

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pembebanan

Beban yang ditinjau dan dihitung dalam perancangan gedung ini adalah beban hidup, beban mati dan beban gempa.

3.1.1. Kuat Perlu

Beban yang digunakan sesuai dalam tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2013) dan tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 03-1726-2012). Berikut kombinasi kuat perlu yang digunakan :

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

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

3. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,0 L + 1,3 Ex + 0,39 Ey$ (3-3)

4. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,0 L + 1,3 Ex - 0,39 Ey$ (3-4)

5. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,0 L - 1,3 Ex + 0,39 Ey$ (3-5)

6. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,0 L - 1,3 Ex - 0,39 Ey$ (3-6)

7. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,0 L + 0,39 Ex + 1,3 Ey$ (3-7)

8. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,0 L + 0,39 Ex - 1,3 Ey$ (3-8)

9. $(1,2+0,2S_{DS}) D + 1,0 L - 0,39 Ex + 1,3 Ey$ (3-9)

10. $(1,2+0,2S_{DS})D + 1,0 L - 0,39 Ex - 1,3 Ey$ (3-10)

11. $(0,9+0,2S_{DS})D + 1,3 Ex + 0,39 Ey$ (3-11)

12. $(0,9+0,2S_{DS})D + 1,3 Ex - 0,39 Ey$ (3-12)

13. $(0,9+0,2S_{DS})D - 1,3 Ex + 0,39 Ey$ (3-13)

14. $(0,9+0,2S_{DS})D - 1,3 Ex - 0,39 Ey$ (3-14)

15. $(0,9+0,2S_{DS})D + 0,39 Ex + 1,3 Ey$ (3-15)

$$16. \quad (0,9+0,2S_{DS})D + 0,39 E_x - 1,3 E_y \quad (3-16)$$

$$17. \quad (0,9+0,2S_{DS})D - 0,39 E_x + 1,3 E_y \quad (3-17)$$

$$18. \quad (0,9+0,2S_{DS})D - 0,39 E_x - 1,3 E_y \quad (3-18)$$

Dengan : U = kuat perlu
 D = beban mati
 L = beban hidup
 E_x = beban gempa (arah x)
 E_y = beban gempa (arah y)

3.1.2 Kuat Rencana

Kuat rencana suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan perilaku lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi dari SNI-03-2847-2013, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ dalam pasal 9.3.2.1 sampai 9.3.2.7.

- a) Penampang terkendali tarik.....0,90
- b) Penampang terkendali tekan.....0,75
- c) Geser dan torsi.....0,75
- d) Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengikat).....0,65
- e) Daerah angkur pasca tarik.....0,85
- f) Model Strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan (*nodal*), dan daerah tumpuan dalam model tersebut.....0,75
- g) Penampang lentur dalam komponen struktur praktik dimana penanaman strand kurang dari panjang penyaluran:
 - dari ujung komponen ke ujung panjang transfer.....0,75

dari ujung panjang transfer keujung panjang penyaluran \emptyset boleh ditingkatkan secara linear dari.....0,75 sampai 0,9

3.2. Analisis Beban Gempa

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa dinamik.

Adapun langkah-langkah menghitung beban gempa menurut SNI 1726 : 2013 adalah sebagai berikut:

1. menentukan S_s dan S_1 berdasarkan letak bangunan. S_s dan S_1 parameter percepatan respons spektral MCE,
2. menentukan klas situs dan menentukan F_a serta F_v . F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel 3.1 dan 3.2 berikut,
3. hitung S_{MS} dan S_{M1} , dengan rumus sebagai berikut :

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

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3-20)$$

Keterangan :

F_a = koefisien situs untuk periode pendek

F_v = koefisien situs untuk periode panjang

4. hitung S_{DS} dan S_{D1} :

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

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (3-22)$$

Keterangan :

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

S_{DI} = parameter percepatan respons spektral pada perioda satu detik

Tabel 3.1. Koefisien situs, F_a
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

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 3.2. Koefisien situs, F_v
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE _R terpetakan pada perioda 1 detik, S_I				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
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				

5. tentukan kategori risiko berdasarkan Tabel 1-Kategori bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa, SNI 1726 : 2012 subpasal 4.1.2,
6. tentukan Kategori Desain Seismik (SDC = *Seismic Design Category*), dapat dilihat pada tabel 3.3 untuk S_{DS} dan 3.4 untuk S_{DI} ,

Tabel 3.3. KDS berdasarkan S_{DS} .
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

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	B
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	C
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3.4. KDS berdasarkan S_{D1} .
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	B
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	C
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

jika $S_1 > 0,75$. Maka, untuk kategori risiko I/II/III : maka KDS E, sedangkan untuk kategori risiko IV : maka KDS F. Jika $S_1 \leq 0,04 g$ dan $S_s \leq 0,15g \rightarrow$ KDS A,

7. tentukan sistem struktur dan parameter struktur berdasarkan KDS berdasarkan Tabel 9, SNI 1726 :2012 subpasal 7.2.2,
8. tentukan faktor keutamaan (I_E) berdasar tabel 3.5,

Tabel 3.5. Faktor keutamaan.
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

KATEGORI RISIKO	FAKTOR KEUTAMAAN GEMPA (I_E)
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

9. tentukan periode Fundamental,

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

Keterangan :

T_a = periode fundamental
 C_t dan x = koefisien yang di tentukan dari tabel 15 SNI 1276-2012
 h = ketinggian struktur

10. tentukan faktor respons gempa, C_s , dengan rumus:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-24)$$

Keterangan:

C_s = faktor respons gempa
 S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek
 R = faktor modifikasi respons
 I_E = faktor keutamaan gempa yang ditentukan

11. hitung berat efektif bangunan, dengan syarat yang terdapat dalam SNI 1276-2012 sub pasal 7.7.2.

12. hitung gaya geser gempa, dengan rumus:

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

Keterangan :

V = geser dasar seismik
 C_s = koefisien respons seismik
 W = berat seismik efektif

13. distribusi beban lateral pada setiap lantai, dengan rumus:

$$F_x = C_{vx} V \quad (3-26)$$

Keterangan:

F_x = gaya gempa lateral
 C_{vx} = faktor distribusi vertikal

3.3. Batasan Simpangan antara Lantai Tingkat

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti pada tabel 3.7. untuk semua tingkat. Penentuan simpangan antar lantai dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.4. Perencanaan Struktur

Struktur yang akan dirancang adalah struktur atas. Meliputi pelat, balok, kolom, dan tangga.

3.4.1. Perencanaan Pelat Lantai

1. Tebal pelat

1) Tebal minimum pelat satu arah

Tebal pelat satu arah (pelat yang didukung pada kedua tepi berhadapan) ditentukan dalam SNI 03-2874-2013, pasal 9.5.2. dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Dikatakan pelat satu arah jika

$$\frac{l_y}{l_x} > 2 \quad (3-27)$$

Tabel 3.6 Tebal minimum balok non pra-tegang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.

(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak di hubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusuk oleh lendutan yang besar			
komponen masif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

Tabel 3.7. Simpangan antar lantai ijin, $\Delta_\alpha^{a,b}$
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

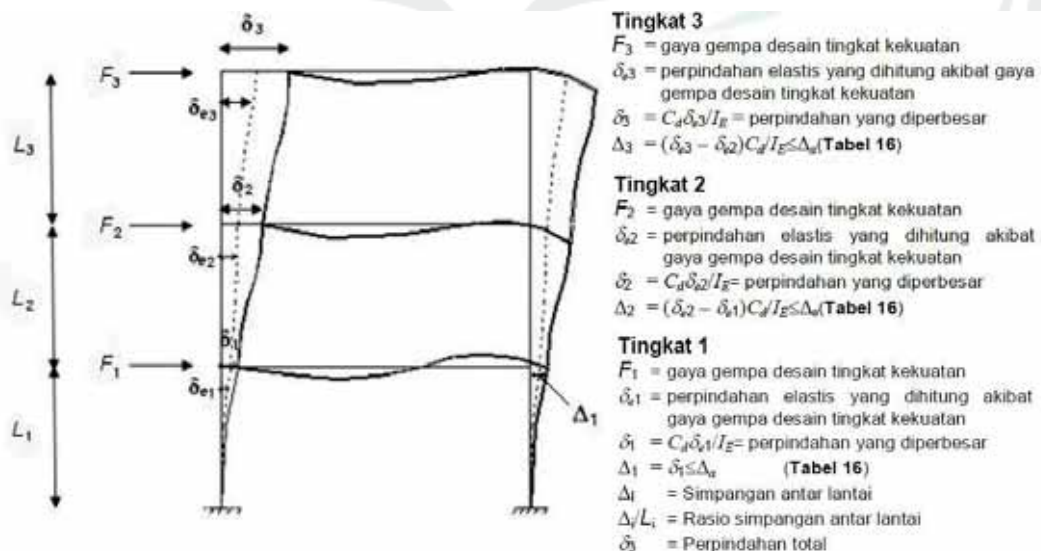
Struktur	kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Sturuktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.

^b untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin

^c tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.

^d Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapat diabaikan



Gambar 3.1 Penentuan simpangan antar lantai
(Sumber : SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.3)

2) Tebal pelat dua arah

Dikatakan pelat dua arah jika

$$\frac{l_y}{l_x} \leq 2 \quad (3-28)$$

Tebal pelat dua arah dapat di rencanakan berdasarkan pada pasal 9.5.3.2, SNI 03-2874-2013, sebagai berikut:

- a. Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang diantara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan tabel 3.8 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

tanpa panel drop (*drop panels*).....125 mm

dengan panel drop (*drop panels*).....100 mm

Tabel 3.8 Tebal pelat tanpa balok interior yang membentang.
(Sumber : SNI 03-2847-2013)

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 didefinisikan dalam 13.2.5.

** Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

- b. Untuk pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya (h) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan pasal 9.5.3.2, SNI 03-2874-2013,

untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih besar dari 2,0, h tidak kurang dari :

$$h = \frac{l_n \times \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \geq 125 \text{ mm} \quad (3-29)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm;

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

$$h = \frac{l_n \times \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm} \quad (3-30)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Keterangan :

h = tebal pelat

l_n = panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan

f_y = kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan

β = rasio panjang terhadap pendek bentang bersih untuk pelat dua arah

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok tepi panel

2. tulangan susut dan suhu

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2. tulangan ulir yang digunakan sebagai tulangan susut dan suhu harus disediakan sesuai persyaratan berikut :

- a. luas tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton, tetapi tidak kurang dari 0,0014. Syarat luas tulangan susut dan suhu maupun tulangan sebagai berikut :

Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350.....0,0020

Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420.....0,0018

Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen..... $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

- b. tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm,
- c. pada semua penampang bilamana diperlukan, tulangan untuk menahan tegangan susut dan suhu pada semua penampang harus mampu mengembangkan f_y .

3. Syarat spasi tulangan susut dan suhu (dipilih nilai yang terkecil) :

$$s \leq 5h \text{ (h tebal pelat)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

3.4.2 Perencanaan Balok

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam perencanaan balok adalah sebagai berikut :

1. Menghitung dimensi dan momen balok

Dimensi balok yang umumnya digunakan di lapangan:

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L \quad (3-31)$$

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h \quad (3-32)$$

Keterangan :

h : tinggi balok

b : lebar balok

L : panjang bentang terpanjang

2. Penulangan longitudinal balok

Pada estimasi tulangan balok, M_u baru yang telah didapat dari perhitungan sebelumnya digunakan untuk menghitung R_n perlu. Perencanaan tulangan lentur nilai momen lentur akibat beban terfaktor (M_u) diperoleh dari hasil analisa struktur program bantuan. Koefisien tahanan didefinisikan dengan persamaan berikut ini:

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b \cdot d^2} \quad (3-33)$$

(asumsi awal $\phi = 0,9$ berdasarkan SNI 03-2847-2013, pasal 9.3.2.1)

Luas tulangan yang dibutuhkan pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d \quad (3-34)$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) \quad (3-35)$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \frac{1,4}{f_y} \quad (3-36)$$

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

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - 0,59 \frac{A_s f_y}{f'_c b_w} \right) \quad (3-37)$$

Luas tulangan maksimum pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut.

$$\rho_{max} = 0,004 \quad (3-38)$$

$$A_s \text{ max} = \rho_{max} \cdot b \cdot d \quad (3-39)$$

Cek luas kebutuhan :

$$A_s \text{ min} \leq A_s \text{ perlu} \leq A_s \text{ max} \quad (3-40)$$

3. Tulangan geser

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 11.1.1, perencanaan penampang terhadap geser harus memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-41)$$

dengan :

ϕ = faktor reduksi kekuatan

V_n = kuat geser nominal = $V_c + V_s$

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

Kuat geser nominal untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja dapat dihitung dengan rumus yang terdapat dalam SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.1 :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-42)$$

Pemasangan tulangan geser diperlukan jika :

$$\frac{V_u}{\phi} \geq V_n \quad (3-43)$$

Jika pemasangan tulangan geser diperlukan, kuat geser nominal yang harus ditahan oleh tulangan geser dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti yang tercantum di bawah ini.

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3-44)$$

Dan tidak boleh lebih besar dari $0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$.

Batasan spasi maksimum tulangan geser ditentukan dengan SNI 03-2847-2013, pasal 11.4.5 :

1. spasi tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$ pada komponen struktur non prategang dan $0,75 h$ pada komponen struktur prategang, ataupun 600 mm,
2. sengkang miring dan tulangan longitudinal yang dibengkokkan harus dipasang dengan spasi sedemikian hingga setiap garis 45 derajat, menerus ke arah reaksi dari tengah tinggi komponen struktur $d/2$ ke tulangan tarik longitudinal, harus disilang oleh paling sedikit satu garis tulangan geser,
3. bila V_s melebihi $0,33 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$, maka spasi maksimum seperti yang terdapat pada point 1 dan 2 harus dikurangi setengahnya,

Menurut SNI 2847 pasal 21.3.4.2, sengkang pertama harus dipasang tidak boleh lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum antara sengkang tertutup tidak boleh melebihi:

- (a) $d/4$,
- (b) delapan kali diameter terkecil tulangan memanjang,

(c) 24 kali diameter batang tulangan sengkang tertutup, dan

(d) 300 mm.

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

Spasi sengkang:

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

Keterangan :

V_c	: kekuatan geser nominal beton
V_s	: kekuatan geser nominal angkur
s	: spasi antar sengkang
A_v	: luas tulangan geser
F_y	: kekuatan leleh tulangan
d	: jarak dari serat terjauh ke pusat tulangan

3.4.3. Perencanaan Kolom

1. Dimensi kolom

Dalam melakukan estimasi dimensi kolom, perlu diketahui beban aksial yang bekerja diatas kolom. Rumus untuk menghitung terdapat dalam SNI 2847 pasal 10.3.6 yaitu sebagai berikut :

$$P_n = 0,80 \phi \{0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\} \quad (3-46)$$

dengan nilai $\phi = 0,65$

2. Pengaruh kelangsingan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.1, pengaruh kelangsingan pada komponen struktur yang ditahan terhadap goyangan samping dapat diabaikan apabila memenuhi persamaan berikut ini :

$$\frac{k \lambda_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3-47)$$

Sedangkan kontrol kelangsingan kolom untuk rangka portal bergoyang, sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.1 untuk komponen struktur yang tidak ditahan terhadap goyangan samping, pengaruh kelangsingan dapat diabaikan bila :

$$\frac{k \lambda_u}{r} \leq 22 \quad (3-48)$$

dengan :

- k = faktor panjang efektif struktur tekan, yang besarnya didapat dari gambar S 10.10.1.1 SNI 03-2847-2013
- λ_u = panjang bersih komponen struktur tekan
- r = radius girasi struktur tekan, boleh diambil 0,3 kali dimensi total dalam arah stabilitas yang ditinjau untuk komponen struktur tekan persegi (SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.1.2)
- $M1, M2$ = momen-momen ujung terfaktor pada kolom yang posisinya berlawanan.

3. Kuat lentur

Komponen struktur rangka momen khusus yang dikenai beban lentur dan aksial berdasar SNI-03-2847-13 merupakan :

- a. Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm
- b. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4
- c. Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (3-49)$$

Dimana :

- $\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi dimuka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah,

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

4. Gaya geser

Gaya geser rencana (V_e) untuk menentukan keperluan tulangan geser kolom harus ditentukan dari kuat momen maksimum M_{pr} dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di hubungan balok-kolom yang bersangkutan. Gaya geser rencana (V_e) tersebut tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada M_{pr} komponen struktur transfersal yang merangka ke dalam joint. pada gaya geser rencana berdasarkan kuat momen balok yang merangka pada hubungan balok kolom tersebut, namun tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor berdasarkan analisis struktur.

perencanaan penampang terhadap geser harus memenuhi persamaan seperti berikut ini.

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-50)$$

V_u adalah gaya geser terfaktor dan V_n adalah kuat geser nominal yang dihitung dari persamaan berikut.

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-51)$$

dengan : V_c = kuat geser yang disumbangkan oleh beton.

Kuat geser disumbang oleh beton untuk komponen struktur yang dibebani gaya tekan aksial sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.2. ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (3-52)$$

dan

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (3-53)$$

dengan:

- 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 yang baja,
- f'_c = kuat tekan beton yang disyaratkan,

5. Tulangan transversal Kolom

Pada SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.4.b, luas penampang total tulangan sengkang persegi adalah sebagai berikut :

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{sh}} \right) - 1 \right] \quad (3-54)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \quad (3-55)$$

dengan :

- A_{sh} = luas total penampang sengkang tertutup persegi,
- A_g = luas brutto penampang,
- A_{ch} = luas penampang dari sisi luar ke sisi tulangan transversal,
- b_c = dimensi penampang inti kolom diukur dari sumbu ke sumbu tulangan pengekang,
- s = spasi tulangan transversal,
- f_{yt} = tegangan leleh baja tulangan transversal.
- f'_c = kuat tekan beton.

Tulangan transversal tersebut menurut SNI 03-2847-2013 pasal 2.6.4.1, harus dipasang sepanjang l_o dari setiap muka joint dan pada kedua sisi seberang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis, dengan panjang l_o tidak kurang dari:

- a. tinggi penampang kolom pada muka hubungan balok-kolom,

- b. seperenam bentang bersih komponen struktur, dan
- c. 450 mm.

Spasi tulangan transfersal yang dipasang sepanjang l_0 (panjang minimum dimana harus disediakan tulangan transversal yang dihitung dari muka join sepanjang kolom) tidak boleh lebih kecil dari peraturan yang diperoleh dalam SNI 2847 pasal 21.6.4.3, yaitu sepanjang :

- a. seperempat dimensi komponen struktur minimum (kolom terkecil) ,
- b. enam kali diameter tulangan longitudinal yang terkecil, dan
- c. $s_o = 100 + \frac{350-h_x}{3}$ (3-56)

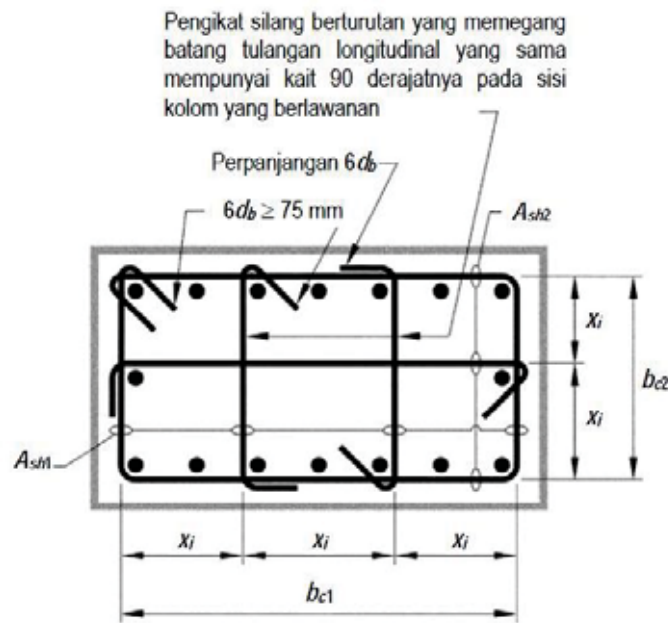
Gambar 3.2 merupakan contoh dari gambar tulangan transversal pada kolom.

3.4.4. Perencanaan Tangga

Untuk perhitungan tangga dimodelkan dimana ujung perletakan pada pelat dianggap sebagai sendi dan perletakan bordes dianggap rol dengan anggapan tangga merupakan unsur sekunder yang tidak mempengaruhi kekuatan struktur secara keseluruhan.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 7.7 ayat 1.c selimut beton untuk tulangan dengan diameter ≤ 36 mm digunakan setebal 20 mm. Tangga dimodelkan sebagai balok tipis dengan lebar 1000 mm.

Penulangan lentur dapat dilakukan setelah mendapat *output* program, hasil yang diperoleh adalah nilai momen lentur M_u .



Gambar 3.2 contoh tulangan transversal pada kolom
 (sumber SNI 03-2847-2013)

Koefisien tahanan didefinisikan dengan persamaan berikut ini:

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (3-57)$$

Luas tulangan yang dibutuhkan pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d \quad (3-58)$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) \quad (3-59)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \frac{1,4}{f_y} \quad (3-60)$$

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

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - 0,59 \frac{A_s f_y}{f'_c b_w} \right) \quad (3-61)$$

Luas tulangan maksimum pada komponen struktur lentur adalah sebagai berikut.

$$\rho_{\max} = 0,004 \quad (3-62)$$

$$A_s \max = \rho_{\max} \cdot b \cdot d \quad (3-63)$$

Cek luas kebutuhan :

$$A_s \min \leq A_s \text{ perlu} \leq A_s \max \quad (3-64)$$

