s \times W \quad \dots\dots\dots (3-14)$$

Dimana :

C_s = Koefisien respon seismik yang ditentukan sesuai dengan 0.

W = Berat seismik efektif menurut pasal 7.7.2 pada SNI 1726:2019

18. Simpangan pusat massa di tingkat x ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2019 melalui persamaan :

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I} \quad \dots\dots\dots (3-15)$$

Dimana :

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis

C_d = faktor amplifikasi defleksi tabel 12 SNI 1726:2019

I = faktor keutamaan gedung

Untuk struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, *drift* dibatasi sebesar : $\Delta = 0,02h_s$

3.2 Kuat Perlu

Kuat perlu yang diperhitungkan berdasarkan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 4.2.2.1 dan SNI 2847:2019 pasal 5.3.1 sebagai berikut:

$$1,4D \quad \dots\dots\dots (3-19)$$

$$1.2D + 1.6L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \quad \dots\dots\dots (3-20)$$

$$1.2D + 1.6L + 0,5(L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) \quad \dots\dots\dots (3-21)$$

$$1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } W) \quad \dots\dots\dots (3-22)$$

$$1,2D + 1,0E + 1,0L \quad \dots\dots\dots (3-23)$$

$$0,9D + 1,0W \quad \dots\dots\dots (3-24)$$

$$0,9D + 1,0E \quad \dots\dots\dots (3-25)$$

3.3 Kuat Desain

SNI 2847:2013 pasal 9.3.1 menyatakan, kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari standar ini, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ).

Tabel 3.9 Faktor Reduksi (ϕ) Kekuatan Desain

No	Keterangan	Faktor Reduksi (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	0,65
3	Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65-0,9 sesuai 21.2.2
4	Geser	0,75
5	Torsi	0,75
6	Tumpu (<i>bearing</i>)	0,65
7	Zona angkur pascatarik (<i>post-tension</i>)	0,85
8	<i>Bracket</i> dan korbek	0,75
9	<i>Strut, ties</i> , zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut-and-tie</i> di pasal 23	0,75
10	Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,9
11	Beton polos	0,6
12	Angkur dalam elemen beton	0,45-0,75 sesuai Pasal 17

(Sumber: SNI 2847:2019 sub pasal 21.2.1)

3.4 Perencanaan Tangga

Tangga meliputi anak tangga dan bordes yang bekerja sebagai suatu kesatuan dan diasumsikan menerima beban seperti halnya pelat lantai. Anak

tangga dianggap sebagai beban terhadap pelat tangga dan tidak menyumbangkan nilai kekakuan. Perhitungan pelat tangga diambil sebagai harga tebal ekuivalen pelat tangga dan anak tangga.

Tangga yang merupakan bagian dari struktur sekunder hanya direncanakan untuk kuat menerima beban yang langsung diterimanya dan menyalurkan ke struktur utama. Jadi struktur sekunder dianggap tidak berperan dalam menentukan ketahanan atau kekuatan gedung secara keseluruhan.

3.4.1 Permodelan Struktur

Dalam tugas akhir ini tipe tangga yang dimodelkan yakni dengan perletakan sendi - rol. Dengan asumsi tersebut diharapkan diperoleh pendekatan yang cukup baik terhadap perilaku struktur terhadap gempa.

3.4.2 Prosedur Perencanaan Tangga

Berikut tahapan-tahapan merencanakan tangga:

1. Perencanaan desain awal tangga

Meliputi perhitungan mencari lebar dan tinggi injakan tangga, dan tebal pelat ekuivalen. Dalam mencari kemiringan dan tinggi injakan yang baik adalah :

$$60\text{cm} \leq 2t + l \leq 65\text{cm} \quad \dots\dots\dots (3-26)$$

Dimana :

t = tinggi injakan

l = lebar injakan

A = sudut kemiringan tangga ($25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$)

2. Pembebanan yang terjadi pada tangga

3. Perhitungan gaya – gaya dalam
4. Perhitungan penulangan

3.5 Perencanaan Struktur Pelat

Dalam perencanaan suatu pelat, terdapat spesifikasi tebal minimum dan dimensi pelat. Dimana tebal minimum mempengaruhi jenis pelat, apakah pelat tersebut pelat satu arah atau pelat dua arah.

1. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Dalam merencanakan pelat ditentukan terlebih dahulu apakah pelat tersebut pelat satu arah atau pelat dua arah. Apabila pelat tersebut memiliki rasio bentang panjang dan pendek tidak lebih dari 2, maka pelat tersebut ialah pelat dua arah. Selanjutnya rencanakan tebal minimum pelat yang mengacu SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.1 dimana tebal minimum pelat ditentukan dalam tabel 3.10 dan tidak kurang dari 125 mm untuk pelat tanpa *Drop Panel* dan 100 mm untuk pelat dengan *Drop Panel*.

Tabel 3.10 Tebal Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang tanpa Balok Interior

f_y , MPa	Tanpa <i>Drop Panel</i>			Dengan <i>Drop Panel</i>		
	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	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

l_n adalah jarak bersih ke arah memanjang, dikuru dari muka ke muka tumpuan (mm)
 Untuk f_y dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum haarus dihitung dengan interpolasi linear
Drop Panel sesuai 8.2.4
 Pelat dengan balok diantara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap

Tabel 3.10 (Lanjutan)

tanpa balok pinggir jika αf untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

(Sumber : SNI 2847:2019, Tabel 8.3.1.1)

2. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Apabila rasio bentang panjang dan bentang pendek lebih dari dua, maka tebal minimum ditentukan berdasarkan rumus dari SNI 2847:2019 pasal 9.3.1 dengan Tabel 3.11 sebagai berikut:

Tabel 3. 11 Ketebalan Minimum Pelat Solid Satu Arah Non Prategang

Kondisi Perlekatan	Minimum h
Tumpuan Sederhana	$l/20$
Satu Ujung Menerus	$l/24$
Kedua Ujung Menerus	$l/28$
Kantilever	$l/10$

Angka ini berlaku untuk beton berat normal dan $f_y = 420$ MPa. Untuk kasus lain, ketebalan minimum harus dimodifikasi sesuai 7.3.1.1.1 hingga 7.3.1.1.3

(Sumber : SNI 2847:2019 pasal 7.3.1.1 Tabel 9.3.1.1)

3.6 Perencanaan Struktur Kolom

Elemen tekan dalam suatu bangunan yang memiliki peranan penting yakni kolom. Apabila elemen ini mengalami keruntuhan, suatu bangunan dapat mengalami keruntuhan salah satu lantainya ataupun keruntuhan seluruh bangunan. Hal ini disebabkan karena kolom menahan gaya – gaya yang berlangsung di balok serta pelat dan meneruskan gaya tersebut ke pondasi.

3.6.1 Perencanaan Tulangan Kolom

Berikut ini langkah – langkah dalam merencanakan penulangan kolom :

1. Perencanaan tulangan memanjang kolom berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 21.6.3.1.

a. Kontrol rasio tulangan longitudinal kolom

$$0.01A_g \leq A_{st} \leq 0.06A_g \quad \dots\dots\dots (3-28)$$

b. Kontrol kapasitas beban aksial

$$\text{Cek, } \phi P_{maks} > P_{maks} \quad \dots\dots\dots (3-29)$$

2. Kuat lentur

Kekuatan lentur kolom harus memenuhi syarat berdasarkan SNI 2847:2019, pasal 21.6.2.2 yaitu:

$$\sum M_{nc} \geq (1.2) \sum M_{nb} \quad \dots\dots\dots (3-30)$$

Dimana:

$\sum M_{nc}$ = Jumlah Kekuatan Lentur Nominal Kolom

$\sum M_{nb}$ = Jumlah Kekuatan Lentur Nominal Balok

3. Penulangan Transversal Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 21.6.4.1 panjang l_0 , harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$l_0 \geq h_{kolom} \quad \dots\dots\dots (3-31)$$

$$l_0 \geq \frac{1}{6} \times l_n \quad \dots\dots\dots (3-32)$$

$$l_0 \geq 450mm \quad \dots\dots\dots (3-33)$$

Dimana s tidak boleh melebihi batasan berikut:

$$s < \frac{1}{4} \text{ dimensi kolom minimum} \quad \dots\dots\dots (3-34)$$

$$s < 6 \text{ diameter tulangan longitudinal} \quad \dots\dots\dots (3-35)$$

$$s < 100 + \frac{350 - h_x}{3} \quad \dots\dots\dots (3-36)$$

4. Perhitungan Pengekangan Kolom di Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2019, pasal 21.6.4.4 luas penampang total tulangan sengkang persegi A_{sh} , tidak boleh kurang dari batasan berikut:

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s \times b_c \times f'_c}{f_{yt}} \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right) \quad \dots\dots\dots (3-37)$$

$$A_{sh} = 0.9 \frac{s \times b_c \times f'_c}{f_{yt}} \quad \dots\dots\dots (3-38)$$

Keterangan:

s = jarak tulangan transversal

b_c = dimensi potongan melintang dari inti kolom, yang diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

A_g = luasan penampang kolom (mm)

A_{ch} = luasan penampang kolom diukur dari daerah tulangan transversal (mm)

f_{yt} = kuat leleh tulangan transversal (MPa)

5. Menghitung Tulangan Geser

Gaya geser yang bekerja pada kolom (V_u) ditentukan dari besarnya M_{pr+} dan M_{pr-} terhadap balok yang menyatu dengan kolom tersebut

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \quad \dots\dots\dots (3-39)$$

$$M_{pr} = A_s \times (1.25 \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (3-40)$$

$$V_e = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{Ln} \dots\dots\dots (3-41)$$

Besarnya V_u harus dikomparasikan dengan nilai V_c , yakni gaya geser yang diperoleh dari M_{pr} kolom yang diperoleh dengan program bantu spColumn. Karena dimensi dan penulangan kolom atas dan bawah memiliki nilai yang sama sehingga diperoleh perumusan sebagai berikut:

$$V_e = \frac{2 \times M_{pr}}{Ln} \dots\dots\dots (3-42)$$

Cek $V_e > V_u$

Berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 21.6.5.2 nilai V_c diasumsikan 0, apabila memenuhi persyaratan berikut:

$$50\%V_e > V_u \dots\dots\dots (3-43)$$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{10} \dots\dots\dots (3-44)$$

Apabila tidak memenuhi persyaratan di atas, maka $V_c \neq 0$, sehingga berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 11.2.1.2 untuk komponen struktur yang terkena beban aksial berlaku persyaratan berikut:

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times s \times d \dots\dots\dots (3-45)$$

Besarnya V_s ditentukan berdasarkan A_{sh} terpasang :

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} \dots\dots\dots (3-46)$$

Cek $\phi(V_c + V_s) > V_u$

Berdasarkan SNI 2847:2019, Pasal 21.6.4.5, Sisa panjang kolom di luar sendi plastis (l_0) harus dipasang Jarak tulangan sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari syarat berikut:

$$s < \frac{d}{2} \quad \dots\dots\dots (3-47)$$

$s < 6$ diameter tulangan longitudinal

$$s < 150mm \quad \dots\dots\dots (3-48)$$

6. Menghitung panjang lewatan pada sambungan tulangan kolom

Berdasarkan SNI 2847-2019, pasal 12.2.3 untuk tulangan $\geq D22$, maka :

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \psi_1 \times \psi_2}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f'_c}} \right) db . \quad \dots\dots\dots (3-49)$$

Keterangan:

$\psi_1 = 1$ (tidak berada di atas lapisan beton setebal 300 mm)

$\psi_2 = 1$ (tidak dilapisi epoksi)

$\lambda = 1$ (beton berat normal)

3.7 Perencanaan Balok

Berikut langkah – langkah yang dilakukan untuk merencanakan balok:

1. Menentukan terlebih dahulu apakah balok yang ditinjau merupakan balok induk atau balok anak.
2. Merencanakan tinggi minimum balok berdasarkan SNI 2847:2019.

Tabel 3.12 Tinggi Minimum Balok Nonprategang

Kondisi Perlekatan	Minimum h
Perlekatan Sederhana	$l/16$
Menerus Satu Sisi	$l/18,5$
Menerus Dua Sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

(Sumber: 2847:2019 Tabel 9.3.1.1)

3. Menentukan lebar balok

$$b = \frac{2}{3} h$$

3.8 Perencanaan Shear Wall

SNI 2847:2019 Pasal 22.6.6.2 menyebutkan bahwa tebal dinding selain dinding *basement* luar dan dinding pondasi, tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari $1/24$ tinggi atau panjang tak tertumpu, yang mana yang lebih pendek atau tidak boleh kurang dari $140mm$.

$$\text{Tebal rencana dinding} \geq \frac{H}{24} \dots\dots\dots (3-50)$$

$$\text{Tebal rencana dinding} \geq \frac{L}{24} \dots\dots\dots (3-51)$$

$$\text{Tebal rencana dinding} \geq 140mm \dots\dots\dots (3-52)$$

Dimana : H = Tinggi total dinding L = Panjang bentang dinding3.9 Analisa Struktur Utama

Analisa struktur utama dilakukan guna mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terjadi pada struktur. Dalam proses menganalisa, perhitungan yang dilakukan menggunakan analisa respon dinamik sesuai dengan SNI 1726:2019.

3.9.1 Kontrol Permodelan Struktur

Setelah melakukan analisa dengan ETABS, kegiatan yang dilakukan selanjutnya ialah kontrol permodelan struktur. Kegiatan ini dilakukan bertujuan agar desain yang telah direncanakan apakah sudah memenuhi syarat sesuai dengan peraturan yang berlaku. Kontrol permodelan struktur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menghitung partisipasi massa
2. Menghitung periode waktu getar alami fundamental
3. Menghitung simpangan yang terjadi
4. Menghitung sistem ganda