

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perencanaan Pembebanan

Pembebanan yang digunakan penulis pada tugas akhir ini merupakan kombinasi dari tiga jenis beban, yaitu beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

3.1.1 Kuat Perlu

Sesuai dengan peraturan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung dalam SNI 1726:2012, kekuatan suatu struktur perlu dihitung menggunakan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

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

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

$$3. U = (1,2 + 0,2 SDS) D + 1,0 L + \rho Ex + 0,3 \rho Ey \quad (3-3)$$

$$4. U = (1,2 + 0,2 SDS) D + 1,0 L + \rho Ex - 0,3 \rho Ey \quad (3-4)$$

$$5. U = (1,2 + 0,2 SDS) D + 1,0 L - \rho Ex + 0,3 \rho Ey \quad (3-5)$$

$$6. U = (1,2 + 0,2 SDS) D + 1,0 L - \rho Ex - 0,3 \rho Ey \quad (3-6)$$

$$7. U = (1,2 + 0,2 SDS) D + 1,0 L + 0,3 \rho Ex + \rho Ey \quad (3-7)$$

$$8. U = (1,2 + 0,2 SDS) D + 1,0 L + 0,3 \rho Ex - \rho Ey \quad (3-8)$$

$$9. U = (1,2 + 0,2 SDS) D + 1,0 L - 0,3 \rho Ex + \rho Ey \quad (3-9)$$

$$10. U = (1,2 + 0,2 SDS) D + 1,0 L - 0,3 \rho Ex - \rho Ey \quad (3-10)$$

$$11. U = (0,9 - 0,2 SDS) D + \rho Ex + 0,3 \rho Ey \quad (3-11)$$

$$12. U = (0,9 - 0,2 SDS) D + \rho Ex - 0,3 \rho Ey \quad (3-12)$$

$$13. U = (0,9 - 0,2 SDS) D - \rho Ex + 0,3 \rho Ey \quad (3-13)$$

$$14. U = (0,9 - 0,2 SDS) D - \rho Ex - 0,3 \rho Ey \quad (3-14)$$

$$15. U = (0,9 - 0,2 SDS) D + 0,3 \rho Ex + \rho Ey \quad (3-15)$$

$$16. U = (0,9 - 0,2 SDS) D + 0,3 \rho Ex - \rho Ey \quad (3-16)$$

$$17. U = (0,9 - 0,2 SDS) D - 0,3 \rho Ex + \rho Ey \quad (3-17)$$

$$18. U = (0,9 - 0,2 SDS) D - 0,3 \rho Ex - \rho Ey \quad (3-18)$$

Notasi:

U = kuat perlu

D = beban mati

L = beban hidup

Ex = beban gempa arah x

Ey = beban gempa arah y

3.1.2 Kuat Desain

Sesuai dengan peraturan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan dalam SNI 2847:2013, kuat desain suatu komponen struktur, sambungan antar komponen struktur dan penampangnya, hubungan lentur, beban normal geser, serta torsi, maka kuat nominal yang digunakan perlu dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ) sesuai dengan yang tertulis pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1. Faktor Reduksi Kekuatan Desain (ϕ)

No	Keterangan	Faktor Reduksi (ϕ)
1	Penampang terkendali tarik	0,9
2	Penampang terkendali tekan	0,75
	a. Komponen struktur dengan tulang spiral	
	b. Komponen struktur bertulang lainnya	0,65
3	Geser dan torsi	0,75
4	Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengikat)	0,65

No	Keterangan	Faktor Reduksi (ϕ)
5	Daerah angkur pasca tarik	0,85
6	Model strat dan pengikat, strat pengikat daerah pertemuan (<i>nodal</i>), dan daerah tumpuan dalam model tersebut	0,75
7	Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman <i>strand</i> kurang dari panjang penyaluran: a. Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer b. Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran ϕ boleh ditingkatkan secara linier	0,75 0,75 – 0,9

3.2 Perencanaan Beban Gempa

3.2.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI 1726:2012, kategori risiko bangunan gedung untuk beban gempa adalah sebagai berikut ini.

Tabel 3.2. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

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: - 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: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<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 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 	IV

3.2.2 Faktor Keutamaan Struktur Bangunan

Sesuai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pada Tabel 3.2 maka terhadap pengaruh gempa rencana, harus dikalikan dengan faktor keutamaan I_e .

Tabel 3.3. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
Iv	1,50

3.2.3 Klasifikasi Situs

Sesuai SNI 1726;2012, berikut merupakan definisi untuk menentukan tipe klasifikasi situs.

Tabel 3.4. 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, 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: – 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 Wilayah Gempa dan Respons Spektrum

Respon spektral percepatan gempa MCE_R pada permukaan tanah ditentukan oleh suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik, meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Sesuai pengaruh klasifikasi situs, parameter spektrum respons percepatan perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}), ditentukan dengan rumus berikut.

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

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

dengan:

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

S_I = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik

Nilai S_S dan S_I dapat ditentukan dari peta gerak seismik, sedangkan nilai F_a dan F_v didapat dari tabel berikut.

Tabel 3.5. Kelas Situs F_a

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

Tabel 3.6. Kelas Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=1$ detik, S_I				
	$S_S \leq 0,1$	$S_S = 0,2$	$S_S = 0,3$	$S_S = 0,4$	$S_S \geq 0,5$
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				

Parameter percepatan respon spektral untuk periode pendek, S_{DS} dan periode 1,0 detik S_{DI} dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

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

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \quad (3-22)$$

dengan:

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

S_{DI} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

3.2.5 Kategori Desain Seismik

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

Tabel 3.7. Kategori Desain Seismik 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
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3.8. Kategori Desain Seismik pada Periode 1 Detik

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

3.2.6 Periode Fundamental Pendekatan

Periode fundamental pendekatan T_a , dalam detik, didapat dari persamaan berikut.

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

dengan:

h_n = ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tinggi struktur, dan koefisien C_t , dan x ditentukan dari tabel berikut.

Tabel 3.9. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 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

Batas atas dari periode fundamental pendekatan dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 3.10. Koefisien Batas Atas Periode 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

Parameter percepatan renspons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Dapat juga diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan T_a , dalam detik. Untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3m, dapat menggunakan rumus berikut.

$$T_a = 0,1 N \quad (3-24)$$

dengan:

N = Jumlah tingkat

3.2.7 Gaya Lateral Ekvivalen

1. Gaya dasar seismik

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

$$V = C_s \cdot W \quad (3-25)$$

C_s harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \quad (3-26)$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai persamaan diatas tidak perlu melebihi:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \frac{R}{I_e}} \quad (3-27)$$

C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3-28)$$

Pada struktur yang berlokasi di daerah dengan S_I sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g, maka C_s harus diambil sebesar:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \frac{R}{I_e}} \quad (3-29)$$

dengan:

- C_s = koefisien respons seismik
 - W = berat seismik efektif
 - S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek
 - S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik
 - I_e = faktor keutamaan gempa
 - T = periode fundamental struktur
 - S_I = parameter percepatan spektrum respons maksimum
2. Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya gempa lateral yang timbul di semua tingkat dapat ditentukan dari persamaan berikut.

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

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

dengan:

- C_{vx} = faktor distribusi vertikal
- V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)
- W = bagian berat seismik efektif total struktur
- h = tinggi dari dasar

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:
 untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang,
 $k=1$ untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih,
 $k=2$ untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k
 harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

3. Distribusi horizontal gaya gempa
 Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x) dapat ditentukan dari persamaan berikut.

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3-32)$$

dengan:

F_i adalah bagian dari geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat i

3.3 Perencanaan Struktur Atas

3.3.1 Perencanaan Pelat

Dalam merencanakan pelat lantai, dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Sistem perencanaan pelat satu arah (*one way slab*)

Pada pelat 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, maka tebal minimum pelat tersebut dapat ditentukan dalam tabel berikut.

Tabel 3.11. Tebal Minimum Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tebal Minimum			
	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 massif satu arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$
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: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65-0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4+ f_y/700)$				

2. Sistem perencanaan pelat dua arah (*two way slab*)

Pelat dengan nilai perbandingan antara bentang panjang terhadap bentang pendek tidak lebih dari 2, dapat ditetapkan sebagai pelat dua arah dan nilai tebal minimum pelat harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Pelat tanpa panel drop harus lebih besa dari 125 mm
2. Pelat dengan panel drop harus lebih besar dari 100 mm

Tabel 3.12. Tebal Minimum Pelat Dua Arah

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	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$
Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.						

Untuk f_y antara lain yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
 Panel drop didefinisikan pada pasal 13.2.5
 Pelat dengan balok diantara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior.
 Nilai α_{fm} untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8

dengan:

α_{fm} = Rata-rata rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel di sebelahnya (jika ada) pada setiap sisi balok.

Untuk pelat dengan balok membentang diantara 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 3.12
2. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, h tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (3-33)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm;

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

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \quad (3-34)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm;

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_f 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.

3.3.2 Perencanaan Balok

Perencanaan elemen struktur balok meliputi gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur P_u tidak boleh melebihi tinggi efektifnya, bentang bersih untuk komponen struktur ℓ_n tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya, lebar komponen b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm.

1. Penulangan Longitudinal

Untuk menentukan luas tulangan tarik longitudinal digunakan rumus sebagai berikut:

$$A_{s \min} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (3-35)$$

dan tidak lebih kecil dari

$$A_{s \min} = 1,4b_w \frac{d}{f_y} \quad (3-36)$$

dengan:

A_s = luas tulangan Tarik longitudinal non-prategang

b_w = lebar badan

d = jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan longitudinal

f_y = kuat leleh baja tulangan

2. Penulangan Transversal

Pada kedua ujung balok, sengkang harus dipasang tidak kurang dari $2h$ yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi terkecil dari (a), (b), (c), dan (d):

(a) $d/4$;

(b) Delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi;

(c) 24 kali diameter batang tulangan sengkang;

(d) 300 mm.

Sengkang harus dipastikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok.

3.3.3 Perencanaan Kolom

1. Desain Beban Aksial

Berikut merupakan persamaan untuk menentukan beban aksial yang bekerja pada kolom.

a. Komponen struktur non-prategang dengan tulangan spiral atau komponen struktur komposit.

$$\phi P_{n(\max)} = 0,85\phi[0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3-37)$$

b. Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan pengikat.

$$\phi P_{n(\max)} = 0,80\phi[0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3-38)$$

dengan:

ϕ = faktor reduksi kekuatan

f'_c = kekuatan tekan beton yang disyaratkan

f_y = kekuatan leleh tulangan

A_g = luas bruto penampang beton

A_{st} = luas total tulangan longitudinal non-prategang

c. Pengaruh Kelangsingan Kolom

Dalam merencanakan suatu kolom, pengaruh kelangsingan dapat diabaikan bila terjadi hal berikut.

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

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22 \quad (3-39)$$

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

$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12(M_1 / M_2) \leq 40 \quad (3-40)$$

Dimana M_1/M_2 adalah positif jika kolom dibengkokkan dalam kurvatur tunggal, dan negatif dalam kurvatur ganda.

dengan:

k = faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan

l_u = panjang tak tertumpu komponen struktur tekan

M_1 = momen ujung terfaktor terkecil pada komponen struktur tekan

M_2 = momen ujung terfaktor terbesar pada komponen

d. Kuat Lentur Kolom

Kekuatan lentur dalam suatu kolom harus memenuhi persamaan berikut.

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb} \quad (3-41)$$

dengan:

M_{nc} = kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur yang rendah

M_{nb} = kekuatan lentur nominal balok termasuk pelat bilamana tertarik, yang merangka ke dalam joint

e. Perencanaan Tulangan Transversal

Dalam perencanaan suatu penampang terhadap geser, harus memenuhi persamaan berikut.

$$\phi V_n = V_u \quad (3-42)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-43)$$

dengan:

V_u = gaya geser terfaktor

V_n = kuat geser nominal

V_c = kuat geser yang disambungkan oleh beton

V_s = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser

Kemudian, disebutkan juga bahwa kekuatan geser beton dapat diperhitungkan dengan ketentuan berikut.

Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-43)$$

Untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-44)$$

Apabila V_u melebihi ϕV_n maka tulangan geser harus diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (3-45)$$

dan V tidak lebih besar dari

$$0,66 \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-46)$$

Luas tulangan geser minimum ditentukan dengan rumus berikut.

$$A_{v \min} = 0,062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (3-47)$$

dan tidak boleh kurang dari

$$A_{v \min} = \frac{0,35 b_w s}{f_{yt}} \quad (3-48)$$

dengan:

V_c = kekuatan geser nominal beton

λ = faktor modifikasi properti beton ringan

N_u = gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang

V_s = kekuatan geser nominal tulangan geser

s = spasi pusat ke pusat tulangan

A_v = luas tulangan geser berspasi

Untuk komponen struktur tekan, spasi tulangan transversal sepanjang ℓ_0 komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum;
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil; dan
- S_o , seperti didefinisikan oleh persamaan berikut.

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (3-49)$$

Luas penampang total tulangan sengkang, A_{sh} , tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh persamaan berikut.

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_e f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3-50)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \quad (3-51)$$

dengan:

A_{sh} = luas penampang total tulangan transversal dalam spasi dan tegak lurus terhadap dimensi b_c

A_{ch} = luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal

b_c = dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal yang membentuk luas A_{sh}

f_{yt} = kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan

f. Diagram Interaksi

Dalam Penulisan Tugas Akhir ini, digunakan bantuan diagram interaksi PCA Col untuk mempermudah perancangan kolom dan dinding geser. Dalam setiap diagram, disediakan beberapa rasio tulangan yang dapat digunakan untuk perencanaan. Diagram interaksi dibuat untuk kuat perlu, kuat nominal dan kapasitas maksimum.