

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perencanaan Pembebanan

Pada penulisan tugas akhir ini, jenis beban yang dipikul struktur dibatasi menjadi tiga jenis beban, yaitu: beban mati, beban hidup dan beban gempa.

3.1.1 Kuat perlu

Kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 1726:2012 diantaranya:

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

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

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

$$4. (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + \rho E_x - 0,3 \rho E_y \quad (3-4)$$

$$5. (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - \rho E_x + 0,3 \rho E_y \quad (3-5)$$

$$6. (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - \rho E_x - 0,3 \rho E_y \quad (3-6)$$

$$7. (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho E_x + \rho E_y \quad (3-7)$$

$$8. (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho E_x - \rho E_y \quad (3-8)$$

$$9. (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - 0,3 \rho E_x + \rho E_y \quad (3-9)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2 Perencanaan Beban Gempa

3.2.1 Kategori risiko struktur bangunan

Kategori risiko bangunan Gedung untuk beban gempa didefinisikan berdasarkan SNI 1726:2012 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Kategori risiko bangunan Gedung dan non Gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - 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 risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar 	II

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

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<ul style="list-style-type: none"> - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - 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 unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>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 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 	IV

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

<ul style="list-style-type: none"> - fasilitas bedah dan unit gawat darurat Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai - 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 yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV
--	----

3.2.2 Faktor keutamaan struktur bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan Gedung dan non Gedung sesuai Tabel 3.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e .

Tabel 3.2 Faktor keutamaan gempa

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

3.2.3 Kelas situs

Berdasarkan SNI 1726:2012, tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan

definisi dari Tabel 3.3.

Tabel 3.3 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 : <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 geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> – Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah – Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) – Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

3.2.4 Parameter percepatan terpetakan

Sesuai dengan SNI 1726:2012, parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_I (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan decimal terhadap percepatan gravitasi.

Penentuan nilai parameter percepatan terpetakan ini dibantu menggunakan aplikasi desain spektra yang dapat diakses menggunakan internet melalui [http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain spektra indonesia 2011/](http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/).

3.2.5 Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) Berdasarkan SNI 1726:2012 koefisien situs ditentukan dengan.

Tabel 3.4 Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	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^b				

Tabel 3.5 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	S_s				
	$S_I \leq 0,3$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
S_A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
S_B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S_C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
S_D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
S_E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
S_F	SS^b				

Perhitungan parameter respons spektral percepatan gempa maksimum ditentukan menggunakan persamaan :

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

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3-19b)$$

3.2.6 Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan sesuai SNI 1726:2012 melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3-20a)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3-20b)$$

3.2.7 Kategori desain seismik

Berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{DI} , maka kategori desain seismik dapat ditentukan sesuai Tabel 3.6 dan tabel 3.7.

Tabel 3.6. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

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

Tabel 3.7. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

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

3.2.9 Periode fundamental pendekatan

Periode fundamental pendekatan T_a , dalam detik, harus dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-21)$$

Nilai dari C_t dan x dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut .

Tabel 3.8. Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	X
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilengkapi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari difleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresin eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Untuk menentukan batas atas dari periode fundamental pendekatan dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 3.9. Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

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

3.2.10 Perhitungan koefisien respon seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012, persamaannya sebagai berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} \frac{1}{I_e} \quad (3-22)$$

Nilai C_S yang dihitung sesuai persamaan diatas tidak perlu melebihi:

$$C_S = \frac{S_{DI}}{T \frac{R}{I_e}} \quad (3-23)$$

C_S harus tidak kurang dari:

$$C_S = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3-24)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah dengan S_I sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g, maka C_S harus diambil sebesar:

$$C_S = \frac{0,5 S_I}{\frac{R}{I_e}} \quad (3-25)$$

3.2.11 Geser dasar seismik

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

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

3.3 Perencanaan Struktur Atas dengan Menggunakan Beton Bertulang

3.3.1 Kekuatan desain

Kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangannya, 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 . (SNI 2847:2013)

Berdasarkan SNI 2847:2013 faktor-faktor reduksi yang dimaksudkan antara lain:

1. Penampang terkendali tarik direduksi 0,90.
2. Penampang terkendali tekan berkomponen struktur bertulangan lainnya direduksi 0,65.
3. Geser dan torsi direduksi 0,75.
4. Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah ankur pasca tarik dan model strat dan pengikat) direduksi 0,65.
5. Daerah ankur pasca tarik direduksi 0,75.
6. Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman *strand* kurang dari panjang penyaluran dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer direduksi sebesar 0,75.

7. Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman *strand* kurang dari panjang penyaluran dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran direduksi antara 0,75 sampai 0,9.

Kekuatan nominal harus lebih besar atau sama dengan kekuatan perlunya.

$$\phi M_n \geq M_u \quad (3-27)$$

3.3.2 Perancangan pelat

Pelat dikategorikan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Perbedaan keduanya ditentukan melalui perbandingan bentang panjang dengan bentang pendek. Pelat satu arah memiliki angka perbandingan antara bentang panjang dengan bentang pendek sama atau lebih besar dari 2,0. Jika perbandingan itu kurang dari 2,0 pelat tersebut menjadi pelat dua arah. (Nawy, 1990)

3.3.2.1 Perhitungan pelat satu arah

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.1, tebal minimum yang ditentukan dalam Tabel 3.11 berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Tabel 3.10. Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen Struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
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 tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:

- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

3.3.2.2 Perhitungan pelat dua arah

Menurut SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.2 Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2 tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan

Tabel 3.11 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

1. Tanpa panel drop (*drop panels*)
2. Dengan panel drop (*drop panels*)

Tabel 3.11. 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	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

*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 nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
[‡]Panel drop
[§]Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior.

Nilai α_{fm} untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya, h , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan tabel 3.11.
2. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (3-28)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm;

3. Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \quad (3-29)$$

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan of tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan Pers. (3-35) atau (3-36) harus dinaikan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus

3.3.3. Perencanaan Balok

3.3.3.1 Dimensi Balok

Tebal minimum balok ditentukan menurut tabel 3.10.

3.3.3.2 Penulangan Longitudinal Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013, syarat tulangan untuk komponen lentur yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai berikut.

$$A_{s(min)} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (3-30)$$

Dan tidak lebih kecil dari.

$$A_{s(min)} = \frac{1,4b_w d}{f_y} \quad (3-31)$$

3.3.3.3 Penulangan Transversal Balok

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), dan (c):

- (a) $d/4$;
- (b) Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama
- (c) 150 mm

Spasi tulangan geser dihitung dengan persamaan:

$$s = \frac{A_s f_y d}{V_s} \quad (3-32)$$

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

3.3.4 Perencanaan Kolom

3.3.4.1 Dimensi Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013, komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial terfaktor P_u akibat sebarang kombinasi beban yang melebihi $A_g f_c' / 10$. Serta memenuhi kondisi-kondisi.

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

3.3.4.2 Kelangsingan kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013, perencanaan kolom pengaruh kelangsingan boleh diabaikan dalam kasus-kasus berikut:

1. Untuk komponen struktur tekan yang tidak di-breising (*braced*) terhadap goyangan menyamping:

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 \quad (3-33)$$

2. Untuk komponen struktur tekan yang di-breising (braced) terhadap goyangan menyamping:

$$\frac{k \cdot I_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40 \quad (3-34)$$

3.3.4.3 Kuat Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013, kuat lentur yang direncanakan harus memenuhi persamaan dibawah ini:

$$\sum M_{nc} \geq 1,2M_{nb} \quad (3-35)$$

Keterangan:

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.

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 harus diasumsikan

menyumbang kepada M_{nb} jika tulangan slab disalurkan pada penampang kritis untuk lentur.

3.3.4.4 Gaya Geser Rencana

Berdasarkan SNI 2847-2013, Gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat 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. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada M_{pr} komponen struktur transversal yang merangka ke dalam joint. Dalam semua kasus V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.1.1, perencanaan penampang terhadap geser harus memenuhi persamaan seperti berikut.

$$\phi V_n = V_u \quad (3-36)$$

Sedangkan untuk pasal 11.2.1, kuat geser yang disumbang oleh beton untuk komponen yang dikenai geser, lentur, dan gaya aksial ditentukan melalui persamaan berikut ini:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-37)$$

Sedangkan kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser dapat digunakan persamaan berikut:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (3-38)$$

3.3.4.5 Tulangan Transversal

Dalam SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1, bahwa tulangan transversal yang diisyaratkan harus dipasang sepanjang l_o dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sembarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelatis rangka. Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar dari a, b, dan c :

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

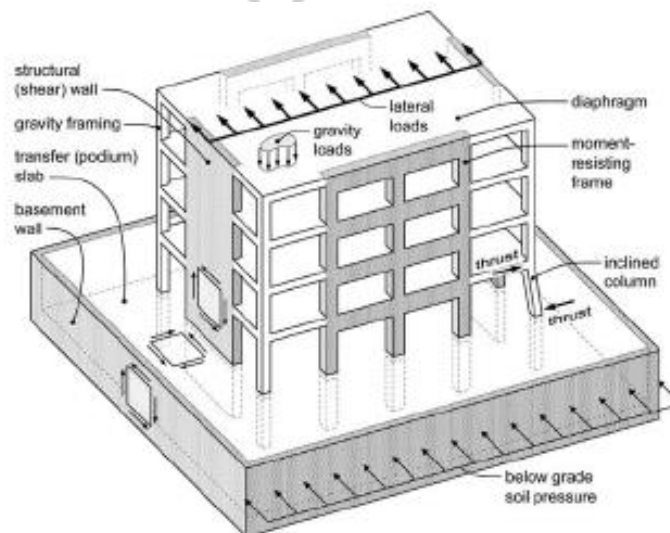
Sedangkan pada SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3, bahwa spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari a,b, dan c

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

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

3.5 Diafragma

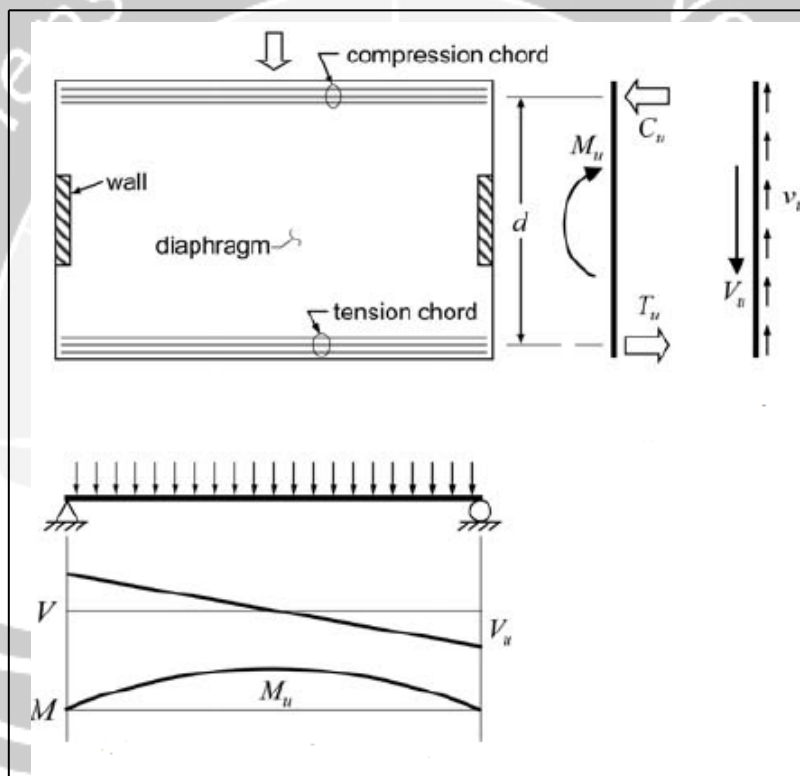
Salah satu fungsi diafragma adalah untuk meneruskan gaya lateral yang terjadi akibat gempa dari elemen penahan gaya lateral vertikal yang satu menuju lainnya. Gaya transfer terbesar umumnya terjadi pada diskontinuitas elemen vertikal (*setback*) atau sering juga pada daerah struktur podium. Kecenderungan gaya paling besar terjadi pada dinding geser yang ditransferkan melalui slab podium kemudian diteruskan ke pondasi atau tanah. Gaya transfer besar bisa terjadi pada daerah slab podium. Ilustrasi tentang diskontinuitas vertikal pada umumnya dapat dilihat pada gambar tersebut:



Gambar 3.1. Contoh diskontinuitas vertikal

3.5.1. Komponen Diafragma

Diafragma terdiri dari beberapa jenis komponen yang meliputi slab diafragma, kord dan kolektor. Diafragma dapat dimodelkan sebagai batang balok diantara dua tumpuan dengan reaksi, gaya geser dan gaya momen yang diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Pemodelan diafragma sebagai balok

Gaya diasumsikan menjadi beban merata, kord yang terkena langsung gaya tersebut dianggap sebagai “kord desak” dan kord lainnya disebut “kord tarik”. Elemen tarik dan desak disebut komponen “kolektor” diperlukan untuk menyalurkan gaya-gaya menuju system penahan gaya lateral selanjutnya.

3.5.2. Gaya desain lateral

Berdasarkan SNI 1726:2012, diafragma lantai dan atap harus didesain untuk menahan gaya gempa desain dari analisis struktur, tetapi tidak boleh kurang dari yang ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$F_{px} = \frac{\sum_{i=x}^n F_i}{\sum_{i=x}^n w_i} w_{px} \quad (3-39)$$

Gaya yang ditentukan dari Persamaan 3-27 tidak boleh kurang dari:

$$F_{px} = 0,2 S_{DS} I_e W_{px} \quad (3-40)$$

dan tidak boleh melebihi:

$$F_{px} = 0,4 S_{DS} I_e W_{px} \quad (3-41)$$

3.5.3. Kekakuan elemen penahan gaya lateral dan pusat kekakuan

Kekakuan elemen struktur dibagi menjadi dua yaitu dinding geser dan *frame system*. Kekakuan dinding geser dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$k_i = V_i = k_{Fi} . k_{Vi} \quad (3-42)$$

Sedangkan untuk *frame systems* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$k_i = \frac{12.E_c}{h_i^2 \left(\frac{1}{\sum k_c + \sum k_b} \right)} \quad (3-43)$$

Pusat kekakuan menjadi poin penting karena reaksi gaya lateral terjadi melalui pusat kekakuan. Pusat kekakuan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$x_{cr} = \frac{\sum (k_i)_y x_i}{\sum (k_i)_y} \quad (3-44)$$

$$y_{cr} = \frac{\sum (k_i)_x y_i}{\sum (k_i)_x} \quad (3-45)$$

Gaya yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$(V_i)_y = \frac{(k_i)_y}{\sum (k_i)_y} V_y \pm \frac{\bar{x}(k_i)_y}{\sum \bar{x}_i^2 (k_i)_y + \sum \bar{y}_i^2 (k_i)_x} V_y e_x \quad (3-46)$$

$$(V_i)_x = \frac{(k_i)_x}{\sum (k_i)_x} V_x \pm \frac{\bar{y}(k_i)_x}{\sum \bar{x}_i^2 (k_i)_y + \sum \bar{y}_i^2 (k_i)_x} V_x e_y \quad (3-47)$$