

BAB II

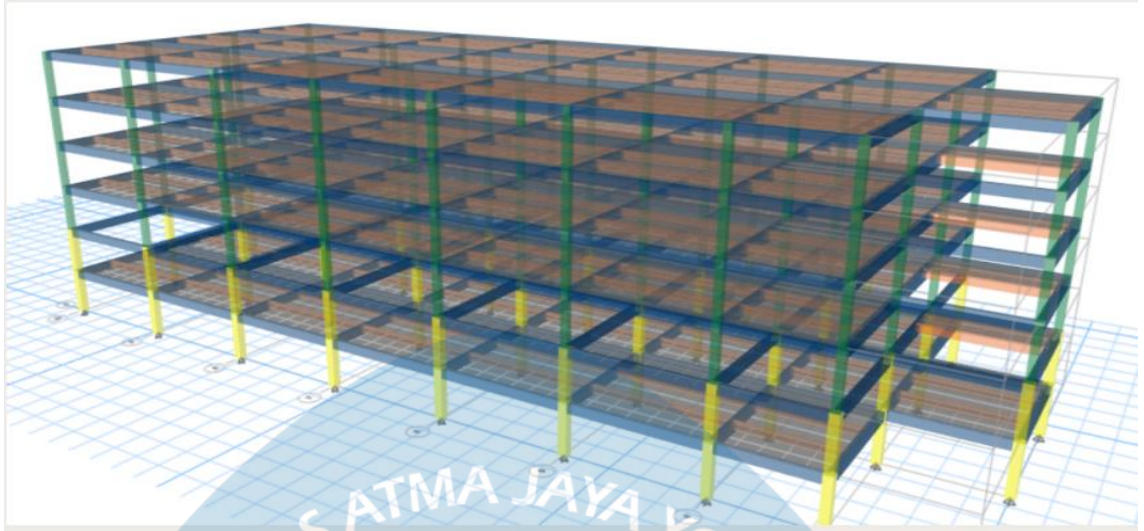
PERANCANGAN STRUKTUR ATAS

2.1 Pendahuluan

Struktur atas merupakan struktur yang berada di atas tanah yang terdiri atas: atap, tangga, pelat lantai, balok dan kolom. Perencanaan struktur atas menggunakan struktur beton bertulang pada elemen balok, kolom, tangga dan pelat lantai. Perencanaan struktur atas dimulai dengan merencanakan balok dan kolom dengan menggunakan ETABS. Dengan menentukan ukuran balok, kolom, dan pelat yang dimiliki sesuai dengan syaratnya. Pada desain menggunakan ETABS ini memasukan data desain spektrum sesuai daerahnya masing-masing.

Dalam merencanakan struktur atas, ada beberapa acuan yang dipakai, seperti:

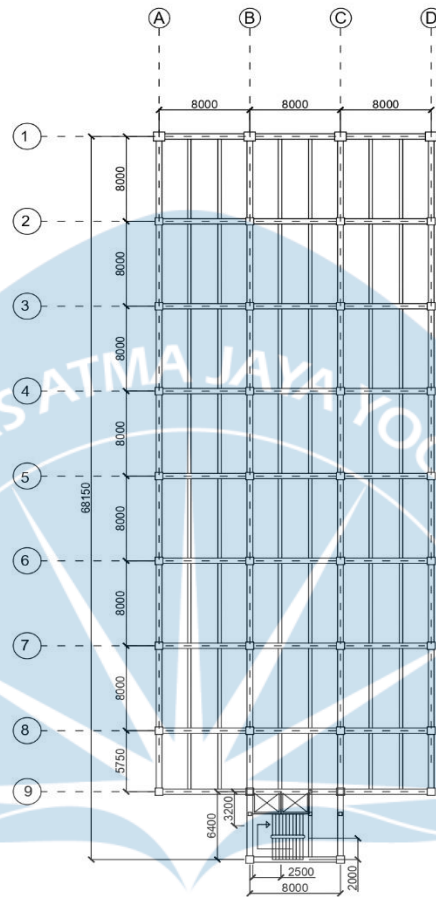
- SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan
- SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Gedung Baja Struktural
- SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain
- SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung
- PBI (Peraturan Beton Bertulang Indonesia) 1971



Gambar 2. 1 Gambar Model Tiga Dimensi Dengan ETABS



2.2 Layout Struktur Bangunan



Gambar 2. 2 Gambar Layout Lantai 1-5

2.3 Preliminary Design

2.3.1 Balok

a. Beban Rencana Balok Induk

Beban Mati

$$\text{Berat sendiri pelat lantai} = 0,15 \times 24 = 3,6 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat pasir (30mm)} = 0,03 \times 16 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plafon dan penggantung} = 0,18 \text{ kN/m}^2 +$$

$$Q_{DL} = 4,26 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban Hidup (SNI 1727:2013)} \quad Q_{LL} = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban terfaktor } W_u &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\
 &= 1,2 \times 4,26 + 1,6 \times 2 \\
 &= 8,312 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Beban Rencana Balok Anak

Beban Mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri pelat lantai} &= 0,15 \times 24 = 3,6 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Berat pasir (30mm)} &= 0,03 \times 16 = 0,48 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Berat ubin dan spesi (50mm)} &= 0,05 \times 22 = 1,1 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Berat plafon dan penggantung} &= 0,18 \text{ kN/m}^2 + \\
 &Q_{DL} = 5,36 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Beban Hidup (SNI 1727:2013)} &Q_{LL} = 2 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban terfaktor } W_u &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\
 &= 1,2 \times 5,36 + 1,6 \times 2 \\
 &= 9,632 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Perkiraan Momen Akibat Beban

Sesuai pasal 8.3.3 SNI 2847:2013, momen negatif pada eksterior dari tumpuan interior pertama untuk bentang lebih dari dua:

$$M_u = 0,1 (W_u \cdot l^2)$$

a. Balok Induk bentang 8 meter

$$\begin{aligned}
 W_u &= \text{lebar luasan yang didukung} \times \text{beban tiap meter balok} \\
 W_u &= 8 \times 8,312 = 66,496 \text{ kN/m} \\
 M_{u \text{ maks}} &= 0,1 \times (66,496 \times 8^2) \\
 &= 425,5744 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

b. Balok Induk bentang 8 meter

$$\begin{aligned}
 W_u &= \text{lebar luasan yang didukung} \times \text{beban tiap meter balok} \\
 W_u &= 4 \times 8,312 = 33,248 \text{ kN/m} \\
 M_{u \text{ maks}} &= 0,1 \times (33,248 \times 8^2) \\
 &= 212,7872 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

c. Balok Anak bentang 8 meter

W_u = lebar luasan yang didukung x beban tiap meter balok

$$W_u = 4 \times 9,632 = 38,528 \text{ kN/m}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 0,1 \times (38,528 \times 8^2)$$

$$= 246,5792 \text{ kNm}$$

Tabel 2. 1 Hasil Perhitungan Perkiraan Momen Akibat Beban

Jenis Balok	W_u (kN/m)	$M_{u \text{ maks}}$ (kNm)
Balok Induk 8 m	66,496	425,5744
Balok Induk 8 m	33,248	212,7872
Balok Anak 8 m	38,528	246,5792

Estimasi Dimensi Balok

Penentuan tinggi balok minimum (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 9.3.1.1.3.

Tabel 2. 2 Tinggi Minimum Balok

Kondisi perlekatan	Minimum h
Perlekatan sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

a. Balok Induk (Arah Memanjang dan Melintang): L = 8000 mm, Perletakan Menerus Satu Arah

$$h_{min} = L/21 = 8000 \text{ mm}/21 = 380 \text{ mm}$$

$$h_{pakai} = 700 \text{ mm}$$

dan

$$b_1 = 0,3 h = 0,3 \times 700 = 210 \text{ mm}$$

$$b_2 = 250 \text{ mm}$$

Diasumsikan bahwa lebar balok (b) = $2/3h$, maka:

$$b = 2/3h = 2/3 \times 700 \text{ mm} = 466,667 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan balok induk dengan ukuran 400 x 700 mm.

- Balok Induk

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

b. Balok Anak (Arah Memanjang): $L = 8000 \text{ mm}$, Perletakan Sederhana

$$h_{\min} = L/16 = 8000 \text{ mm}/16 = 500 \text{ mm}$$

$$h_{\text{pakai}} = 500 \text{ mm}$$

dan

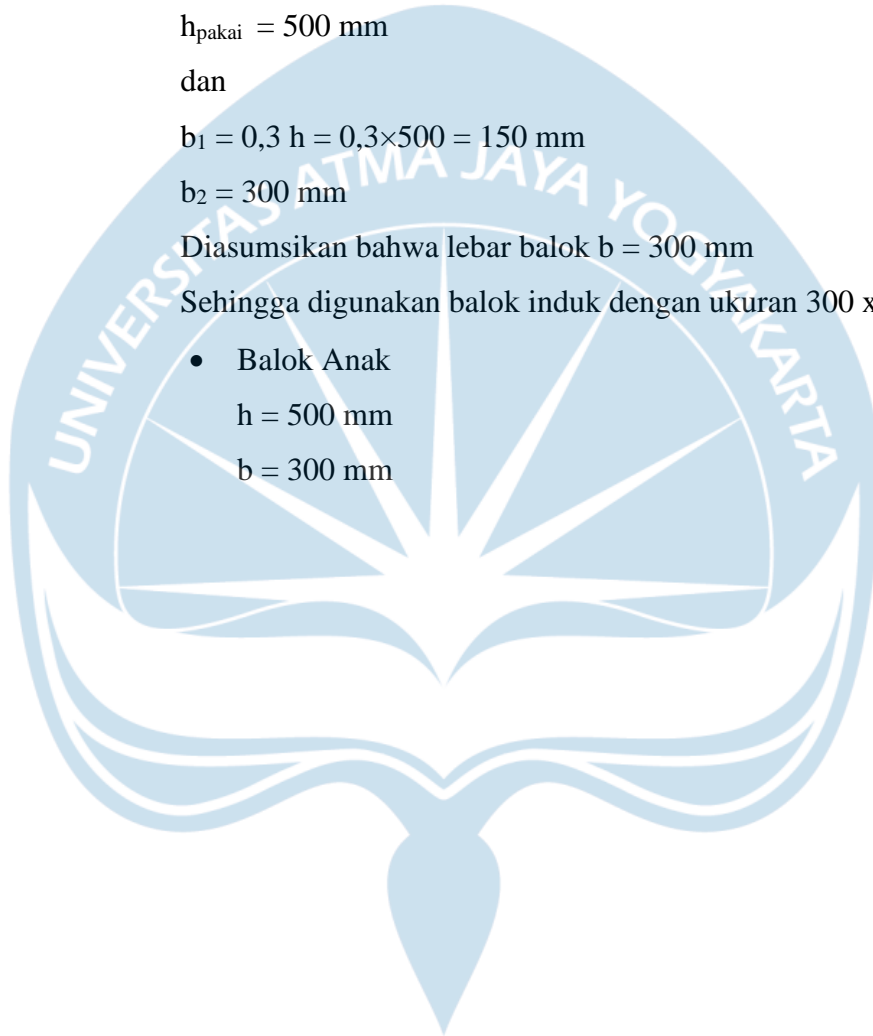
$$b_1 = 0,3 h = 0,3 \times 500 = 150 \text{ mm}$$

$$b_2 = 300 \text{ mm}$$

Diasumsikan bahwa lebar balok $b = 300 \text{ mm}$

Sehingga digunakan balok induk dengan ukuran $300 \times 500 \text{ mm}$.

- Balok Anak
 - $h = 500 \text{ mm}$
 - $b = 300 \text{ mm}$



c. Layout Denah Balok



Gambar 2. 3 Gambar Layout Denah Balok Lantai 1-5

2.3.2 Pelat Lantai

Perencanaan pelat lantai merupakan salah satu bagian dari konstruksi yang perlu dihitung. Perhitungan pelat lantai sendiri menggunakan asumsi perhitungan yang melibatkan beban yang bekerja pada pelat lantai, momen akibat beban terfaktor, serta penulangan pelat. Dari hasil perhitungan pelat lantai sendiri akan didapatkan diameter tulangan dan jarak spasi tulangan yang dibutuhkan. Ketebalan pelat lantai adalah 12,5 cm.

Tabel 2. 3 Ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang

Kondisi tumpuan	h Minimum
Tumpuan sederhana	$l/20$
Satu ujung menerus	$l/24$
Kedua ujung menerus	$l/28$
Kantilever	$l/10$

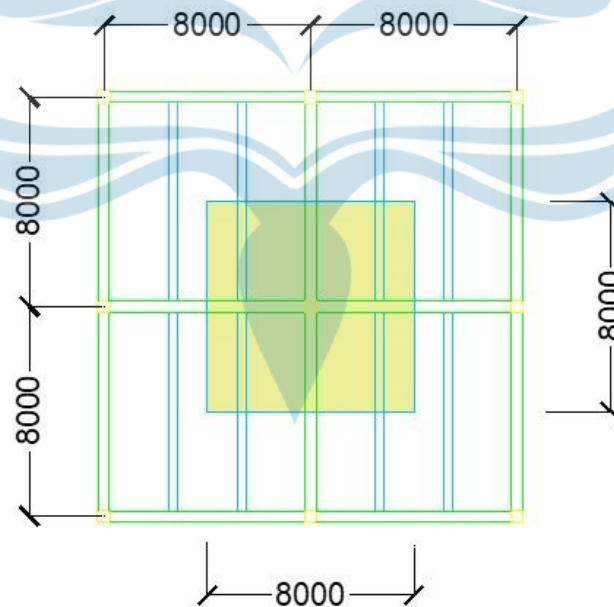
$L = 2667$ mm (bentang terpanjang)

$h_{\min}: L/24 = 2667/24$
 $= 111,125$ mm

Digunakan tebal pelat = 125 mm = 12,5 cm

2.3.3 Kolom

Rencana Mutu Beton ($f'c$): 25 MPa



Gambar 2. 4 Gambar *Preliminary* Kolom

Pembebanan Kolom Per-Lantai

- **Lantai 5**

Beban mati (Q_d) pada lantai (PPBG Revisi Februari 2014):

Berat pelat lantai	= $0,14 \cdot 24 = 3,4 \text{ kN/m}^2$
Berat pasir	= $0,02 \cdot 16 = 0,32 \text{ kN/m}^2$
Berat penutup lantai	= $1 \cdot 0,24 = 0,24 \text{ kN/m}^2$
Berat spesi	= $3 \cdot 0,21 = 0,63 \text{ kN/m}^2$
Berat langit-langit dan penggantung	= $0,18 \text{ kN/m}^2$
Berat ME	= <u>asumsi $0,2 \text{ kN/m}^2$</u> +
Total:	$Q_d = 4,93 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup	$Q_l = 1,92 \text{ kN/m}^2$
	(SNI 1727-2013 Tabel 4-1)

Beban yang dipikul kolom (PPBG Revisi Februari 2014):

- **Beban mati**

Beban dari pelat lantai	= $Q_d \times A$ = $4,93 \times (8 \times 8) = 315,52 \text{ kN}$
Beban sendiri balok induk Beton	= $2 \times \text{Volume Balok Induk} \times \text{B.J. Beton}$ = $2 \times (0,4 \times 0,6 \times 8) \times 24 = 92,160 \text{ kN}$
Beban sendiri balok anak	= $2 \times \text{Volume Balok Anak} \times \text{B.J. Beton}$ = $2 \times (0,3 \times 0,5 \times 8) \times 24 = 57,6 \text{ kN}$
Berat kolom Beton	= $0,4 \times 0,4 \times \text{tinggi antar lantai} \times \text{B.J. Beton}$ (asumsi uk. kolom $40 \times 40 \text{ cm}$) = $(0,4 \times 0,4 \times (3,5-0,6)) \times 24 = 11,136 \text{ kN}$
Berat dinding	= 0
Total:	$N_d = 476,4160 \text{ kN}$

Beban sendiri balok induk Beton = 2 x Volume Balok Induk x B.J.

$$= 2 \times (0,4 \times 0,6 \times 8) \times 24 = 92,160 \text{ kN}$$

Beban sendiri balok anak = 2 x Volume Balok Anak x B.J. Beton

$$= 2 \times (0,3 \times 0,5 \times 8) \times 24 = 57,6 \text{ kN}$$

Berat kolom sebelumnya = 0,4 x 0,4 x tinggi antar lantai + N_d lt.

5

$$= (0,4 \times 0,4 \times (3,5-0,6)) + 476,4160$$

$$= 476,88 \text{ kN}$$

Berat dinding

$$= 2,5 \times \text{tinggi antar lantai} \times 2,5$$

$$= 2,5 \times (3,5-0,6) \times 2,5 = 18,125 \text{ kN}$$

Total:

$$N_d = \mathbf{960,2850 \text{ kN}}$$

o **Beban hidup (N_i)**

$$N_i = Q_l \times A$$

$$= 1,92 \times (8 \times 8)$$

$$= \mathbf{122,88 \text{ kN}}$$

Beban tepusat yang dipikul oleh kolom (P_u) = 1,2N_d + 1,6N_i

$$= 1,2(960,2850) + 1,6(122,88)$$

$$= \mathbf{1348,95 \text{ kN} = 1348950 \text{ N}}$$

Kolom dengan pengikat sengkang $\Phi = 0,65$

$$\Phi P_n = P_u$$

$$P_n = 0,85 \{0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}\}$$

$$= 0,85 \{0,85 \times 25 (A_g - 0,01 A_g) + 420 \times 0,01 A_g\}$$

$$= 21,4519 A_g$$

$$P_u = 0,65 \times 21,4519 A_g$$

$$P_u = 13,9437 A_g$$

$$A_g = P_u / 13,9437$$

$$A_g = 1348950 / 13,9437$$

$$A_g = 96742,37 \text{ mm}^2$$

Dimensi kolom $\sqrt{96742,37} = 311,0344$ mm

Dipakai = 70 x 70 cm

- **Lantai 3**

Beban mati pada lantai $Q_d = 4,93 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup $Q_l = 1,92 \text{ kN/m}^2$

(SNI 1727-2013 Tabel 4-1)

Beban yang dipikul kolom (PPBG Revisi Februari 2014):

- **Beban mati**

Beban dari pelat lantai $= Q_d \times A$
 $= 4,93 \times (8 \times 8) = 315,52 \text{ kN}$

Beban sendiri balok induk $= 2 \times \text{Volume Balok Induk} \times B.J.$

Beton
 $= 2 \times (0,4 \times 0,6 \times 8) \times 24 = 92,160 \text{ kN}$

Beban sendiri balok anak $= 2 \times \text{Volume Balok Anak} \times B.J. \text{ Beton}$
 $= 2 \times (0,3 \times 0,5 \times 8) \times 24 = 57,6 \text{ kN}$

Berat kolom sebelumnya $= 0,4 \times 0,4 \times \text{tinggi antar lantai} + N_d \text{ lt.}$
 4

$= (0,4 \times 0,4 \times (3,5-0,6)) + 960,2850$
 $= 960,749 \text{ kN}$

Berat dinding $= 2,5 \times \text{tinggi antar lantai} \times 2,5$
 $= 2,5 \times (3,5-0,6) \times 2,5 = 18,125 \text{ kN}$

Total: $N_d = 1444,1540 \text{ kN}$

- **Beban hidup (N_l)** $N_l = Q_l \times A$
 $= 1,92 \times (8 \times 8)$
 $= 122,88 \text{ kN}$

Beban tepusat yang dipikul oleh kolom (P_u) $= 1,2N_d + 1,6N_l$
 $= 1,2(1444,154) + 1,6(122,88)$
 $= 1929,5928 \text{ kN} = 192959 \text{ N}$

Kolom dengan pengikat sengkang $\Phi = 0,65$

$$\Phi P_n = P_u$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,85 \{0,85 \times f'_c (A_g - A_{st} + f_y \times A_{st})\} \\ &= 0,85 \{0,85 \times 25 (A_g - 0,01 A_g) + 420 \times 0,01 A_g\} \\ &= 21,4519 A_g \end{aligned}$$

$$P_u = 0,65 \times 21,4519 A_g$$

$$P_u = 13,9437 A_g$$

$$A_g = P_u / 13,9437$$

$$A_g = 1929592,8 / 13,9437$$

$$A_g = 138384,21 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dimensi kolom } \sqrt{138384,21} = 372,0003 \text{ mm}$$

Dipakai = 70 x 70 cm

- **Lantai 2**

Beban mati pada lantai $Q_d = 4,93 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup $Q_l = 1,92 \text{ kN/m}^2$

(SNI 1727-2013 Tabel 4-1)

Beban yang dipikul kolom (PPBG Revisi Februari 2014):

- **Beban mati**

Beban dari pelat lantai = $Q_d \times A$

$$= 4,93 \times (8 \times 8) = 315,52 \text{ kN}$$

Beban sendiri balok induk

$$= 2 \times \text{Volume Balok Induk} \times \text{B.J.}$$

Beton

$$= 2 \times (0,4 \times 0,6 \times 8) \times 24 = 92,160 \text{ kN}$$

Beban sendiri balok anak

$$= 2 \times \text{Volume Balok Anak} \times \text{B.J. Beton}$$

$$= 2 \times (0,3 \times 0,5 \times 8) \times 24 = 57,6 \text{ kN}$$

Berat kolom sebelumnya

$$= 0,4 \times 0,4 \times \text{tinggi antar lantai} + N_d \text{ lt.}$$

3

$$= (0,4 \times 0,4 \times (3,5 - 0,6)) + 1444,1540$$

$$\begin{aligned}
 &= 1444,618 \text{ kN} \\
 \text{Berat dinding} &= 2,5 \times \text{tinggi antar lantai} \times 2,5 \\
 &= 2,5 \times (3,5 - 0,6) \times 2,5 = 18,125 \text{ kN} \\
 \text{Total:} & N_d = 1928,0230 \text{ kN} \\
 \circ \text{ Beban hidup (} N_i \text{)} & N_i = Q_l \times A \\
 &= 1,92 \times (8 \times 8) \\
 &= 122,88 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban terpusat yang dipikul oleh kolom (} P_u \text{)} &= 1,2N_d + 1,6N_i \\
 &= 1,2(1928,023) + 1,6(122,88) \\
 &= 2510,2356 \text{ kN} = 251023 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kolom dengan pengikat sengkang $\Phi = 0,65$

$$\begin{aligned}
 \Phi P_n &= P_u \\
 P_n &= 0,85 \{ 0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st} \} \\
 &= 0,85 \{ 0,85 \times 25 (A_g - 0,01 A_g) + 420 \times 0,01 A_g \} \\
 &= 21,4519 A_g \\
 P_u &= 0,65 \times 21,4519 A_g \\
 P_u &= 13,9437 A_g \\
 A_g &= P_u / 13,9437 \\
 A_g &= 2510235,6 / 13,9437 \\
 A_g &= 180026,05 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Dimensi kolom } \sqrt{180026,05} = 424,2948 \text{ mm}$$

Dipakai = 70 x 70 cm

- **Lantai 1**

$$\text{Beban mati pada lantai} \quad Q_d = 4,93 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup} \quad Q_l = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

(SNI 1727-2013 Tabel 4-1)

Beban yang dipikul kolom (PPBG Revisi Februari 2014):○ **Beban mati**

$$\begin{aligned}
 \text{Beban dari pelat lantai} &= Q_d \times A \\
 &= 4,93 \times (8 \times 8) = 315,52 \text{ kN} \\
 \text{Beban sendiri balok induk} &= 2 \times \text{Volume Balok Induk} \times \text{B.J. Beton} \\
 &= 2 \times (0,4 \times 0,6 \times 8) \times 24 = 92,160 \text{ kN} \\
 \text{Beban sendiri balok anak} &= 2 \times \text{Volume Balok Anak} \times \text{B.J. Beton} \\
 &= 2 \times (0,3 \times 0,5 \times 8) \times 24 = 57,6 \text{ kN} \\
 \text{Berat kolom sebelumnya} &= 0,4 \times 0,4 \times \text{tinggi antar lantai} + N_d \text{ lt.} \\
 &= (0,4 \times 0,4 \times (3,5-0,6)) + 1928,0230 \\
 &= 1928,748 \text{ kN} \\
 \text{Berat dinding} &= 2,5 \times \text{tinggi antar lantai} \times 2,5 \\
 &= 2,5 \times (3,5-0,6) \times 2,5 = 18,125 \text{ kN} \\
 \text{Total:} & N_d = \mathbf{2412,1530 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{○ Beban hidup (N}_i\text{)} & N_i = Q_i \times A \\
 &= 1,92 \times (8 \times 8) \\
 &= \mathbf{122,88 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban terpusat yang dipikul oleh kolom (P}_u\text{)} &= 1,2N_d + 1,6N_i \\
 &= 1,2(2412,153) + 1,6(122,88) \\
 &= \mathbf{3091,1916 \text{ kN} = 309119 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kolom dengan pengikat sengkang } \Phi = 0,65$$

$$\Phi P_n = P_u$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= 0,85 \{0,85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}\} \\
 &= 0,85 \{0,85 \times 25 (A_g - 0,01 A_g) + 420 \times 0,01 A_g\} \\
 &= 21,4519 A_g
 \end{aligned}$$

$$P_u = 0,65 \times 21,4519 A_g$$

$$P_u = 13,9437 A_g$$

$$A_g = P_u/13,9437$$

$$A_g = 3091191,6/13,9437$$

$$A_g = 221690,36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dimensi kolom } \sqrt{221690,36} = 470,8401 \text{ mm}$$

Dipakai = 70 x 70 cm

Tabel 2. 4 Ringkasan Ukuran Kolom

RINGKASAN UKURAN KOLOM		
LANTAI	UKURAN (cm)	TIPE KOLOM
1	70 x 70	K1
2	70 x 70	K1
3	70 x 70	K1
4	70 x 70	K1
5	70 x 70	K1

2.4 Interpretasi Data Tanah dan Penentuan Kelas Situs

2.4.1 Penentuan Klasifikasi Situs

Kelas atau klasifikasi situs bangunan dapat ditentukan dengan Tabel 5 – Klasifikasi Situs pada SNI 1726-2019 dan di bawah ini terdapat Tabel 2.4 yang memuat data dan perhitungan dari nilai N-SPT yang dapat menentukan kelas situs.

Tabel 2.5 Data N-SPT

Kedalaman	Tebal (d)	N-SPT
0,00 s/d 1,50	1,5	17
1,50 s/d 3,00	1,5	9
3,00 s/d 4,50	1,5	12
4,50 s/d 6,00	1,5	12
6,00 s/d 7,50	1,5	10
7,50 s/d 9,00	1,5	13
9,00 s/d 10,50	1,5	13
10,50 s/d 12,00	1,5	19
12,00 s/d 13,50	1,5	30
13,50 s/d 15,00	1,5	34
15,00 s/d 16,50	1,5	32
16,50 s/d 18,00	1,5	40
18,00 s/d 19,50	1,5	42
19,50 s/d 21,00	1,5	56
21,00 s/d 22,50	1,5	80
22,50 s/d 24,00	1,5	52
24,00 s/d 25,50	1,5	56
25,50 s/d 27,00	1,5	54
27,00 s/d 28,50	1,5	53
28,50 s/d 30,00	1,5	55

	d_i	N_i	d_i/N_i
	6	12,666667	0,473684
	5	12	0,416667
	9	32,833333	0,274112
	5	62,666667	0,079787
	5	54,5	0,091743
TOTAL (Σ)	30		1,335993

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum \frac{d_i}{N_i}} = \frac{30}{1,335993} = 22,455209$$

$$\bar{N} = 15 < 22,455209 < 50$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil nilai $N_{rata-rata} = 22,455209$ sehingga kita dapat mengetahui jenis tanah yang ada. Didapatkan jenis tanah sedang (SD) dari Tabel 5 – Klasifikasi situs SNI 1726-2019.

2.4.2 Nilai SDS dan SD1

Diperoleh $SD_s = 0,666$ dan $SD_1 = 0,402$ berdasarkan *website* Desain Spektra Indonesia yang berlokasi di Kabupaten Kulon Progo dengan bangunan yang berupa rumah susun 5 lantai.

2.4.3 Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan

Berdasarkan SNI 1726:2019 pada Tabel 3 – Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Nongedung Untuk Beban Gempa, untuk rumah susun 5 lantai didapatkan kategori risiko gedung II. Untuk itu, didapatkan Faktor Keutamaan Gempa (I_e) 1,0 berdasarkan tabel SNI 1726:2019 pada Tabel 4 – Faktor Keutamaan Gempa, dengan Kategori Risiko gedung II.

2.4.4 Kategori Desain Seismik (KDS)

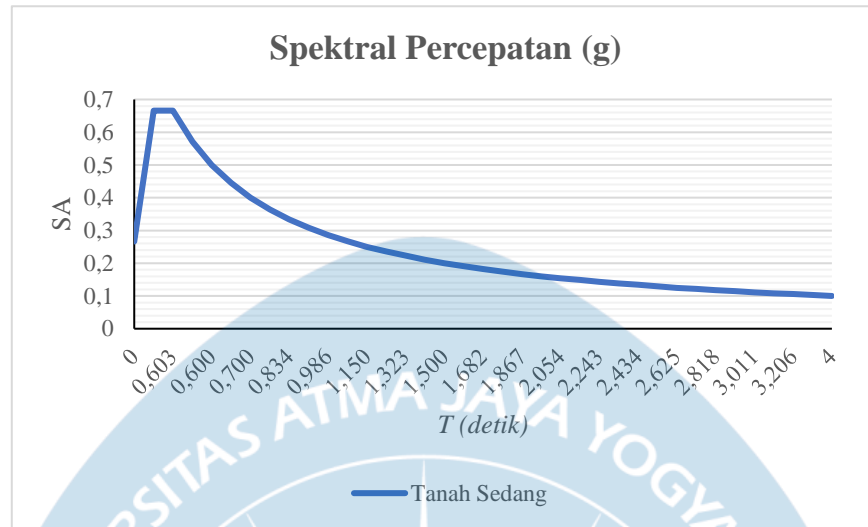
Berdasarkan kategori risiko = II, nilai $SD_s = 0,666$ dan $SD_1 = 0,402$ maka Nilai Kategori Desain Seismik dapat ditentukan dengan langkah pertama yaitu dari Tabel 8 – Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek dengan $SD_s = 0,666$ g II maka didapatkan KDS dengan kelas D.

Lalu dari Tabel 9 – Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik dengan nilai $SD_1 \geq 0,2$ maka didapatkan KDS dengan kelas D. Sehingga Kategori Desain Seismik Struktur adalah KDS kelas D.

2.4.5 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Gedung yang direncanakan ini memiliki Kategori Desain Seismik kelas D sehingga dari Tabel 12 - Faktor R, C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik didapatkan $R = 8$, $\Omega_0 = 3$, dan $C_d = 5,5$.

2.4.6 Desain Respon Spektra



Gambar 2. 5 Gambar Desain Respon Spektra

2.5 Perancangan Struktur Sekunder

2.5.1 Perancangan Pelat Lantai

Data Material

Kekuatan Tekan Beton (f_c) = 25 MPa

Kekuatan Leleh Tulangan (f_y) = 420 MPa

Modulus Elastisitas Beton (E_c) = $4700 \times \sqrt{25}$ MPa = 23500 MPa

Modulus Elastisitas Tulangan (E_s) = 2000000 MPa

Identifikasi Jenis Pelat

l_y = 8000 mm = 8 m (Bentang panjang)

l_x = 2667 mm = 2,667 m (Bentang pendek)

$\frac{l_y}{l_x} = \frac{8}{2,667} = 2,999 \text{ m} = 3 \text{ m} > 2$ (Pelat satu arah)

Periksa Ketebalan Pelat

Tebal Pelat (h) = 125 mm

Kondisi tumpuan = Satu Ujung Menerus

Tebal Pelat Minimum (h_{\min}) = $l/24$

$$h > h_{\min}$$

$$125 \text{ mm} > l/24$$

$$125 \text{ mm} > 2667/24$$

125 > 111,125 mm (memenuhi syarat)

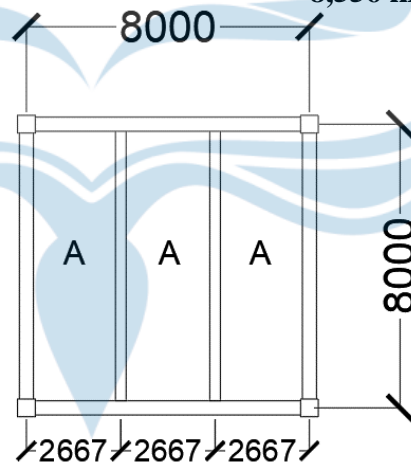
Data Beban yang Bekerja pada Pelat

Beban mati (Q_d) pada lantai (PPBG Revisi Februari 2014):

- Berat pelat lantai = $0,125 \cdot 24 = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Berat pasir = $0,02 \cdot 16 = 0,32 \text{ kN/m}^2$
- Berat penutup lantai = $0,1 \cdot 0,24 = 0,15 \text{ kN/m}^2$
- Berat spesi = $0,03 \cdot 0,21 = 0,63 \text{ kN/m}^2$
- Berat langit-langit dan penggantung = $0,18 \text{ kN/m}^2$
- Berat ME = asumsi $0,2 \text{ kN/m}^2$ +
- **Total:** $Q_d = 4,57 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup (Q_l) menurut SNI 1727:2013 tabel 4-1:

- Rumah tinggal/hunian $Q_l = 1,92 \text{ kN/m}^2$
- Beban terfaktor $Q_u = 1,2 Q_d + 1,6 Q_l$
 $= 1,2 (4,57) + 1,6 (1,92)$
 $= 8,556 \text{ kN/m}^2$



Gambar 2. 6 Gambar Tipe Plat Lantai

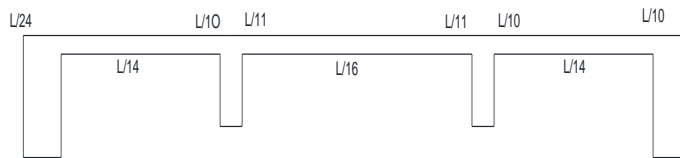
Momen Pelat

Bentang Bersih (l_n)

$$l_{n1} = l - (b/2) - (b/2) = 2667 - (400/2) - (300/2) = 2317 \text{ mm} = 2,317 \text{ m}$$

$$l_{n2} = l - (b/2) - (b/2) = 2667 - (400/2) - (300/2) = 2317 \text{ mm} = 2,317 \text{ m}$$

$$l_{n3} = l - (b/2) - (b/2) = 2667 - (400/2) - (300/2) = 2317 \text{ mm} = 2,317 \text{ m}$$



Gambar 2.7 Gambar Koefisien Momen

Pelat A1:

$$M_1 (-) \text{ Tumpuan} = \frac{W_u \times l_{n1}^2}{24} = \frac{(8,556 \text{ kN/m} \times (2,317 \text{ m})^2)}{24} = 1,914 \text{ kNm}$$

(exterior)

$$M_2 (+) \text{ Lapangan} = \frac{W_u \times l_{n1}^2}{14} = \frac{(8,556 \text{ kN/m} \times (2,317 \text{ m})^2)}{14} = 3,281 \text{ kNm}$$

(interior)

$$M_3 (-) \text{ Tumpuan} = \frac{W_u \times l_{n1}^2}{10} = \frac{(8,556 \text{ kN/m} \times (2,317 \text{ m})^2)}{10} = 4,593 \text{ kNm}$$

(interior)

Pelat A2:

$$M_4 (-) \text{ Tumpuan} = \frac{W_u \times l_{n2}^2}{11} = \frac{(8,556 \text{ kN/m} \times (2,317 \text{ m})^2)}{11} = 4,176 \text{ kNm}$$

(interior)

$$M_5 (+) \text{ Lapangan} = \frac{W_u \times l_{n2}^2}{16} = \frac{(8,556 \text{ kN/m} \times (2,317 \text{ m})^2)}{16} = 2,871 \text{ kNm}$$

(interior)

$$M_6 (-) \text{ Tumpuan} = \frac{W_u \times l_{n2}^2}{11} = \frac{(8,556 \text{ kN/m} \times (2,317 \text{ m})^2)}{11} = 4,176 \text{ kNm}$$

(interior)

Pelat A3:

$$M_7 (-) \text{ Tumpuan} = \frac{W_u \times l_{n3}^2}{10} = \frac{(8,556 \text{ kN/m} \times (2,317 \text{ m})^2)}{10} = 4,593 \text{ kNm}$$

(interior)

$$M_8 (+) \text{ Lapangan} = \frac{W_u \times l_{n3}^2}{14} = \frac{(8,556 \text{ kN/m} \times (2,317 \text{ m})^2)}{14} = 3,281 \text{ kNm}$$

(interior)

$$M_9 (-) \text{ Tumpuan} = \frac{W_u \times l_n^2}{10} = \frac{(8,556 \text{ kN/m} \times (2,317 \text{ m})^2)}{10} = 4,593 \text{ kNm}$$

(interior)

Dari hasil semua perhitungan pada semua titik, momen terbesar, yaitu:

$$M_u (-) \text{ Tumpuan} = 4,593 \text{ kNm (interior)}$$

$$M_u (+) \text{ Lapangan} = 3,281 \text{ kNm (interior)}$$

Gaya Geser Terfaktor (V_u)

Berdasarkan SNI 2847:2019; Tabel 6.5.4; Hal-100.

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1,15 W_u \times l_n}{2} \\ &= \frac{1,15 \times 8,556 \text{ kN/m} \times 2,317 \text{ m}}{2} \\ &= 11,399 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

a. Tulangan Longitudinal (Lentur)

a. Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan ulir D13; $f_y = 420$

MPa

Tebal selimut, $s_b = 40 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} d_s &= h - s_b - (D/2) \\ &= 125 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - (13 \text{ mm} / 2) \\ &= 78,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan ρ yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} \rho &= \left(\frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u \times 10^6}{1,7 \Phi f'_c B d_s^2}} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 25 \text{ MPa}}{420 \text{ MPa}} \right) \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4(5,462 \times 10^6)}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1000 \times (78,5)^2}} \right) = 0,002 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d_s \\ &= 0,002 \times 1000 \times 78,5 \\ &= 155,937 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= \left(\frac{0,0018 \times 420}{f_y} \right) \times b \times \text{Tebal Pelat} \\ &= \left(\frac{0,0018 \times 420}{f_y} \right) \times 1000 \times 125 \\ &= 225 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi Tulangan:

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (13)^2 \times 1000}{225} \\ &= 589,921 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Aktual} &= \frac{0,25 \pi d^2 b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (13)^2 \times 1000}{250} \\ &= 530,929 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2019; Pasal 7.7.2.3; hal-126, nilai maksimal spasi pelat adalah harus kurang dari 3h atau 450 mm.

$$\begin{aligned} S_{\text{Maks}} &= 3 \times h \\ &= 3 \times 125 \text{ mm} \\ &= 375 \text{ mm atau } S_{\text{Maks}} = 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang Tulangan D13 - 250 (OKE)

b. Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan ulir D13; $f_y = 420$

MPa

Tebal selimut, $s_b = 40$ mm

$$\begin{aligned} d_s &= h - s_b - (D/2) \\ &= 125 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - (13 \text{ mm} / 2) \\ &= 78,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan ρ yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} \rho &= \left(\frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u \times 10^6}{1,7 \Phi f'_c B d_s^2}} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 25 \text{ MPa}}{420 \text{ MPa}} \right) \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 (3,281 \times 10^6)}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1000 \times (78,5)^2}} \right) = 0,001 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d_s \\ &= 0,001 \times 1000 \times 78,5 \\ &= 112,152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= \left(\frac{0,0018 \times 420}{f_y} \right) \times b \times \text{Tebal Pelat} \\ &= \left(\frac{0,0018 \times 420}{f_y} \right) \times 1000 \times 125 \\ &= 225 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi Tulangan:

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (13)^2 \times 1000}{225} \\ &= 589,921 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Aktual} &= \frac{0,25 \pi d^2 b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (13)^2 \times 1000}{250} \\ &= 530,929 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2019; Pasal 7.7.2.3; Hal-126, nilai maksimal spasi pelat adalah harus kurang dari 3h atau 450 mm.

$$\begin{aligned} S_{\text{Maks}} &= 3 \times h \\ &= 3 \times 125 \text{ mm} \\ &= 375 \text{ mm atau } S_{\text{Maks}} = 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang Tulangan D13 - 250 (OKE)

b. Tulangan Susut

Direncanakan menggunakan tulangan ulir D13; $f_y = 420 \text{ MPa}$

Tebal selimut, $s_b = 20 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} d_s &= h - s_b - (D/2) \\ &= 125 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - (13 \text{ mm} / 2) \\ &= 78,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \left(\frac{0,0018 \times 420}{f_y} \right) \times b \times \text{Tebal Pelat} \\ &= \left(\frac{0,0018 \times 420}{f_y} \right) \times 1000 \times 125 \\ &= 225 \text{ mm} \end{aligned}$$

Spasi Tulangan:

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,25 \times \pi \times (13)^2 \times 1000}{225} \\
 &= 589,92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{Pakai}} = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ Aktual} &= \frac{0,25 \pi d^2 b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times (13)^2 \times 1000}{250} \\
 &= 530,929 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2019; Pasal 7.7.6.2.1; Hal-130, nilai maksimal spasi pelat adalah harus kurang dari 5h atau 450 mm.

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Maks}} &= 5 \times h \\
 &= 5 \times 125 \text{ mm} \\
 &= 625 \text{ mm atau } S_{\text{Maks}} = 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang Tulangan D13 - 250 (OKE)

Analisis Kekuatan Geser Beton

$$V_u = 11,399 \text{ kN}$$

Kuat geser dari material beton, V_c adalah:

$$\lambda = 1,0 \text{ (beton normal)}$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\emptyset V_c = \emptyset (0,17 \lambda \sqrt{f'_c} bd)$$

$$= 0,75 \times (0,17 \times 1,0 \times \sqrt{25} \times 1000 \times 78,5 \text{ mm})$$

$$= 50043,75 \text{ N}$$

$$= 50,0437 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c \geq V_u$$

$$50,0437 \text{ kN} \geq 11,399 \text{ kN}$$

Analisis Kekuatan Pelat

a. Tumpuan

Faktor distribusi regangan beton (SNI 2847:2019; Tabel 22.2.2.4.3)

f_c' yang digunakan 25 MPa, $17 \leq f_c' \leq 28$,

Jadi $\beta_1 = 0,85$

$\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Aktual} &= \frac{0,25 \pi d^2 b}{S} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (13)^2 \times 1000}{250} \\ &= 530,929 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f_c b} \\ &= \frac{530,929 \text{ mm}^2 \times 420 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \times 1000} \\ &= 10,494 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{\alpha}{\beta_1} \\ &= \frac{10,494}{0,85} \\ &= 12,345 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_t &= \frac{d_s - c}{c} \times 0,03 \\ &= \frac{78,5 - 12,345}{12,345} \times 0,03 \\ &= 0,161 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y \left(d_s - \frac{\alpha}{2} \right) \\ &= 530,93 \times 420 \times \left(78,5 - \frac{10,494}{2} \right) \\ &= 16334743 \text{ Nmm} \\ &= 16,335 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n \\ &= 0,9 \times 16,335 \text{ kNm} \\ &= 14,701 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\emptyset M_n > M_u$$

$$14,701 \text{ kNm} > 4,593 \text{ kNm (Memenuhi Syarat)}$$

b. Lapangan

Faktor distribusi regangan beton (SNI 2847:2019; Tabel

22.2.2.4.3)

f_c' yang digunakan 25 MPa, $17 \leq f_c' \leq 28$,

Jadi $\beta_1 = 0,85$

$\emptyset = 0,9$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Aktual} &= \frac{0,25 \pi d^2 b}{S} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (13)^2 \times 1000}{250} \\ &= 530,929 \text{ mm}^2 \\ a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f_c b} \\ &= \frac{530,929 \text{ mm}^2 \times 420 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \times 1000} \\ &= 10,494 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{\alpha}{\beta_1} \\ &= \frac{10,494}{0,85} \\ &= 12,345 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_t &= \frac{d_s - c}{c} \times 0,03 \\ &= \frac{78,5 - 12,345}{12,345} \times 0,03 \\ &= 0,161 \end{aligned}$$

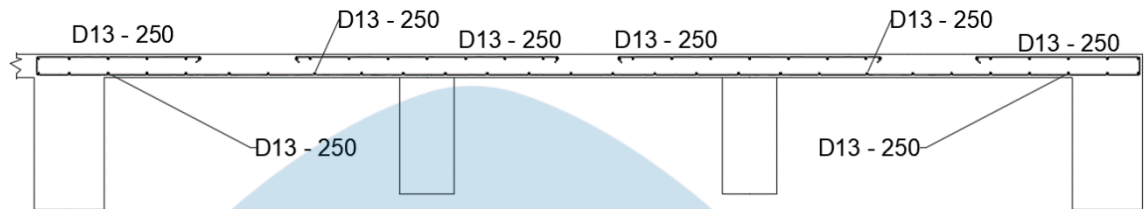
$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y \left(d_s - \frac{\alpha}{2} \right) \\ &= 530,93 \times 420 \times \left(78,5 - \frac{10,494}{2} \right) \\ &= 16334743 \text{ Nmm} \\ &= 16,335 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times M_n$$

$$= 0,9 \times 16,335 \text{ KNm} = 14,701 \text{ kNm}$$

$$\emptyset M_n > M_u$$

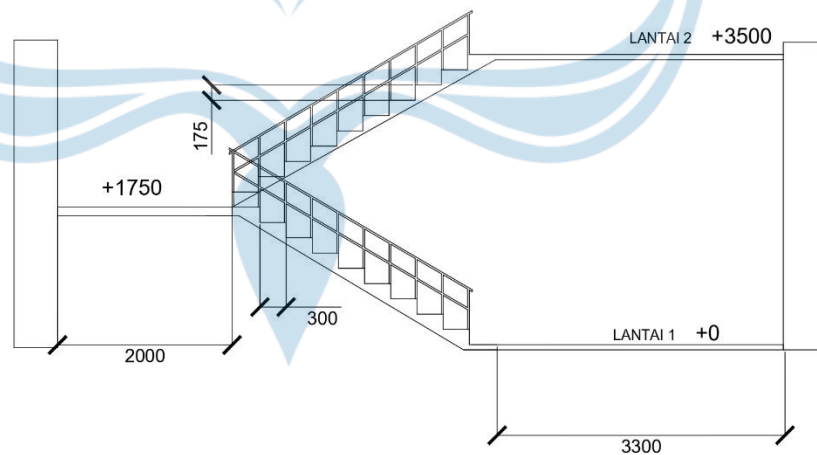
$$14,701 \text{ kNm} > 3,281 \text{ kNm (Memenuhi Syarat)}$$



Gambar 2. 8 Gambar Penulangan Plat Lantai

2.5.2 Perancangan Tangga

Dalam Tugas Akhir Perancangan Infrastruktur (TAPI), pada perencanaan tangga akan dilakukan perhitungan tangga dalam gedung dimana memiliki tangga darurat untuk semua lantai dengan ketinggian yang sama.



Gambar 2. 9 Gambar Tangga

Data Tangga

Lebar Lantai (L_1)	= 4000 mm
Lebar bordes	= $\frac{1}{2}$ x lebar L_1 = 2000 mm
Optrede (O)	= 175 mm
Antrede (A)	= 300 mm
Tebal plat lantai tangga	= 150 mm (asumsi)
Tinggi antar lantai (H_{et})	= 3500 mm
Jumlah anak tangga (n)	= $\frac{H_{et}}{O} = \frac{3500}{175} = 20$ buah
L_{tg}	= $(\frac{1}{2} \times \frac{H_{et}}{O} - 1) \times A = (\frac{1}{2} \times \frac{3500}{175} - 1) \times 300$ = 2700 mm
A	= $\arcsin\left(\frac{O}{A}\right) = \arcsin\left(\frac{175}{300}\right) = 30,24^\circ$

Rencana Beban Tangga**a. Beban q_{tg}**

- Berat sendiri tangga = $\frac{0,15}{\cos 30,24} \times 24 = 4,167149$ kN/m²
 - Berat anak tangga = $\frac{1}{2} \times 0,175 \times 24 = 2,1$ kN/m²
 - Berat ubin & spesi = $0,05 \times 21 = 1,05$ kN/m²
 - Berat *railing* (diperkirakan) = 1 kN/m²
- \pm Beban $q_{tg} = 8,32$ kN/m²**

b. Beban q_{bd}

- Berat sendiri tangga = $0,15 \times 24 = 3,6$ kN/m²
 - Berat ubin & spesi = $0,05 \times 21 = 1,05$ kN/m²
 - Berat *railing* (diperkirakan) = 1 kN/m²
- \pm Beban $q_{bd} = 5,65$ kN/m²**

c. Beban hidup

Beban hidup = 4,79 kN/m²

(fungsi bangunan sebagai apartement/rumah susun)

Diagram *SFD* dan *BMD*

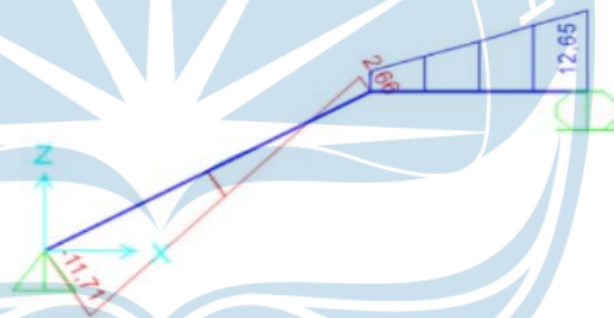
a. *Shear Force Diagram (SFD)*

- Akibat *Dead Load*



Gambar 2.10 Gambar SFD Akibat *Dead Load*

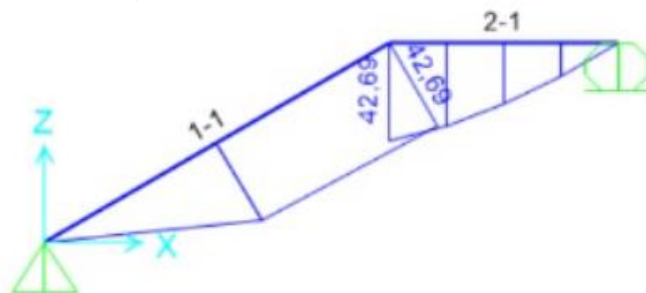
- Akibat *Live Load*



Gambar 2.11 Gambar SFD *Live Load*

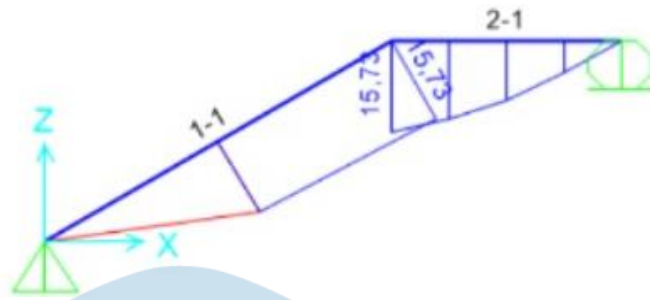
b. *Bending Momen Diagram (BMD)*

- Akibat *Dead Load*



Gambar 2.12 Gambar BMD *Dead Load*

- Akibat *Live Load*



Gambar 2. 13 Gambar BMD *Live Load*

Pembebanan Tangga

$$M_{DL} = 42,6885 \text{ kNm} \quad M_{LL} = 15,7297 \text{ kNm}$$

$$V_{DL} = 33,254 \text{ kN} \quad V_{LL} = 12,655 \text{ kN}$$

Kombinasi:

Kombinasi beban yang digunakan $1,4M_{DL}$ dan $(1,2M_{DL} + 1,6M_{LL})$, serta $1,4V_{DL}$ dan $(1,2V_{DL} + 1,6V_{LL})$. Dari dua kombinasi momen dan gaya geser digunakan nilai yang terbesar.

$$M_{U1} = 1,4 \times 42,6885 = 59,7639 \text{ kNm}$$

$$M_{U2} = 1,2 \times 42,6885 + 1,6 \times 15,7297 = 76,39372 \text{ kNm}$$

$$V_{U1} = 1,4 \times 33,254 = 46,5556 \text{ kN}$$

$$V_{U2} = 1,2 \times 33,254 + 1,6 \times 12,655 = 60,1528 \text{ kN}$$

Dipilih:

$$M_{ur} = 76,39372 \text{ kNm}$$

$$V_{ur} = 60,1528 \text{ kN}$$

Perancangan Penulangan Tangga

- **Tumpuan**

$$M_{ux} = 0,5 M_{ur} = 0,5 \times 76,39372 = 38,19686 \text{ kNm}$$

Direncanakan:

$$\text{Tulangan pokok} = \text{D16} \quad ; \quad A_s = 201,0619 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan susut} = \text{P8} \quad ; \quad A_s = 50,26548 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 f_y \text{ tulangan pokok} &= 420 \text{ MPa} \\
 f_y \text{ tulangan susut} &= 420 \text{ MPa} \\
 f'_c &= 25 \text{ MPa} \\
 B \text{ (asumsi)} &= 1000 \text{ mm} ; h_{tg} = 150 \text{ mm} \\
 \text{Selimut beton} &= 20 \text{ mm} ; \beta_1 = 0,85
 \end{aligned}$$

$$d_s = 150 - 20 - (16/2) = 122 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \left(\frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u \times 10^6}{1,7 \Phi f'_c B d^2}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 38,19686}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1000 \times 93,5^2}} \right) \\
 &= 0,007318
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 0,002 bh \\
 &= 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho bd \\
 &= 0,012671 \times 1000 \times 93,5 = 892,8521 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{892,8521} = 225,2813 \text{ mm (maksimal)}
 \end{aligned}$$

Digunakan D16-200

Cek gaya geser:

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 1000 \times 122 = 103,7 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi V_c &= 0,75 V_c \\
 &= 0,75 \times 103,7 = 77,775 \text{ kN} > V_{ur} = 60,1528
 \end{aligned}$$

(AMAN)

Tulangan susut:

$$A_{s \text{ min}} = 300 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{50,26548 \times 1000}{300} = 167,5516 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut P8-150

- **Lapangan**

$$M_{ux} = 0,8 M_{ur} = 0,8 \times 73, = 61,11498 \text{ kNm}$$

Direncanakan:

$$\text{Tulangan pokok} = \text{D16} ; A_s = 201,0619 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan susut} = \text{P8} ; A_s = 50,26548 \text{ mm}^2$$

$$f_y \text{ tulangan pokok} = 420 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ tulangan susut} = 420 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$B = 1000 \text{ mm} ; h_{ig} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm} ; \beta_1 = 0,85$$

$$d_s = 150 - 20 - (16/2) = 122 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \left(\frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u \times 10^6}{1,7 \Phi f'_c B d^2}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 61,115}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1000 \times 122^2}} \right) \\ &= 0,012376 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,002 bh$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho bd$$

$$= 0,01321 \times 1000 \times 122 = 1509,92 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1509,92} = 133,2143 \text{ mm}$$

Digunakan D16-100

Cek gaya geser:

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 1000 \times 122 = 103,7 \text{ kN}$$

$$\Phi V_c = 0,75 V_c$$

$$= 0,75 \times 103,7 = 77,775 \text{ kN} > V_{ur} = 60,1528 \text{ (aman)}$$

Tulangan susut:

$$A_{s \text{ min}} = 300 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{50,26548 \times 1000}{300} = 167,5516 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut P8-150

Perancangan Fondasi Tangga

Tangga memerlukan fondasi sebagai penopang berat tangga sehingga tidak runtuh. Fondasi tangga yang direncanakan mendapatkan kedalaman (d) 1,5 m dari muka tanah. Kemudian data lainnya diketahui:

$$\text{Beban mati tangga} = 38,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban hidup tangga} = 13,56 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban dinding} = 0,2 \times 2 \times 24 = 9,6 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban } q_{tg} = 61,66 \text{ kN/m}$$

$$\Gamma_{\text{tanah}} = 17 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma \text{ (data tanah)} = 200 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tebal fondasi} = 200 \text{ mm}$$

$$d = 2000 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{netto}} = 200 - (2 \times 0,2)17 - (0,2 \times 24) = 188,4 \text{ kN/m}^2$$

$$B \text{ (asumsi)} = 1600 \text{ mm}$$

$$e = \frac{\text{momen tumpuan}}{q_{tg}} = \frac{38,19686}{61,66} = 0,619476 \text{ m} = 0,62 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek tegangan} &= \frac{q_{tg}}{B} = \frac{61,66}{1,6} \\ &= 38,5375 < \sigma_{\text{netto}} = 188,4 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Perhitungan Tegangan Terfaktor

Diketahui:

$$\text{Beban mati tangga} \times 1,2 = 3,8 \times 1,2 = 46,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban hidup tangga} \times 1,6 = 13,56 \times 1,6 = 21,696 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban dinding} \times 1,2 = 9,6 \times 1,2 = 11,52 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban } q_{tg} = 79,416 \text{ kN/m}$$

$$e = \frac{\text{momen tumpuan}}{q_{tg}}$$

$$= \frac{38,1969}{79,416} = 0,4809 \text{ m} = 0,481 \text{ m}$$

$$\text{Cek tegangan} = \frac{q_{tg}}{B}$$

$$= \frac{79,416}{1,6} = 49,635 < \sigma_{\text{netto}} = 188,4 \text{ (OK)}$$

Rencana Penulangan Fondasi Tangga

$$M_u = \frac{1}{2} \times \frac{(\sigma_{u\text{max}} + \sigma_{u\text{min}})}{2} \times \left(\frac{B}{2} + e - \frac{1}{2} b_{tg} \right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{49,635}{2} \times \left(\frac{1,6}{2} + 0,5 - \frac{1}{2} \times 0,2 \right)^2$$

$$= 17,8686 \text{ kN/m}$$

$$V_u = \frac{(\sigma_{u\text{max}} + \sigma_{u\text{min}})}{2} \times \left(\frac{B}{2} + e - \frac{1}{2} b_{tg} \right)^2$$

$$= \frac{49,635}{2} \times \left(\frac{1,6}{2} + 0,5 - \frac{1}{2} \times 0,2 \right)^2$$

$$= 35,7372 \text{ kN}$$

$$D_s = 200 - 40 - (16/2) = 152 \text{ mm}$$

$$\rho = \left(\frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u \times 10^6}{1,7 \Phi f'_c B d^2}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{500} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 17,8686}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1000 \times 152^2}} \right)$$

$$= 0,00175$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,002 bh$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 200 = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho bd$$

$$= 0,00175 \times 1000 \times 152 = 266,744 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi d^2 b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{266,744} = 754,067 \text{ mm}$$

Digunakan D16-350

Cek gaya geser:

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 1000 \times 152 = 129,2 \text{ kN}$$

$$\Phi V_c = 0,75 V_c$$

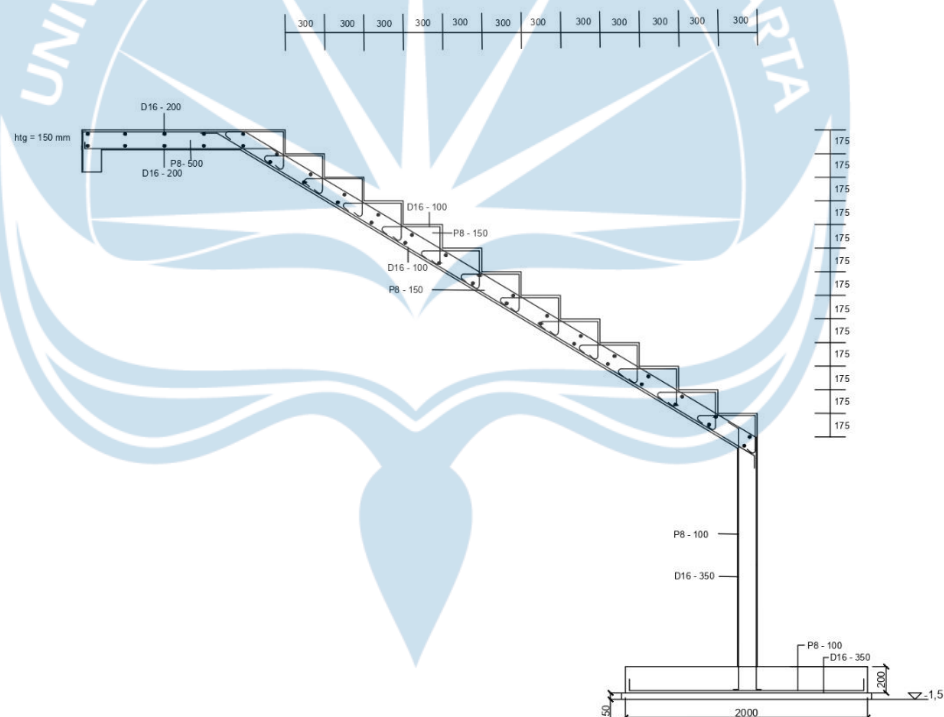
$$= 0,75 \times 129,2 = 96,9 \text{ kN} > V_{ur} = 35,7372 \text{ (AMAN)}$$

Tulangan susut:

$$A_{s \text{ min}} = 400 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{50,26548 \times 1000}{400} = 125,664 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut P8-100



Gambar 2. 14 Gambar Penulangan Tangga

2.6 Perancangan Struktur Primer

2.6.1 Penulangan Balok

2.6.1.1 Balok Induk 40 x 70 cm

Balok induk yang ditinjau dengan:

Data balok:

Lebar balok (b)	= 400 mm
Tinggi balok (h)	= 700 mm
Bentang total (l)	= 8000 mm
Bentang bersih (l_n)	= 8000 – 700 = 7300 mm
Selimit beton (C_c)	= 40 mm
Mutu beton (f'_c)	= 25 MPa

Data tulangan:

Diameter tulangan lentur (D)	= 25 mm
Diameter tulangan sengkang (d)	= 13 mm
Mutu tulangan lentur (f_y)	= 420 MPa
Mutu tulangan geser (f_{yt})	= 280 MPa

Berdasarkan analisis struktur dengan program *ETABS* maka didapatkan gaya dalam balok seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.6 Data Gaya Balok *ETABS*

Gaya	Lokasi	
	Tumpuan	Lapangan
M_{u+} (kNm)	49,9372	220,3251
M_{u-} (kNm)	300,1603	99,6038

1. Periksa Ketentuan Balok

Berdasarkan pasal 21.5.1 SNI 2847:2013, komponen struktur lentur rangka pemikul momen khusus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Gaya aksial terfaktor P_u tidak boleh melebihi $A_g f'_c / 10$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 400 \times 700 \\ &= 280000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g f'_c / 10 &= 280000 \times 25 / 10 \\ &= 700000 \text{ N} \\ &= 700 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis *ETABS* nilai $P_u = 0$ kN, maka $P_u < A_g f'_c / 10$

- b. Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya

$$l_n \geq 4d$$

$$7300 \geq 4(634,5)$$

$$7300 \geq 2538$$

- c. Lebar komponen, b tidak boleh kurang dari $0,3h$ dan 250 mm

$$b > 0,3h$$

$$400 > 0,3(700)$$

$$400 > 210 \text{ mm dan } 400 > 250 \text{ mm}$$

2. Tulangan Longitudinal

Direncanakan tulangan D25 ($f'_c = 25$ MPa)

Berdasarkan SNI 2847-2019, Tabel 22.2.2.4.3:

Tabel 2.7 Nilai β_1 untuk distribusi tegangan beton persegi ekuivalen

f'_c, MPa	β_1	
$17 \leq f'_c \leq 28$	0,85	a)
$28 \leq f'_c < 55$	$0,85 - \frac{0,05(f'_c - 28)}{7}$	b)
$f'_c \geq 55$	0,65	c)

Maka didapatkan:

$$\beta_1 = 0,85$$

$$d = h - C_c - d. \text{ sengkang} - 0,5 \times d. \text{ tulangan lentur}$$

$$= 700 - 40 - 13 - 0,5 \times 25$$

$$= 634,5 \text{ mm}$$

Tulangan Tarik Tumpuan (-)

$$M_{u-} = 300,1603 \text{ kNm}$$

Mencari R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \text{ diasumsikan bahwa terkendali tarik, } \phi = 0,9$$

$$= \frac{300,1603 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 634,5^2}$$

$$= 2,071$$

Mencari rasio penulangan

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

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,071}{0,85 \times 25}} \right)$$

$$= 0,0052$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033 \text{ atau } \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 420} = 0,00298$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0033 \text{ (dipilih yang maksimum)}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 4.5.2.1)}$$

$$\rho_{\text{maks}} > \rho_{\text{perlu}}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0052$ (Desain menggunakan tulangan tunggal)

Mencari jumlah tulangan dan spasi

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} b d$$

$$= 0,0052 \times 400 \times 634,5$$

$$= 1319,2665 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu}$ tidak boleh kurang dari $A_s \text{ min}$ di bawah:

$$A_s \text{ min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b d = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 420} \times 400 \times 634,5 = 755,3571 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \times 400 \times 634,5 = 846 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kebutuhan tulangan (n)} = \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

$$= \frac{1319,2665}{\frac{1}{4}\pi 25^2}$$

$$= 2,68656 = 4$$

Digunakan tulangan 4D25 ($A_s = 1964,2857 \text{ mm}^2$)

Spasi antar tulangan apabila dipasang 1 baris

$$S = \frac{b - 2C_c - 2xd.\text{sengkan} - nxD}{n-1} = \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 4 \times 25}{4-1}$$

$$= 64,6667 > 25 \text{ mm (AMAN)}$$

Maka, tulangan dipasang 1 baris.

Periksa nilai regangan tulangan tarik terluar ϵ_t dan ϕ

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{1964,2857 \times 420}{0,85 \times 25 \times 400} = 97,0588 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{97,0588}{0,85} = 114,1869 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} 0,003 = \frac{634,5 - 114,1869}{114,1869} 0,003$$

$$= 0,01367 > 0,005 \text{ (TERKENDALI TARIK, maka } \phi = 0,9)$$

$$\phi M_n = 0,9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \times 1964,2857 \times 420 \left(634,5 - \frac{97,0588}{2} \right)$$

$$= 435083161,8 \text{ Nmm}$$

$$= 435,0832 \text{ kNm}$$

$$M_u = 300,1603 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u \text{ (AMAN)}$$

Tulangan Tekan Tumpuan (+)

$$M_{u+} \text{ tumpuan} = 49,9372 \text{ kNm}$$

$$0,5 M_{u-} \text{ tumpuan} = 0,5(300,1603) = 150,0802 \text{ kNm (dipilih)}$$

Mencari R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \text{ diasumsikan bahwa terkendali tarik, } \phi = 0,9$$

$$= \frac{150,0802 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 634,5^2}$$

$$= 1,0355$$

Mencari rasio penulangan

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,0355}{0,85 \times 25}} \right) \\ &= 0,0025\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033 \text{ atau } \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 420} = 0,00298$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0033 \text{ (dipilih yang maksimum)}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 4.5.2.1)}$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} = 0,0033$ (Desain menggunakan tulangan tunggal)

Mencari jumlah tulangan dan spasi

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} b d \\ &= 0,0033 \times 400 \times 634,5 \\ &= 846 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

A_s perlu tidak boleh kurang dari A_s min di bawah:

$$A_s \text{ min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b d = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 420} \times 400 \times 634,5 = 755,3571 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \times 400 \times 634,5 = 846 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan tulangan (n)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4}\pi D^2} \\ &= \frac{846}{\frac{1}{4}\pi 25^2} \\ &= 1,7228 \approx 2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2D25 ($A_s = 982,1429 \text{ mm}^2$)

Spasi antar tulangan apabila dipasang 1 baris

$$S = \frac{b - 2C_c - 2xd.\text{sengkar} - nxD}{n-1} = \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{2-1} = 244 > 25$$

mm (AMAN)

Maka, tulangan dipasang 1 baris.

Periksa nilai regangan tulangan tarik terluar ϵ_t dan ϕ

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c b} = \frac{982,1429 \times 420}{0,85 \times 25 \times 400} = 48,5294 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{48,5294}{0,85} = 57,0934 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} 0,003 = \frac{634,5 - 57,0934}{57,0934} 0,003$$

$$= 0,0303 > 0,005 \text{ (TERKENDALI TARIK, maka } \phi = 0,9)$$

$$\phi M_n = 0,9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \times 982,1429 \times 420 \left(634,5 - \frac{48,5294}{2} \right)$$

$$= 226549852,9 \text{ Nmm}$$

$$= 226,5499 \text{ kNm}$$

$$M_u = 49,9372 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u \text{ (AMAN)}$$

Tulangan tarik lapangan (+)

$$M_{u+} \text{ lapangan} = 220,3251 \text{ kNm (dipilih)}$$

$$0,25 M_{u-} \text{ tumpuan} = 0,25(300,1603) = 75,04 \text{ kNm}$$

Mencari R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \text{ diasumsikan bahwa terkendali tarik, } \phi = 0,9$$

$$= \frac{220,3251 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 634,5^2}$$

$$= 1,5202$$

Mencari rasio penulangan

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,5202}{0,85 \times 25}} \right)$$

$$= 0,0038$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033 \text{ atau } \frac{\sqrt{f_{rc}}}{4f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 420} = 0,00298$$

$$\rho_{\min} = 0,0033 \text{ (dipilih yang maksimum)}$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 4.5.2.1) (dipilih)}$$

$$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0038$ (Desain menggunakan tulangan tunggal)

Mencari jumlah tulangan dan spasi

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} b d \\ &= 0,0038 \times 400 \times 634,5 \\ &= 954,07296 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_s \text{ perlu}$ tidak boleh kurang dari $A_s \text{ min}$ di bawah:

$$A_s \text{ min} = \frac{\sqrt{f_{rc}}}{4f_y} b d = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 420} \times 400 \times 634,5 = 755,3571 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \times 400 \times 634,5 = 846 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tulangan (n)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4}\pi D^2} \\ &= \frac{954,07296}{\frac{1}{4}\pi 25^2} \\ &= 1,9428 \approx 2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2D25 ($A_s = 982,1429 \text{ mm}^2$)

Spasi antar tulangan apabila dipasang 1 baris

$$S = \frac{b - 2C_c - 2x d \text{ sengkang} - nxD}{n-1} = \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{2-1} = 244 > 25$$

mm (AMAN)

Maka, tulangan dipasang 1 baris.

Periksa nilai regangan tulangan tarik terluar ϵ_t dan ϕ

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_{rc} b} = \frac{982,1429 \times 420}{0,85 \times 25 \times 400} = 48,5294 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{48,5294}{0,85} = 57,0934 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d-c}{c} 0,003 = \frac{634,5 - 57,0934}{57,0934} 0,003$$

$$= 0,0303 > 0,005 \text{ (TERKENDALI TARIK, maka } \phi = 0,9)$$

$$\phi M_n = 0,9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \times 982,1429 \times 420 \left(634,5 - \frac{48,5294}{2} \right)$$

$$= 226549852,9 \text{ Nmm}$$

$$= 226,5499 \text{ kNm}$$

$$M_u = 220,3251 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u \text{ (AMAN)}$$

Tulangan tekan lapangan (-)

$$M_u \text{ lapangan} = 99,6038 \text{ kNm (dipilih)}$$

$$0,25 M_u \text{ tumpuan} = 0,25(300,1603) = 75,04 \text{ kNm}$$

Mencari R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \text{ diasumsikan bahwa terkendali tarik, } \phi = 0,9$$

$$= \frac{99,6038 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 634,5^2}$$

$$= 0,6872$$

Mencari rasio penulangan

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,6872}{0,85 \times 25}} \right)$$

$$= 0,0017$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033 \text{ atau } \frac{\sqrt{f_c}}{4f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 420} = 0,00298$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0033 \text{ (dipilih yang maksimum)}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 4.5.2.1) (dipilih)}$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$$

Maka, digunakan $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} = 0,0033$ (Desain menggunakan tulangan tunggal)

Mencari jumlah tulangan dan spasi

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} b d \\ &= 0,0033 \times 400 \times 634,5 \\ &= 846 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_s \text{ perlu}$ tidak boleh kurang dari $A_s \text{ min}$ di bawah:

$$A_s \text{ min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b d = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 420} \times 400 \times 634,5 = 755,3571 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \times 400 \times 634,5 = 846 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tulangan (n)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4}\pi D^2} \\ &= \frac{846}{\frac{1}{4}\pi 25^2} \\ &= 1,7228 \approx 2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2D25 ($A_s = 982,1429 \text{ mm}^2$)

Spasi antar tulangan apabila dipasang 1 baris

$$S = \frac{b - 2C_c - 2x d_{\text{senggang}} - nxD}{n-1} = \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{2-1} = 244 > 25$$

mm (AMAN)

Maka, tulangan dipasang 1 baris.

Periksa nilai regangan tulangan tarik terluar ϵ_t dan ϕ

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{982,1429 \times 420}{0,85 \times 25 \times 400} = 48,5294 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{48,5294}{0,85} = 57,0934 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} 0,003 = \frac{634,5 - 57,0934}{57,0934} 0,003$$

$$= 0,0303 > 0,005 \text{ (TERKENDALI TARIK, maka } \phi = 0,9)$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 982,1429 \times 420 \left(634,5 - \frac{48,5294}{2} \right) \\
 &= 226549852,9 \text{ Nmm} \\
 &= 226,5499 \text{ kNm} \\
 M_u &= 99,6038 \text{ kNm} \\
 \phi M_n &> M_u \text{ (AMAN)}
 \end{aligned}$$

3. Tulangan Transversal

Probable Moment (M_{pr})

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.1, geser rencana akibat gempa pada balok dihitung mengansumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan lentur balok mencapai $1,25f_y$.

Perhitungan M_{pr-}

M_{pr-} ditinjau dari tumpuan yg mengalami tarik dengan tulangan 4D25 ($A_s = 1964,2857 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 a_{pr(-)} &= \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f'_c b} \\
 &= \frac{1,25 \times 1964,2857 \times 420}{0,85 \times 25 \times 400} \\
 &= 121,3235 \text{ mm} \\
 M_{pr-} &= 1,25 A_s f_y \left(d - \frac{a_{pr(-)}}{2} \right) \\
 &= 1,25 \times 1964,2857 \times 420 \left(634,5 - \frac{121,3235}{2} \right) \\
 &= 591770680,1 \text{ Nmm} \\
 &= 591,7707 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan M_{pr+}

M_{pr+} ditinjau dari tumpuan yang mengalami tarik dengan tulangan 2D25.

($A_s = 982,1429 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 a_{pr(-)} &= \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f'_c b} \\
 &= \frac{1,25 \times 982,1429 \times 420}{0,85 \times 25 \times 400} \\
 &= 60,6618 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr+} &= 1,25 A_s f_y \left(d - \frac{a_{pr(-)}}{2} \right) \\
 &= 1,25 \times 982,1429 \times 420 \left(634,5 - \frac{60,6618}{2} \right) \\
 &= 311524701,3 \text{ Nmm} \\
 &= 311,5247 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser akibat gaya gravitasi

Dari dengan *ETABS* menggunakan kombinasi beban 1,2DL + 1,6LL, sehingga nilai $V_g = 223,9712 \text{ kN}$.

Perhitungan gaya geser akibat gempa

$$\begin{aligned}
 V_e &= \left(\frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{l_n} \right) \\
 &= \left(\frac{311,5247 + 591,7707}{7300/1000} \right) = 123,7391 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e1} &= V_e + V_g \\
 &= 123,7391 + 223,9712 = 347,7103 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e2} &= V_e - V_g \\
 &= 123,7391 - 223,9712 = -100,2321 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan tulangan geser lapangan, ditentukan jarak tulangan geser dari muka kolom sebesar $2h$. Balok dengan tinggi (h) = 0,7 m, maka $2h = 1,4 \text{ m}$.

Perhitungan kebutuhan tulangan daerah tumpuan

$$\begin{aligned}
 V_{u \text{ ETABS}} &= 223,9712 \text{ kN} \\
 V_u &= 347,7103 \text{ kN} \\
 d &= 634,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Nilai V_u digunakan = 347,7103 kN

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.2, V_c dapat diasumsikan sama dengan nol bilamana gaya geser gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser, perlu maksimum di sepanjang bentang.

$$0,5V_u = 0,5(347,7103)$$

$$V_u = 173,8551 > 123,7391 (V_c), \text{ maka:}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17\lambda\sqrt{f'_c} bd \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 400 \times 634,5 \\ &= 215730 \text{ N} \\ &= 215,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \left(\frac{V_u}{\phi}\right) - V_c \\ &= \left(\frac{347,7103}{0,75}\right) - 215,73 = 247,8837 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ maks}} &= 0,66\sqrt{f'_c} b d \\ &= 0,66\sqrt{25} \times 400 \times 634,5 \\ &= 837540 \text{ N} \\ &= 837,54 \text{ kN} > 247,8837 \text{ kN} (V_s) \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Direncanakan Sengkang 2D13 ($A_s = 265,571 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Jarak sengkang (s)} &= \frac{A_s f_y d}{V_s} \\ &= \frac{265,571 \times 420 \times 634,5}{247,8837 \times 10^3} \\ &= 285,5054 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pasal 21.5.3 SNI 2847:2013 memberi ketentuan jarak sengkang pertama dari muka komponen struktur penumpu tidak lebih dari 50 mm, jarak sengkang tidak boleh lebih dari:

$$\text{a. } d/4 = 634,5/4 = 158,625 \text{ mm}$$

- b. $6 \times d$ tulangan lentur = $6(25) = 150 \text{ mm}$
 c. 150 mm

Sehingga digunakan tulangan 2D13-150.

Perhitungan kebutuhan tulangan daerah lapangan

$$V_u \text{ ETABS} = 185,7655 \text{ kN}$$

$$V_u = 174,7412 \text{ kN}$$

$$d = 634,5 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } V_u \text{ digunakan} = 185,7655 \text{ kN}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.2, V_c dapat diasumsikan sama dengan nol bila mana gaya geser gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser, perlu maksimum di sepanjang bentang.

$$0,5V_u = 0,5(185,7655)$$

$$V_u = 92,88275 < 123,7391 (V_e), \text{ maka } V_c = 0$$

$$V_s = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c$$

$$= \left(\frac{185,7655}{0,75} \right) = 247,6873 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ maks}} = 0,66\sqrt{f'_c} b d$$

$$= 0,66\sqrt{25} \times 400 \times 634,5$$

$$= 837540 \text{ N}$$

$$= 837,54 \text{ kN} > 247,6873 \text{ kN} (V_s) \text{ (memenuhi)}$$

Direncanakan Sengkang 2D13 ($A_s = 265,571 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak sengkang (s)} = \frac{A_s f_y d}{V_s}$$

$$= \frac{265,571 \times 420 \times 634,5}{247,6873 \times 10^3}$$

$$= 285,7317 \text{ mm}$$

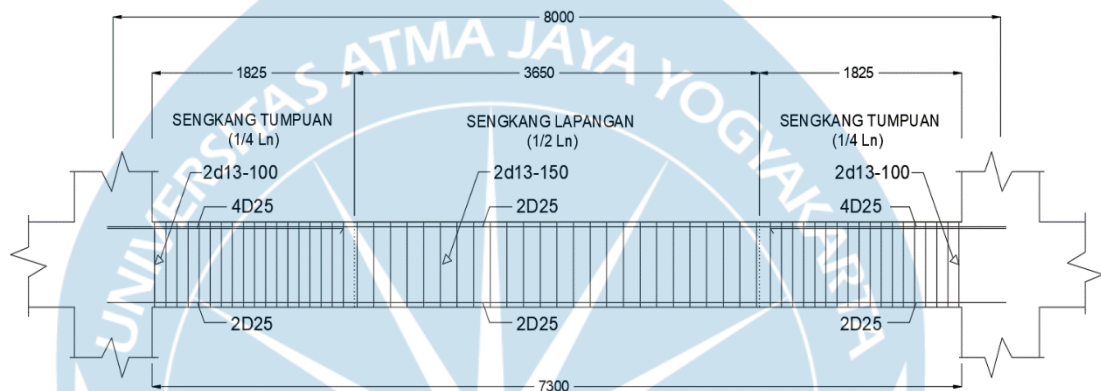
Pasal 21.5.3 SNI 2487:2013 memberi ketentuan jarak sengkang pertama dari muka komponen struktur penumpu tidak lebih dari 50 mm, jarak sengkang tidak boleh lebih dari:

d. $d/4 = 634,5/4 = 158,625 \text{ mm}$

e. $6 \times d. \text{ tulangan lentur} = 6(25) = 150 \text{ mm}$

f. 150 mm

Sehingga digunakan tulangan 2D13-150.



Gambar 2. 15 Gambar Penulangan Balok Induk

BALOK		
TIPE	BI 40x70	
	Tumpuan	Lapangan
GAMBAR		
Tulangan Atas	4D25	2D25
Tulangan Bawah	2D25	2D25
Sengkang	2d13-100	2d13-150

Gambar 2. 16 Gambar Penampang Balok Induk

2.4.1.2 Balok Anak 30 x 50 cm

Balok anak yang ditinjau dengan:

Data balok:

Lebar balok (b)	= 300 mm
Tinggi balok (h)	= 500 mm
Bentang total (l)	= 8000 mm
Bentang bersih (l_n)	= $8000 - 400 = 7600$ mm
Selimit beton (C_c)	= 40 mm
Mutu beton (f'_c)	= 25 MPa

Data tulangan:

Diameter tulangan lentur (D)	= 22 mm
Diameter tulangan sengkang (d)	= 13 mm
Mutu tulangan lentur (f_y)	= 420 MPa
Mutu tulangan geser (f_{yt})	= 280 MPa

Berdasarkan analisis struktur dengan program *ETABS* maka didapatkan gaya dalam balok seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Gaya Dalam Balok *ETABS*

Gaya	Lokasi	
	Tumpuan	Lapangan
M_u^+ (kNm)	18,791	76,4909
M_u^- (kNm)	28,6262	22,8307

Tabel 2.9 Kebutuhan Tulangan Lentur Balok Anak 30 x 50 cm

Lokasi	M_u (kNm)	Rasio Penulangan		A_s Butuh (mm ²)	Jumlah Tulangan	
		ρ_{perlu}	Desain		Butuh	Pasang
Tum. (+)	18,791	0,0033	Tul. Tunggal	436	1,1465	2
Tum. (-)	28,626	0,0033	Tul. Tunggal	436	1,1465	2

Lap. (+)	22,830	0,0033	Tul. Tunggal	436	1,1465	2
Lap. (-)	76,490	0,0036	Tul. Tunggal	481,6485	1,2665	2

Tabel 2.10 Periksa Kekuatan Balok Anak 30 x 50 cm

Regangan Tarik Pada Tulangan							
Lokasi	M_u (kNm)	A_s sedia (mm ²)	a (mm)	ϵ_t	ϕ	ϕM_n	Cek
Tum. (+)	18,791	760,571	50,1082	0,0192	0,9	118,1453	AMAN
Tum. (-)	28,626	760,571	50,1082	0,0192	0,9	118,1453	AMAN
Lap. (+)	22,830	760,571	50,1082	0,0192	0,9	118,1453	AMAN
Lap. (-)	76,490	760,571	37,3741	0,0192	0,9	118,1453	AMAN

1. Tulangan Transversal Balok Anak 30 x 50 cm

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.1, geser rencana akibat gempa pada balok dihitung mengansumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan lentur balok mencapai $1,25f_y$.

Perhitungan kebutuhan tulangan daerah tumpuan

$$V_{u \text{ ETABS}} = 58,3115 \text{ kN}$$

$$d = 436 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.2, V_c dapat diasumsikan sama dengan nol bilamana gaya geser gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser, perlu maksimum di sepanjang bentang.

$$0,5V_u = 0,5(58,3115)$$

$$V_u = 29,1558 < 42,5236 (V_c), \text{ maka } V_c = 0$$

$$V_s = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c$$

$$= \left(\frac{58,3115}{0,75} \right) = 77,7487 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ maks}} &= 0,66\sqrt{f'_c} b d \\
 &= 0,66\sqrt{25} \times 300 \times 436 \\
 &= 431640 \text{ N} \\
 &= 431,640 \text{ kN} > 77,7487 \text{ kN} (V_s) \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Direncanakan Sengkang 2D13 ($A_s = 265,571 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak sengkang (s)} &= \frac{A_s f_y d}{V_s} \\
 &= \frac{265,571 \times 420 \times 436}{77,7487 \times 10^3} \\
 &= 625,4955 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pasal 21.5.3 SNI 2487:2013 memberi ketentuan jarak sengkang pertama dari muka komponen struktur penumpu tidak lebih dari 50 mm, jarak sengkang tidak boleh lebih dari:

- a. $d/4 = 436/4 = 109 \text{ mm}$
- b. $6 \times d. \text{ tulangan lentur} = 6(22) = 132 \text{ mm}$
- c. 150 mm

Sehingga digunakan tulangan 2D13-100.

Perhitungan kebutuhan tulangan daerah lapangan

$$\begin{aligned}
 V_{u \text{ ETABS}} &= 42,7671 \text{ kN} \\
 d &= 436 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.2, V_c dapat diasumsikan sama dengan nol bilamana gaya geser gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser, perlu maksimum di sepanjang bentang.

$$\begin{aligned}
 0,5V_u &= 0,5(42,7671) \\
 V_u &= 21,3836 < 42,5236 (V_c), \text{ maka } V_c = 0
 \end{aligned}$$

$$V_s = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c$$

$$= \left(\frac{42,7671}{0,75} \right) = 57,0228 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ maks}} &= 0,66\sqrt{f'_c} b d \\ &= 0,66\sqrt{25} \times 300 \times 436 \\ &= 431640 \text{ N} \\ &= 431,640 \text{ kN} > 57,0228 \text{ kN} (V_s) \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

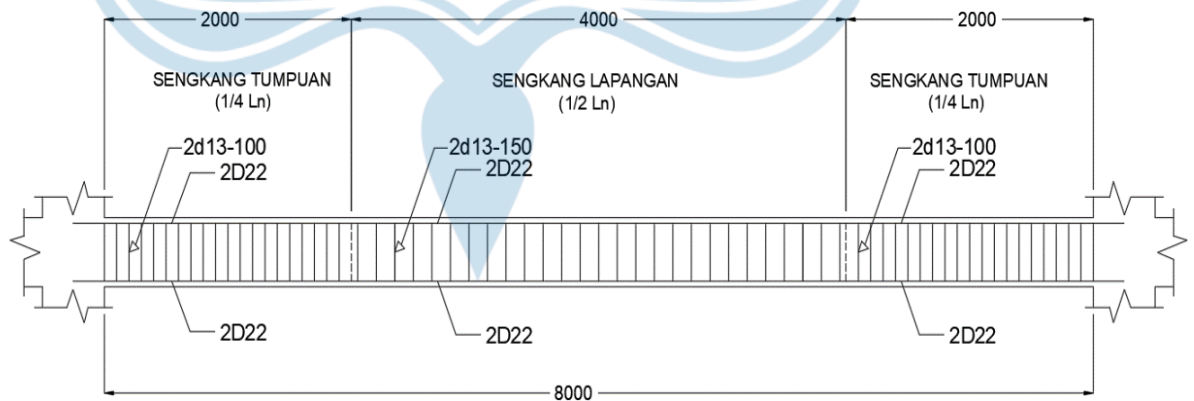
Direncanakan Sengkang 2D13 ($A_s = 265,571 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Jarak sengkang (s)} &= \frac{A_s f_y d}{V_s} \\ &= \frac{265,571 \times 420 \times 436}{57,0228 \times 10^3} \\ &= 852,8420 \text{ mm} \end{aligned}$$



Pasal 21.5.3 SNI 2487:2013 memberi ketentuan jarak sengkang pertama dari muka komponen struktur penumpu tidak lebih dari 50 mm, jarak sengkang tidak boleh lebih dari:

- $d/4 = 436/4 = 109 \text{ mm}$
- $6 \times d. \text{ tulangan lentur} = 6(22) = 132 \text{ mm}$
- 150 mm

Sehingga digunakan tulangan 2D13-150.



Gambar 2. 17 Gambar Penulangan Balok Anak

BALOK		
TIPE	BA 30x50	
	Tumpuan	Lapangan
GAMBAR		
Tulangan Atas	2D22	2D22
Tulangan Bawah	2D22	2D22
Sengkang	2d13-100	2d13-150

Gambar 2. 18 Gambar Penampang Balok Anak

2.6.2 Penulangan Kolom

Dalam perenacanaan kolom yang dimulai dengan menentukan preliminary design dengan menggunakan ukuran balok induk yang telah ditentukan sebelumnya dilanjutkan dengan penentuan ukuran kolom yang akan digunakan. Dilanjutkan dengan pemeriksaan tipe portal kolom pada arah x dan y. Pemeriksaan kelangsingan kolom pada setiap lantai yang dimulai dengan perhitungan kekang atas ke bawah, faktor panjang efektif arah x dan y. Kemudian menghitung tulangan longitudinal kolom dengan data analisis struktur berdasarkan *ETABS* yang dilanjutkan dengan perhitungan tulangan lentur menggunakan *SP Column* yang menghasilkan jumlah tulangan dan diameter tulangan. Selanjutnya perhitungan tulangan transversal kolom berdasarkan SNI 2847-2019 kolom SRPMK.

2.6.2.1 Data Perencanaan Kolom K1 Lantai 1

1. Cek Dimensi

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1 Kolom-kolom harus memenuhi a) dan b):

- a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya tidak dari 0,4.

Maka setelah dicek, didapat:

1. $700 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (OK)

2. $\frac{b}{h} = \frac{700}{700}$
 $= 1 > 0,4$ (OK)

Dari Aplikasi Spcolumn didapat jumlah tulangan 20D25 ($A_s = 491,071 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan actual sebesar 0,02082 = 2,082 %.

$$P_u = 4671,57 \text{ kN}$$

$$0,3 A_g f'_c = 0,3 \times (700 \times 700) \times (25) = 3675 \text{ kN}$$

Sehingga, nilai $P_u = 4671,57 \text{ kN} > 0,3 A_g f'_c = 3675 \text{ kN}$

$$\rho_g = \frac{n \times A}{b \times h}$$

$$= (20 \times 491,071)$$

$$= 0,02004 \text{ (OK)}$$

2. Cek SCWB (*Strong Column-Weak Beam*)

Balok 40 x 70 cm Bentang 8 Meter

Tumpuan Tarik 8D25 ($A_s = 3928,571 \text{ mm}^2$)

Tumpuan Tekan 5D25 ($A_s = 2455,357 \text{ mm}^2$)

Momen (-)

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= (3928,571 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400)$$

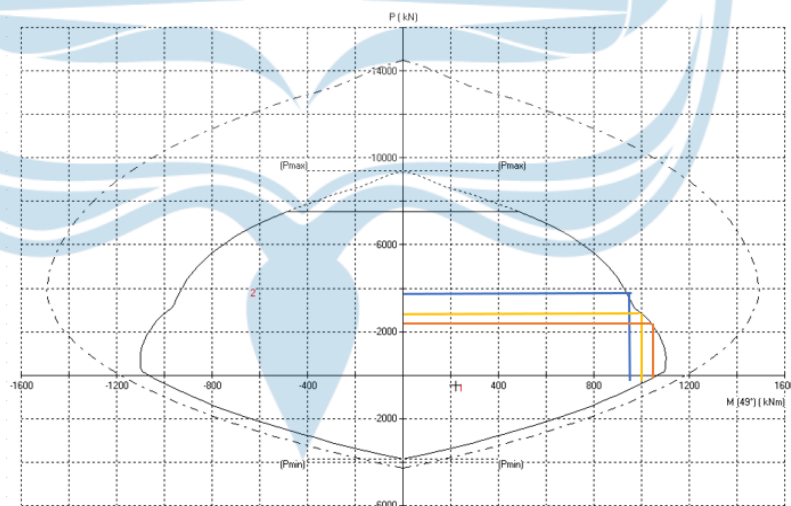
$$\begin{aligned}
 &= 194,118 \text{ mm} \\
 M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 3928,571 \times 420 \times (634,5 - (194,118 / 2)) \\
 &= 886,778 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Momen (+)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= (2455,357 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400) \\
 &= 121,324 \text{ mm} \\
 M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 2455,357 \times 420 \times (634,5 - (121,324 / 2)) \\
 &= 591,771 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_{nb,ki} = 886,778 \text{ kNm}$$

$$M_{nb,ka} = 591,771 \text{ kNm}$$



Gambar 2.19 Diagram Interaksi *Strong Column-Weak Beam* Lantai 1

P_u :

Lantai 3 = 3104,59kN (biru)

Lantai 2 = 3885,03kN (kuning)

Lantai 1 = 4671,57kN (oranye)

Dari hasil plot nilai P_u tiap lantai, didapat nilai:

Kolom diatas lantai 1 (lantai 2) :

$$\emptyset M_n = 1150 \text{ kNm}$$

Kolom dibawah lantai 1 (tidak ada) :

$$\emptyset M_n = 0 \text{ kNm}$$

Maka, nilai $M_{nc,a}$ dan $M_{nc,b}$ (dengan $\emptyset = 0,65$) :

$$\begin{aligned} M_{nc,a} &= \frac{\emptyset M_n \text{ Lantai 2}}{\emptyset} \\ &= \frac{1150}{0,65} \\ &= 1776,9231 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nc,b} &= \frac{\emptyset M_n \text{ Lantai 1}}{\emptyset} \\ &= \frac{0}{0,65} = 0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.2 Kekuatan lentur kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb}$

$$\begin{aligned} \text{Pengecekan SCWB} &= \Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb} \\ &= (1776,9231 + 0) \geq 1,2 \times (886,778 + 591,771) \\ &= 1777 \geq 1774,26 \text{ (Terpenuhi)} \end{aligned}$$

3. Tulangan Transversal

Menurut tabel SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.4

$$\begin{aligned} b_c &= 700 - (2.40) \\ &= 620 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= b_c \times b_c \\ &= 620 \times 620 \\ &= 384400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= bh \\
 &= 700 \times 700 \\
 &= 490000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_i &= \frac{700 - (2.40) - (2.13) - 25}{3} \\
 &= 189,667 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \end{array} \right.$$

$$\text{a) } 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,3 \left(\frac{490000}{384400} - 1 \right) \left(\frac{25}{420} \right) = 0,004906$$

$$\text{b) } 0,09 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,09 \left(\frac{25}{420} \right) = 0,006$$

K_f didapat 0,742, dipakai nilai 1

K_n didapat nilai 1,1

$$\text{c) } 0,2k_f k_n \left(\frac{P_u}{F_{yt} A_{ch}} \right) = 0,2 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \left(\frac{4671,57}{420 \cdot 384400} \right) = 0,00477$$

Dipakai nilai syarat a yaitu = 0,004906

Syarat Jarak Tulangan Transversal

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.3

$$\text{a. } \frac{1}{4} \times 700 = 175 \text{ mm}$$

$$\text{b. } 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

c. Spasi antar tulangan

$$X_i = \frac{700 - (2.40) - (2.13) - 25}{3} = 189,667 \text{ mm}$$

$$S_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

$$= 100 + \left(\frac{350 - 189,667}{3} \right)$$

$$= 153,444 \text{ mm}$$

Ambil jarak maksimum tulangan transversal $S_0 = 100 \text{ mm}$.

$$\frac{A_{sh}}{s} = b_c \times 0,004906$$

$$= 620 \times 0,004906$$

$$= 3,0415 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = \frac{A_{sh}}{s} \times S_0$$

$$= 3,0415 \times 100$$

$$= 304,147 \text{ mm}^2$$

Jumlah Kaki Sengkang (n) $= \frac{A_{sh}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$

$$= \frac{304,147}{\frac{1}{4} \pi 13^2}$$

$$= 2,2905 = 3 \text{ kaki}$$

$$A_s = n \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

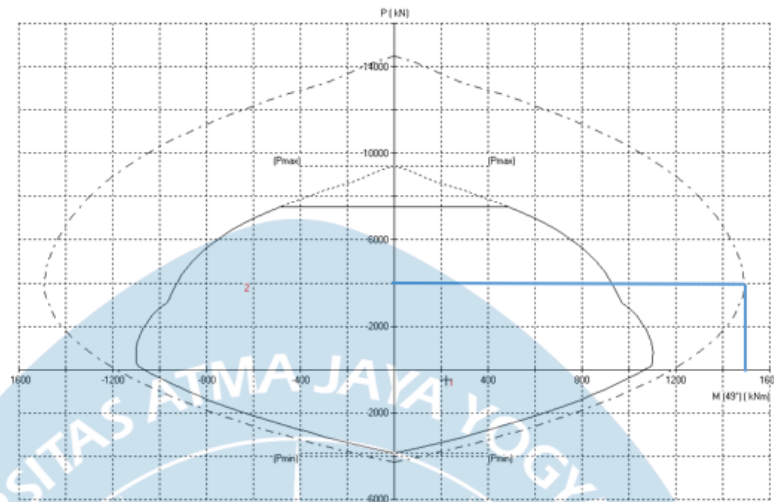
$$= 3 \times \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$= 398,357 \text{ mm}^2$$

Digunakan Sengkang 3D13 ($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$)

4. Kekuatan Geser

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.6.1.1



Gambar 2.20 Diagram Interaksi Kekuatan Geser Lantai 1

Dari hasil Plot pada grafik diatas didapat:

$$M_{prc \text{ atas}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$M_{prc \text{ bawah}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{M_{prc \text{ atas}} + M_{prc \text{ bawah}}}{l_u} \\ &= \frac{1550 + 1550}{3,5} \\ &= 885,714 \text{ kN} \end{aligned}$$

V_e tidak boleh melebihi dari:

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{\frac{1}{2}(\sum M_{prb \text{ atas}} \times D_F \text{ atas}) + \frac{1}{2}(\sum M_{prb \text{ bawah}} \times D_F \text{ bawah})}{l_u} \\ &= \frac{\frac{1}{2}(1550 \cdot 1550) + \frac{1}{2}(1550 \cdot 1550)}{3,5} \\ &= 442,442 \text{ kN} \end{aligned}$$

V_e tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor (*Output ETABS*):

$$V_e = 322,826 \text{ kN}$$

Karena V_e melebihi syarat maksimal nilai V_e maka, diambil $V_e = 442,442$ kN.

Asumsikan Kuat Geser yang disumbang oleh beton, $V_c = 0$, maka:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{422,442}{0,75} \\ &= 563,257 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_{yt} \cdot d} \\ &= \frac{563,257}{420.634,5} \\ &= 2,114 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2,114 \times 100 \text{ (untuk } s = 100 \text{ mm)} \\ &= 211,361 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sudah disediakan Sengkang tertutup dan ikat silang, 3D13 – 100 ($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$).

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.5. Untuk daerah diluar l_0 , maka nilai V_c ditentukan berdasar pada persamaan:

Gaya Aksial terkecil Lantai 1

$$N_u = P_u = 668,215 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \right) \\ &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{668,215}{14.490000} \right) 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 700 \cdot 634,5 \right) \\ &= 340,753 \text{ kN} > V_u = 322,826 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daerah luar l_0 dapat dipasang tulangan Sengkang dengan jarak

$$\frac{d}{2} = \frac{634,5}{2} = 317,25 = 300 \text{ mm}$$

Namun, persyaratan jarak tulangan transversal diluar l_0 tidak boleh melebihi 150 mm atau $6d_b$ sehingga dapat dipasang tulangan dengan jarak maksimal 150 mm.

2.6.2.2 Data Perencanaan Kolom K1 Lantai 2

1. Cek Dimensi

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1 Kolom-kolom harus memenuhi a) dan b):

- a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya tidak dari 0,4.

Maka setelah dicek, didapat:

1. $700 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (OK)

2. $\frac{b}{h} = \frac{700}{700}$
 $= 1 > 0,4$ (OK)

Dari Aplikasi Spcolumn didapat jumlah tulangan 20D25 ($A_s = 491,071 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan aktual sebesar 0,02082 = 2,082 %.

$$P_u = 3885,03 \text{ kN}$$

$$0,3A_g f'_c = 0,3 \times (700 \times 700) \times (25)$$

$$= 3675 \text{ kN}$$

Sehingga, nilai $P_u = 3885,03 \text{ kN} > 0,3A_g f'_c = 3675 \text{ kN}$

$$\rho_g = \frac{n \times A}{b \times h}$$

$$= (20 \times 491,071)$$

$$= 0,02004 \text{ (OK)}$$

2. Cek SCWB (Strong Column-Weak Beam)

Balok 40 x 70 cm Bentang 8 Meter

Tumpuan Tarik 8D25 ($A_s = 3928,571 \text{ mm}^2$)

Tumpuan Tekan 5D25 ($A_s = 2455,357 \text{ mm}^2$)

Momen (-)

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= (3928,571 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400)$$

$$= 194,118 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 3928,571 \times 420 \times (634,5 - (194,118 / 2))$$

$$= 886,778 \text{ kNm}$$

Momen (+)

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= (2455,357 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400)$$

$$= 121,324 \text{ mm}$$

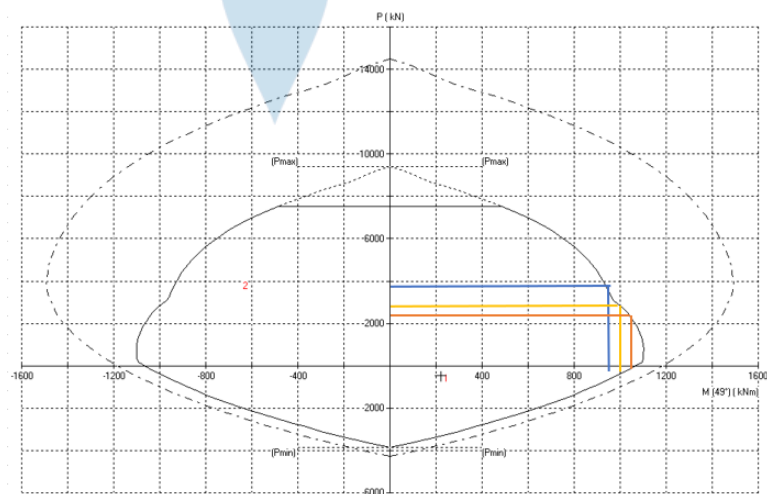
$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2455,357 \times 420 \times (634,5 - (121,324 / 2))$$

$$= 591,771 \text{ kNm}$$

$$M_{nb,ki} = 886,778 \text{ kNm}$$

$$M_{nb,ka} = 591,771 \text{ kNm}$$



Gambar 2.21 Diagram Interaksi *Strong Column-Weak Beam* Lantai 2

P_u :

Lantai 3 = 3104,59kN (biru)

Lantai 2 = 3885,03kN (kuning)

Lantai 1 = 4671,57kN (oren)

Dari hasil plot nilai P_u tiap lantai, didapat nilai:

Kolom diatas lantai 2 (lantai 3) :

$$\emptyset M_n = 1155 \text{ kNm}$$

Kolom dibawah lantai 2 (lantai 1) :

$$\emptyset M_n = 900 \text{ kNm}$$

Maka, nilai $M_{nc,a}$ dan $M_{nc,b}$ (dengan $\emptyset = 0,65$) :

$$\begin{aligned} M_{nc,a} &= \frac{\emptyset M_n \text{ Lantai 3}}{\emptyset} \\ &= \frac{1155}{0,65} \\ &= 1776,923 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nc,b} &= \frac{\emptyset M_n \text{ Lantai 1}}{\emptyset} \\ &= \frac{900}{0,65} = 1384,615 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.2 Kekuatan lentur kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb}$

$$\begin{aligned} \text{Pengecekan SCWB} &= \Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb} \\ &= (1776,923+1384,615) \geq 1,2 \times \\ &\quad (886,778+591,771) \\ &= 3162 \geq 1774,26 \text{ (Terpenuhi)} \end{aligned}$$

3. Tulangan Transversal

Menurut tabel SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.4

$$\begin{aligned} b_c &= 700 - 2(40) \\ &= 620 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{ch} &= b_c \times b_c \\
 &= 620 \times 620 \\
 &= 384400 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= bh \\
 &= 700 \times 700 \\
 &= 490000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_i &= \frac{700 - (2.40) - (2.13) - 25}{3} \\
 &= 189,667 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_{sh}}{s b_c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,2 k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \end{array} \right.$$

$$\text{a) } 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,3 \left(\frac{490000}{384400} - 1 \right) \left(\frac{25}{420} \right) = 0,004906$$

$$\text{b) } 0,09 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,09 \left(\frac{25}{420} \right) = 0,006$$

K_f didapat 0,742, dipakai nilai 1

K_n didapat nilai 1,1

$$\text{c) } 0,2 k_f k_n \left(\frac{P_u}{F_{yt} A_{ch}} \right) = 0,2 \cdot 1 \cdot 1,1 \left(\frac{4671,57}{420 \cdot 384400} \right) = 0,00477$$

Dipakai nilai syarat a yaitu = 0,004906

Syarat Jarak Tulangan Transversal

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.3

$$\text{a. } \frac{1}{4} \times 700 \text{ mm} = 175 \text{ mm}$$

$$\text{b. } 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

c. Spasi antar tulangan

$$X_i = \frac{700 - (2.40) - (2.13) - 25}{3} = 189,667 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 100 + \left(\frac{350-h_x}{3} \right) \\
 &= 100 + \left(\frac{350-189,667}{3} \right) \\
 &= 153,444 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ambil jarak maksimum tulangan transversal $S_0 = 100 \text{ mm}$.

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{sh}}{s} &= b_c \times 0,004906 \\
 &= 620 \times 0,004906 \\
 &= 3,0415 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{A_{sh}}{s} \times S_0 \\
 &= 3,0415 \times 100 \\
 &= 304,147 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

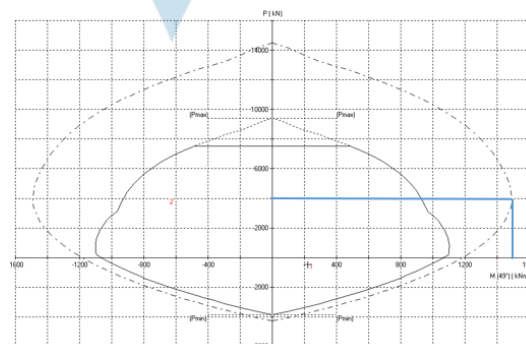
$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kaki Sengkang (n)} &= \frac{A_{sh}}{\frac{1}{4} \pi D^2} \\
 &= \frac{304,147}{\frac{1}{4} \pi 13^2} \\
 &= 2,2905 = 3 \text{ kaki}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= n \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 3 \times \frac{1}{4} \pi 13^2 \\
 &= 398,357 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Sengkang 3D13 ($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$)

4. Kekuaan Geser

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.6.1.1



Gambar 2.22 Diagram Interaksi Kekuatan Geser Lantai 2

Dari hasil Plot didapat:

$$M_{prc \text{ atas}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$M_{prc \text{ bawah}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{M_{prc \text{ atas}} + M_{prc \text{ bawah}}}{l_u} \\ &= \frac{1550 + 1550}{3,5} \\ &= 885,714 \text{ kN} \end{aligned}$$

V_e tidak boleh melebihi dari:

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{\frac{1}{2}(\sum M_{prb \text{ atas}} \times D_{F \text{ atas}}) + \frac{1}{2}(\sum M_{prb \text{ bawah}} \times D_{F \text{ bawah}})}{l_u} \\ &= \frac{\frac{1}{2}(1550 \cdot 1550) + \frac{1}{2}(1550 \cdot 1550)}{3,5} \\ &= 442,442 \text{ kN} \end{aligned}$$

V_e tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor:

$$V_e = 322,826 \text{ (Output ETABS)}$$

Maka, diambil nilai $V_e = 422,442 \text{ kN}$

Asumsikan Kuat Geser yang disumbang oleh beton, $V_c = 0$,
maka:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{422,442}{0,75} \\ &= 563,257 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_{yt} \cdot d} \\ &= \frac{563,257}{420 \cdot 634,5} \\ &= 2,114 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2,114 \times 100 \text{ (untuk } s = 100 \text{ mm)} \\ &= 211,361 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sudah disediakan Sengkang tertutup dan ikat silang, 3D13 – 100
($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$)

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.5. Untuk daerah diluar l_0 , maka nilai V_c ditentukan berdasar pada persamaan:

Gaya aksial terkecil lantai 2

$$N_u = 468,808$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17(1 + (\frac{N_u}{14A_g}) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ &= 0,17(1 + (\frac{468,808}{14.490000}) 1. \sqrt{25}. 700.634,5 \\ &= 351,7275 \text{ kN} > V_u (322,826 \text{ kN}) \end{aligned}$$

Daerah luar l_0 dapat dipasang tulangan Senggang dengan jarak :

$$\frac{d}{2} = \frac{634,5}{2} = 317,25 = 300 \text{ mm}$$

Namun, persyaratan jarak tulangan transversal diluar l_0 tidak boleh melebihi 150 mm atau $6db$ sehingga dapat dipasang tulangan dengan jarak maksimal 150 mm.

2.6.2.3 Data Perencanaan Kolom K1 Lantai 3

1. Cek Dimensi

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1 Kolom-kolom harus memenuhi a) dan b) :

- a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya tidak dari 0,4.

Maka setelah dicek, didapat :

1. $700 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (OK)
2. $\frac{b}{h} = \frac{700}{700}$
 $= 1 > 0,4$ (OK)

Dari Aplikasi Spcolumn didapat jumlah tulangan 20D25 ($A_s = 491,071 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan aktual sebesar 0,02082 = 2,082 %.

$$\begin{aligned} P_u &= 3104,59 \text{ kN} \\ 0,3A_g f'_c &= 0,3 \times (700 \times 700) \times (25) \\ &= 3675 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga, nilai $P_u = 3104,59 \text{ kN} < 0,3A_g f'_c = 3675 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} \rho_g &= \frac{n \times A}{b \times h} \\ &= (20 \times 491,071) \\ &= 0,02004 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Cek SCWB (*Strong Column-Weak Beam*)

Balok 40 x 70 cm Bentang 8 Meter

Tumpuan Tarik 8D25 ($A_s = 3928,571 \text{ mm}^2$)

Tumpuan Tekan 5D25 ($A_s = 2455,357 \text{ mm}^2$)

Momen (-)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= (3928,571 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400) \\ &= 194,118 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 3928,571 \times 420 \times (634,5 - (194,118/2)) \\ &= 886,778 \text{ kNm} \end{aligned}$$

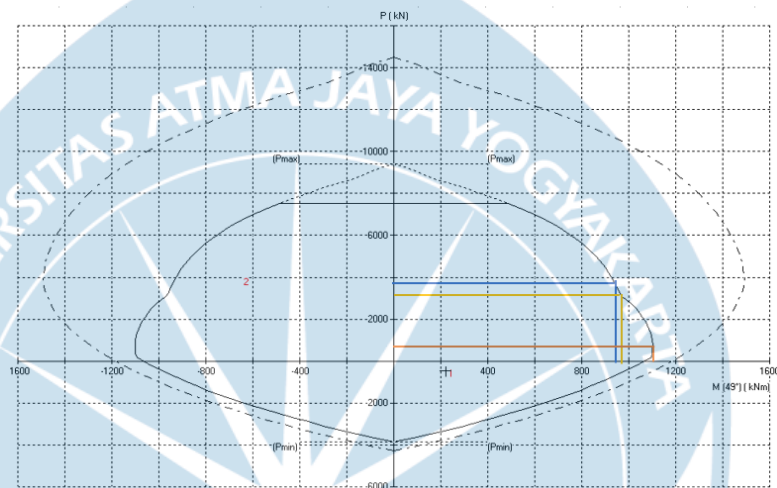
Momen (+)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= (2455,357 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400) \\ &= 121,324 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 2455,357 \times 420 \times (634,5 - (121,324 / 2)) \\
 &= 591,771 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_{nb,ki} = 886,778 \text{ kNm}$$

$$M_{nb,ka} = 591,771 \text{ kNm}$$



Gambar 2.23 Diagram Interaksi *Strong Column-Weak Beam* Lantai 3

P_u :

Lantai 2 = 3104,59kN (biru)

Lantai 3 = 3885,03kN (kuning)

Lantai 4 = 4671,57kN (oren)

Dari Hasil plot nilai P_u tiap lantai, didapat nilai:

Kolom diatas lantai 3 (lantai 4) :

$$\emptyset M_n = 1175 \text{ kNm}$$

Kolom dibawah lantai 3 (lantai 2) :

$$\emptyset M_n = 1155 \text{ kNm}$$

Maka, nilai $M_{nc,a}$ dan $M_{nc,b}$ (dengan $\emptyset = 0,65$) :

$$M_{nc,a} = \frac{\emptyset M_n \text{ Lantai 4}}{\emptyset}$$

$$= \frac{1175}{0,65}$$

$$= 1807,692 \text{ kNm}$$

$$M_{nc,b} = \frac{\emptyset M_n \text{ Lantai 2}}{\emptyset}$$

$$= \frac{900}{0,65}$$

$$= 1776,923 \text{ kNm}$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.2 Kekuatan lentur kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb}$.

$$\begin{aligned} \text{Pengecekan SCWB} &= \Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb} \\ &= (1807,692 + 1769,231) \geq 1,2 \times (886,778 + \\ &\quad 591,771) \\ &= 3585 \geq 1774,26 \text{ (Terpenuhi)} \end{aligned}$$

3. Tulangan Transversal

Menurut tabel SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.4

$$b_c = 700 - 2(40)$$

$$= 620 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = b_c \times b_c$$

$$= 620 \times 620$$

$$= 384400 \text{ mm}^2$$

$$A_g = bh$$

$$= 700 \times 700$$

$$= 490000 \text{ mm}^2$$

$$X_i = \frac{700 - (2.40) - (2.13) - 25}{3}$$

$$= 189,667 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \end{array} \right.$$

$$a) \quad 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,3 \left(\frac{490000}{384400} - 1 \right) \left(\frac{25}{420} \right) = 0,004906$$

$$b) \quad 0,09 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,09 \left(\frac{25}{420} \right) = 0,006$$

K_f didapat 0,742, dipakai nilai 1

K_n didapat nilai 1,1

$$c) \quad 0,2k_f k_n \left(\frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \right) = 0,2 \cdot 1 \cdot 1,1 \left(\frac{4671,57}{420 \cdot 384400} \right) = 0,00477$$

Dipakai nilai syarat a yaitu = 0,004906

Syarat Jarak Tulangan Transversal

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.3

$$a. \quad \frac{1}{4} \times 700 \text{ mm} = 175 \text{ mm}$$

$$b. \quad 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

c. Spasi antar tulangan

$$X_i = \frac{700 - (2.40) - (2.13) - 25}{3} = 189,667 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_0 &= 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \\ &= 100 + \left(\frac{350 - 189,667}{3} \right) \\ &= 153,444 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ambil jarak maksimum tulangan transversal $S_0 = 100 \text{ mm}$.

$$\frac{A_{sh}}{s} = b_c \times 0,004906$$

$$= 20 \times 0,004906$$

$$= 3,0415 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = \frac{A_{sh}}{s} \times S_0$$

$$= 3,0415 \times 100$$

$$= 304,147 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Kaki Sengkang (n)} = \frac{A_{sh}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$= \frac{304,147}{\frac{1}{4} \pi 13^2}$$

$$= 2,2905 = 3 \text{ kaki}$$

$$A_s = n \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

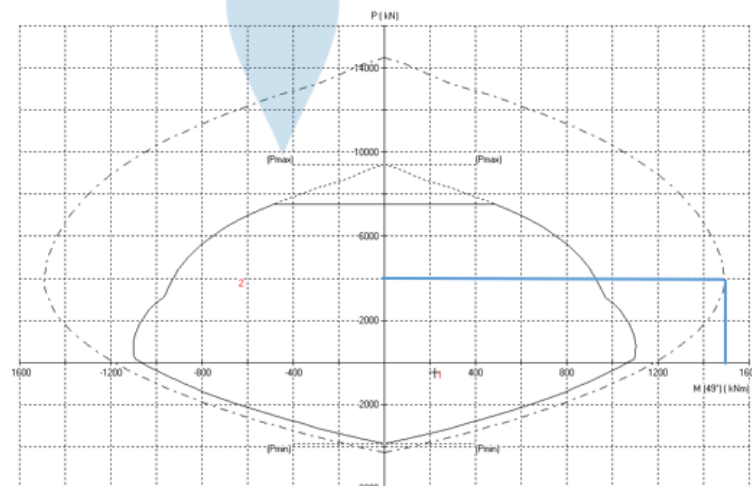
$$= 3 \times \frac{1}{4} \pi 13^2$$

$$= 398,357 \text{ mm}^2$$

Digunakan Sengkang 3D13 ($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$)

4. Kekuatan Geser

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.6.1.1



Gambar 2.24 Diagram Interaksi Kekuatan Geser Lantai 3

Dari hasil Plot didapat:

$$M_{prc \text{ atas}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$M_{prc \text{ bawah}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{M_{prc \text{ atas}} + M_{prc \text{ bawah}}}{l_u} \\ &= \frac{1550 + 1550}{3,5} \\ &= 885,714 \text{ kN} \end{aligned}$$

V_e tidak boleh melebihi dari:

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{\frac{1}{2}(\sum M_{prb \text{ atas}} \times D_F \text{ atas}) + \frac{1}{2}(\sum M_{prb \text{ bawah}} \times D_F \text{ bawah})}{l_u} \\ &= \frac{\frac{1}{2}(1550 \cdot 1550) + \frac{1}{2}(1550 \cdot 1550)}{3,5} \\ &= 422,442 \text{ kN} \end{aligned}$$

V_e tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor :

$$V_e = 322,826 \text{ (Output ETABS)}$$

Diambil $V_e = 422,442 \text{ kN}$

Asumsikan Kuat Geser yang disumbang oleh beton, $V_c = 0$, maka:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{422,442}{0,75} \\ &= 563,257 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_{yt} \cdot d} \\ &= \frac{563,257}{420.634,5} \\ &= 2,114 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2,114 \times 100 \text{ (untuk } s = 100 \text{ mm)} \\ &= 211,361 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sudah disediakan Sengkang tertutup dan ikat silang, 3D13 – 100 ($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$)

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.5. Untuk daerah diluar l_0 , maka nilai V_c ditentukan berdasar pada persamaan:

Gaya aksial terkecil lantai 3

$$N_u = 262,088$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \right) \\ &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{262,088}{14.490000} \right) 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 700 \cdot 634,5 \right) \\ &= 363,104 \text{ kN} > V_u (322,826 \text{ kN}) \end{aligned}$$

Daerah luar l_0 dapat dipasang tulangan Sengkang dengan jarak

$$\frac{d}{2} = \frac{634,5}{2} = 317,25 = 300 \text{ mm}$$

Namun, persyaratan jarak tulangan transversal diluar l_0 tidak boleh melebihi 150 mm atau $6db$ sehingga dapat dipasang tulangan dengan jarak maksimal 150 mm.

2.6.2.4 Data Perencanaan Kolom K1 Lantai 4

1. Cek Dimensi

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1 Kolom-kolom harus memenuhi a) dan b) :

- a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya tidak dari 0,4.

Maka setelah dicek, didapat :

1. $700 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (OK)
2. $\frac{b}{h} = \frac{700}{700}$
 $= 1 > 0,4$ (OK)

Dari Aplikasi Spcolumn didapat jumlah tulangan 20D25 ($A_s = 491,071 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan aktual sebesar 0,02082 = 2,082 %.

$$P_u = 2326,9 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} 0,3A_g f'_c &= 0,3 \times (700 \times 700) \times (25) \\ &= 3675 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga, nilai $P_u = 2326,9 \text{ kN} < 0,3A_g f'_c = 3675 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} \rho_g &= \frac{n \times A}{b \times h} \\ &= (20 \times 491,071) \\ &= 0,02004 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Cek SCWB (Strong Column-Weak Beam)

Balok 40 x 70 cm Bentang 8 Meter

Tumpuan Tarik 8D25 ($A_s = 3928,571 \text{ mm}^2$)

Tumpuan Tekan 5D25 ($A_s = 2455,357 \text{ mm}^2$)

Momen (-)

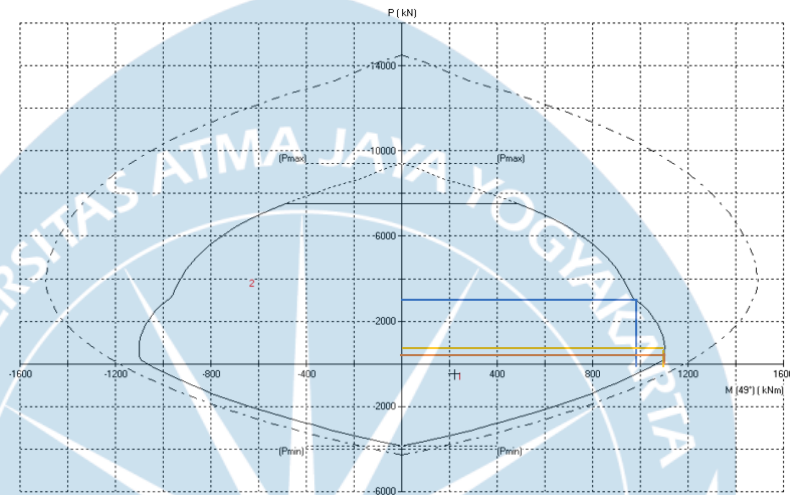
$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= (3928,571 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400) \\ &= 194,118 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 3928,571 \times 420 \times (634,5 - (194,118 / 2)) \\ &= 886,778 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen (+)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= (2455,357 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400) \\ &= 121,324 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 2455,357 \times 420 \times (634,5 - (121,324 / 2)) \\
 &= 591,771 \text{ kNm} \\
 M_{nb,ki} &= 886,778 \text{ kNm} \\
 M_{nb,ka} &= 591,771 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$



Gambar 2.25 Diagram Interaksi *Strong Column-Weak Beam* Lantai 4

P_u :

Lantai 3 = 3104,587 kN (biru)

Lantai 4 = 251,902 kN (kuning)

Lantai 5 = 152,297 kN (oren)

Dari Hasil plot nilai P_u tiap lantai, didapat nilai :

Kolom diatas lantai 4 (lantai 5) :

$$\emptyset M_n = 1170 \text{ kNm}$$

Kolom dibawah lantai 4 (lantai 3) :

$$\emptyset M_n = 1155 \text{ kNm}$$

Maka, nilai $M_{nc,a}$ dan $M_{nc,b}$ (dengan $\emptyset = 0,65$) :

$$\begin{aligned}
 M_{nc,a} &= \frac{\emptyset M_n \text{ Lantai 5}}{\emptyset} \\
 &= \frac{1170}{0,65}
 \end{aligned}$$

$$= 1800 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_{nc,b} &= \frac{\emptyset M_n \text{ Lantai 3}}{\emptyset} \\ &= \frac{1155}{0,65} \\ &= 1776,923 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.2 Kekuatan lentur kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb}$.

$$\begin{aligned} \text{Pengecekan SCWB} &= \Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb} \\ &= (1800 + 1776,923) \geq 1,2 \times (886,778 + 591,771) \\ &= 3577 \geq 1774,26 \text{ (Terpenuhi)} \end{aligned}$$

3. Tulangan Transversal

Menurut tabel SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.4

$$\begin{aligned} b_c &= 700 - 2(40) \\ &= 620 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= b_c \times b_c \\ &= 620 \times 620 \\ &= 384400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= bh \\ &= 700 \times 700 \\ &= 490000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_i &= \frac{700 - (2.40) - (2.13) - 25}{3} \\ &= 189,667 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \end{array} \right.$$

$$a) \quad 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,3 \left(\frac{490000}{384400} - 1 \right) \left(\frac{25}{420} \right) = 0,004906$$

$$b) \quad 0,09 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,09 \left(\frac{25}{420} \right) = 0,006$$

K_f didapat 0,742, dipakai nilai 1

K_n didapat nilai 1,1

$$c) \quad 0,2k_f k_n \left(\frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \right) = 0,2 \cdot 1 \cdot 1,1 \left(\frac{4671,57}{420 \cdot 384400} \right) = 0,00477$$

Dipakai nilai syarat a yaitu = 0,004906

Syarat Jarak Tulangan Transversal

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.3

$$a. \quad \frac{1}{4} \times 700 \text{ mm} = 175 \text{ mm}$$

$$b. \quad 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

c. Spasi antar tulangan

$$X_i = \frac{700 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - 25}{3} = 189,667 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_0 &= 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \\ &= 100 + \left(\frac{350 - 189,667}{3} \right) \\ &= 153,444 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ambil jarak maksimum tulangan transversal $S_0 = 100 \text{ mm}$.

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh}}{s} &= b_c \times 0,004906 \\ &= 620 \times 0,004906 \\ &= 3,0415 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{sh} = \frac{A_{sh}}{s} \times S_0$$

$$= 3,0415 \times 100$$

$$= 304,147 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Kaki Senggang (n)} = \frac{A_{sh}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

$$= \frac{304,147}{\frac{1}{4}\pi 13^2}$$

$$= 2,2905 = 3 \text{ kaki}$$

$$A_s = n \times \frac{1}{4}\pi d^2$$

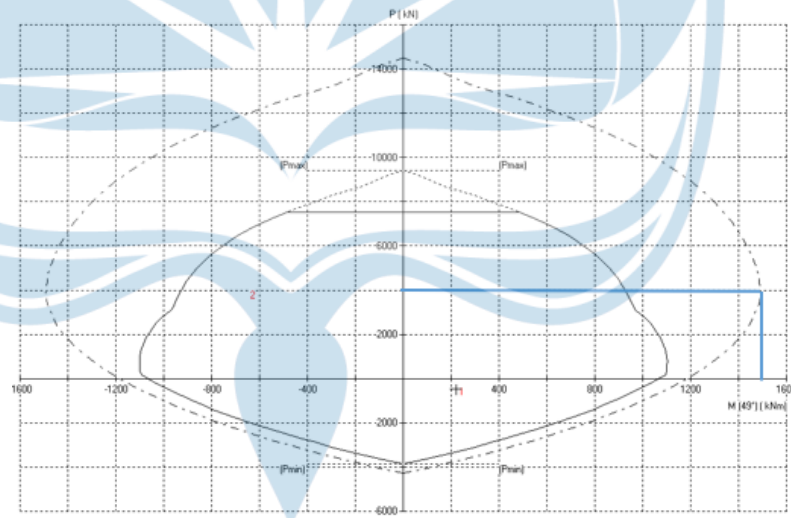
$$= 3 \times \frac{1}{4}\pi 13^2$$

$$= 398,357 \text{ mm}^2$$

Digunakan Senggang 3D13 ($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$)

4. Kekuatan Geser

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.6.1.1



Gambar 2.26 Diagram Interaksi Kekuatan Geser Lantai 4

Dari hasil Plot didapat:

$$M_{prc \text{ atas}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$M_{prc \text{ bawah}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{M_{prc \text{ atas}} + M_{prc \text{ bawah}}}{l_u}$$

$$= \frac{1550 + 1550}{3,5}$$

$$= 885,714 \text{ kN}$$

V_e tidak boleh melebihi dari:

$$V_e = \frac{\frac{1}{2}(\Sigma M_{prc} \text{ atas} \times D_F \text{ atas}) + \frac{1}{2}(\Sigma M_{prb} \text{ bawah} \times D_F \text{ bawah})}{l_u}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}(1550 \cdot 1550) + \frac{1}{2}(1550 \times 1550)}{3,5} = 422,442 \text{ kN}$$

V_e tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor :

$$V_e = 322,826 \text{ (Output ETABS)}$$

Diambil $V_e = 422,442 \text{ kN}$

Asumsikan Kuat Geser yang disumbang oleh beton, $V_c = 0$, maka:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$= \frac{422,442}{0,75}$$

$$= 563,257 \text{ kN}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yt} \cdot d}$$

$$= \frac{563,257}{420 \cdot 634,5}$$

$$= 2,114$$

$$A_v = 2,114 \times 100 \text{ (untuk } s = 100 \text{ mm)}$$

$$= 211,361 \text{ mm}^2$$

Sudah disediakan Sengkang tertutup dan ikat silang, 3D13 – 100
($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$)

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.5. Untuk daerah diluar l_o , maka nilai V_c ditentukan berdasar pada persamaan:

Gaya aksial terkecil lantai 4

$$N_u = 129,166$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \right) b_w d \\ &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{129,166}{14.490000} \right) 1 \cdot \sqrt{25} \right) 700 \cdot 634,5 \\ &= 370,4191 \text{ kN} > V_u = 322,826 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daerah luar l_0 dapat dipasang tulangan Senggang dengan jarak

$$\frac{d}{2} = \frac{634,5}{2} = 317,25 = 300 \text{ mm}$$

Namun, persyaratan jarak tulangan transversal diluar l_0 tidak boleh melebihi 150 mm atau $6d_b$ sehingga dapat dipasang tulangan dengan jarak maksimal 150 mm.

2.6.2.5 Data Perencanaan Kolom K1 Lantai 5

1. Cek Dimensi

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1 Kolom-kolom harus memenuhi a) dan b):

- a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya tidak dari 0,4.

Maka setelah dicek, didapat:

1. $700 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (OK)
2. $\frac{b}{h} = \frac{700}{700}$
 $= 1 > 0,4$ (OK)

Dari Aplikasi Spcolumn didapat jumlah tulangan 20D25 ($A_s = 491,071 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan actual sebesar 0,02082 = 2,082 %.

$$P_u = 3885,03 \text{ kN}$$

$$0,3A_g f'_c = 0,3 \times (700 \times 700) \times (25)$$

$$= 3675 \text{ kN}$$

Sehingga, nilai $P_u = 3885,03 \text{ kN} < 0,3A_g f'_c = 3675 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} \rho_g &= \frac{n \times A}{b \times h} \\ &= (20 \times 491,071) \\ &= 0,02004 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Cek SCWB (*Strong Column-Weak Beam*)

Balok 40 x 70 cm Bentang 8 Meter

Tumpuan Tarik 8D25 ($A_s = 3928,571 \text{ mm}^2$)

Tumpuan Tekan 5D25 ($A_s = 2455,357 \text{ mm}^2$)

Momen (-)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= (3928,571 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400) \\ &= 194,118 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 3928,571 \times 420 \times (634,5 - (194,118 / 2)) \\ &= 886,778 \text{ kNm} \end{aligned}$$

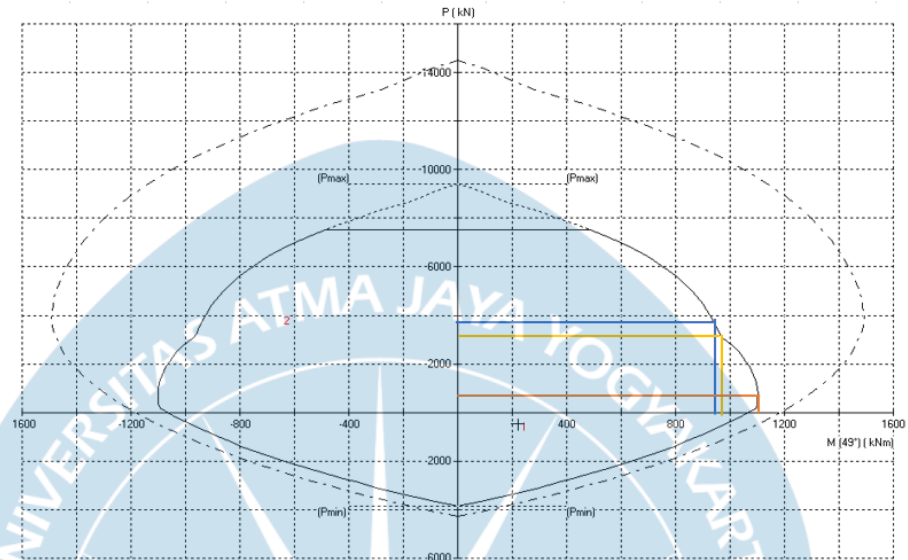
Momen (+)

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= (2455,357 \times 420) / (0,85 \times 25 \times 400) \\ &= 121,324 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2455,357 \times 420 \times (634,5 - (121,324 / 2)) \\ &= 591,771 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{nb,ki} = 886,778 \text{ kNm}$$

$$M_{nb,ka} = 591,771 \text{ kNm}$$



Gambar 2.27 Diagram Interaksi Strong Column-Weak Beam Lantai 5

P_u :

Lantai 3 = 3104,587 kN (biru)

Lantai 4 = 251,902 kN (kuning)

Lantai 5 = 152,297 kN (oren)

Dari Hasil plot nilai P_u tiap lantai, didapat nilai :

Kolom diatas lantai 5 (tidak ada) :

$$\emptyset M_n = 0 \text{ kNm}$$

Kolom dibawah lantai 5 (lantai 4) :

$$\emptyset M_n = 1155 \text{ kNm}$$

Maka, nilai $M_{nc,a}$ dan $M_{nc,b}$ (dengan $\emptyset = 0,65$) :

$$\begin{aligned} M_{nc,a} &= \frac{\emptyset M_n \text{ diatas Lantai 5}}{\emptyset} \\ &= \frac{0}{0,65} \\ &= 0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc,b} &= \frac{\emptyset M_n \text{ Lantai 4}}{\emptyset} \\
 &= \frac{1155}{0,65} \\
 &= 1776,923 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.2 Kekuatan lentur kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb}$

$$\begin{aligned}
 \text{Pengecekan SCWB} &= \Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb} \\
 &= (0+1776,923) \geq 1,2 \times (886,778 + 591,771) \\
 &= 1777 \geq 1774,26 \text{ (Terpenuhi)}
 \end{aligned}$$

3. Tulangan Transversal

Menurut tabel SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.4

$$\begin{aligned}
 b_c &= 700 - 2(40) \\
 &= 620 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{ch} &= b_c \times b_c \\
 &= 620 \times 620 \\
 &= 384400 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= bh \\
 &= 700 \times 700 \\
 &= 490000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_i &= \frac{700 - (2.40) - (2.13) - 25}{3} \\
 &= 189,667 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0,2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \end{array} \right.$$

$$a) 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,3 \left(\frac{490000}{384400} - 1 \right) \left(\frac{25}{420} \right) = 0,004906$$

$$b) 0,09 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,09 \left(\frac{25}{420} \right) = 0,006$$

K_f didapat 0,742, dipakai nilai 1

K_n didapat nilai 1,1

$$c) 0,2k_f k_n \left(\frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \right) = 0,2 \cdot 1 \cdot 1,1 \left(\frac{4671,57}{420 \cdot 384400} \right) = 0,00477$$

Dipakai nilai syarat a yaitu = 0,004906

Syarat Jarak Tulangan Transversal

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.3

$$a. \frac{1}{4} \times 700 \text{ mm} = 175 \text{ mm}$$

$$b. 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

c. Spasi antar tulangan

$$X_i = \frac{700 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 13) - 25}{3} = 189,667 \text{ mm}$$

$$S_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

$$= 100 + \left(\frac{350 - 189,667}{3} \right)$$

$$= 153,444 \text{ mm}$$

Ambil jarak maksimum tulangan transversal $S_0 = 100 \text{ mm}$.

$$\frac{A_{sh}}{s} = b_c \times 0,004906$$

$$= 620 \times 0,004906$$

$$= 3,0415 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = \frac{A_{sh}}{s} \times S_0$$

$$= 3,0415 \times 100$$

$$= 304,147 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Kaki Sengkang (n)} = \frac{A_{sh}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

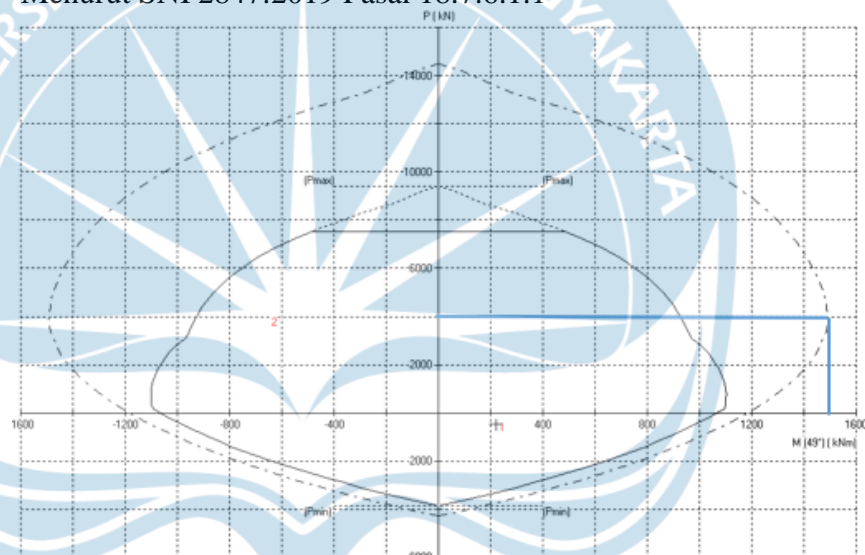
$$\begin{aligned}
 &= \frac{304,147}{\frac{1}{4}\pi 13^2} \\
 &= 2,2905 = 3 \text{ kaki}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= n \times \frac{1}{4}\pi d^2 \\
 &= 3 \times \frac{1}{4}\pi 13^2 \\
 &= 398,357 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Sengkang 3D13 ($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$)

4. Kekuatan Geser

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.7.6.1.1



Gambar 2.28 Diagram Interaksi Kekuatan Geser Lantai 5

Dari hasil Plot didapat:

$$M_{\text{prc atas}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{prc bawah}} = 1550 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 V_e &= \frac{M_{\text{prc atas}} + M_{\text{prc bawah}}}{l_u} \\
 &= \frac{1550 + 1550}{3,5} \\
 &= 885,714 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

V_e tidak boleh melebihi dari:

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{\frac{1}{2}(\sum M_{prb \text{ atas}} \times D_F \text{ atas}) + \frac{1}{2}(\sum M_{prb \text{ bawah}} \times D_F \text{ bawah})}{l_u} \\ &= \frac{\frac{1}{2}(1550 \cdot 1550) + \frac{1}{2}(1550 \times 1550)}{3,5} \\ &= 422,442 \text{ kN} \end{aligned}$$

V_e tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor :

$$V_e = 322,826 \text{ (Output ETABS)}$$

Diambil $V_e = 422,442 \text{ kN}$

Asumsikan Kuat Geser yang disumbang oleh beton, $V_c = 0$, maka:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{422,442}{0,75} \\ &= 563,257 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_{yt} \cdot d} \\ &= \frac{563,257}{420 \cdot 634,5} \\ &= 2,114 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2,114 \times 100 \text{ (untuk } s = 100 \text{ mm)} \\ &= 211,361 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sudah disediakan Sengkang tertutup dan ikat silang, 3D13 – 100
($A_s = 398,357 \text{ mm}^2$)

SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.5

Untuk daerah diluar 10, maka nilai V_c ditentukan berdasarkan pada persamaan:

Gaya aksial terkecil lantai 4

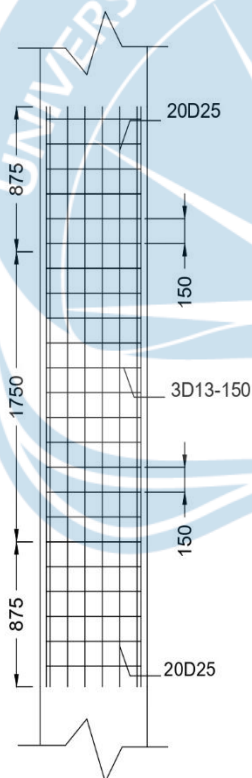
$$N_u = 54,093 \text{ kN}$$

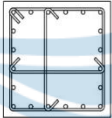
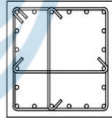
$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \right) b_w d \\
 &= 0,17 \left(1 + \left(\frac{54,093}{14.490000} \right) 1 \cdot \sqrt{25} \right) \cdot 700 \cdot 634,5 \\
 &= 374,506 \text{ kN} > V_u = 322,826 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Daerah luar l_0 dapat dipasang tulangan Senggang dengan jarak

$$\frac{d}{2} = \frac{634,5}{2} = 317,25 = 300 \text{ mm}$$

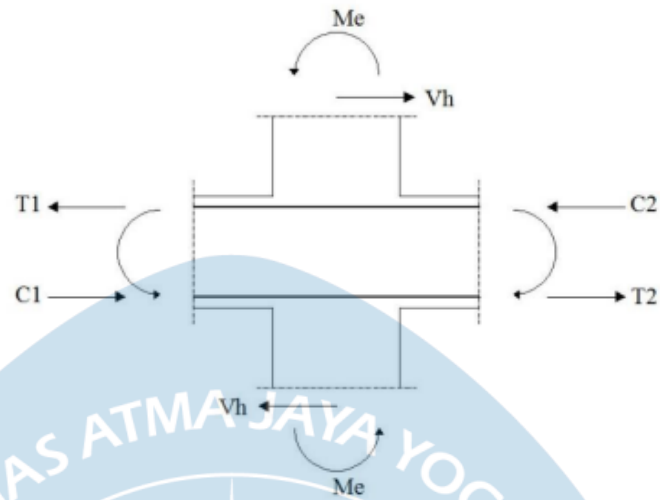
Namun, persyaratan jarak tulangan transversal diluar l_0 tidak boleh melebihi 150 mm atau $6d_b$ sehingga dapat dipasang tulangan dengan jarak maksimal 150 mm.



KOLOM		
TIPE	K1 70x70	
	Tumpuan	Lapangan
GAMBAR		
Tulangan Utama	20D25	20D25
Senggang	3D13-150	3D13-150

Gambar 2. 29 Gambar Penulangan Kolom K1

2.6.3 Hubungan Balok Kolom



Gambar 2.30 Gambar Interaksi Hubungan Balok Kolom

Nilai M_{pr} Balok

$$V_h = 508,169 \text{ kN}$$

Tumpuan Tarik (8D25 $A_s = 3928,57 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} T_1 &= 1,25 \times A_s \times f_y \\ &= 1,25 \times 3928,57 \times 420 \\ &= 2062,5 \text{ kN} = C_1 \end{aligned}$$

Tumpuan Tekan (5D25 $A_s = 2455,36 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} T_2 &= 1,25 \times A_s \times f_y \\ &= 1,25 \times 2455,36 \times 420 \\ &= 1289,06 \text{ kN} = C_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= V_h - T_1 - C_2 \\ &= 508,169 - 2062,5 - 1289,06 \\ &= (-) 2843,39 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847:2019 Pasal 18.8.4.1 Kuat geser pada joint untuk balok yang terkekang pada empat sisinya memiliki nilai $V_n = 1,7 \times (f'_c)^{0.5} \times A_j$

$$\begin{aligned} A_j &= b \times h \text{ (kolom)} \\ &= 700 \times 700 \\ &= 490000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 1,7 \times (f'_c)^{0.5} \times A_j \\ &= 1,7 \times (25)^{0.5} \times 490000 \\ &= 4407,82 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 4407,82 \\ &= 3305,87 > V_u (2843,39) \rightarrow \text{Kuat geser mencukupi} \end{aligned}$$

1. Penulangan geser di daerah HBK

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh}}{s} &= \frac{1}{2} \times 0,3 \times \frac{b_c f'_c}{f_y} \times \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \\ &= \frac{1}{2} \times 0,3 \times \frac{620.25}{420} \times \left[\left(\frac{490000}{384400} \right) - 1 \right] \\ &= 1,521 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh}}{s} &= \frac{1}{2} \times 0,09 \times \frac{b_c f'_c}{f_y} \\ &= \frac{1}{2} \times 0,09 \times \frac{620.25}{420} \\ &= 1,661 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diambil $1,661 \text{ mm}^2$

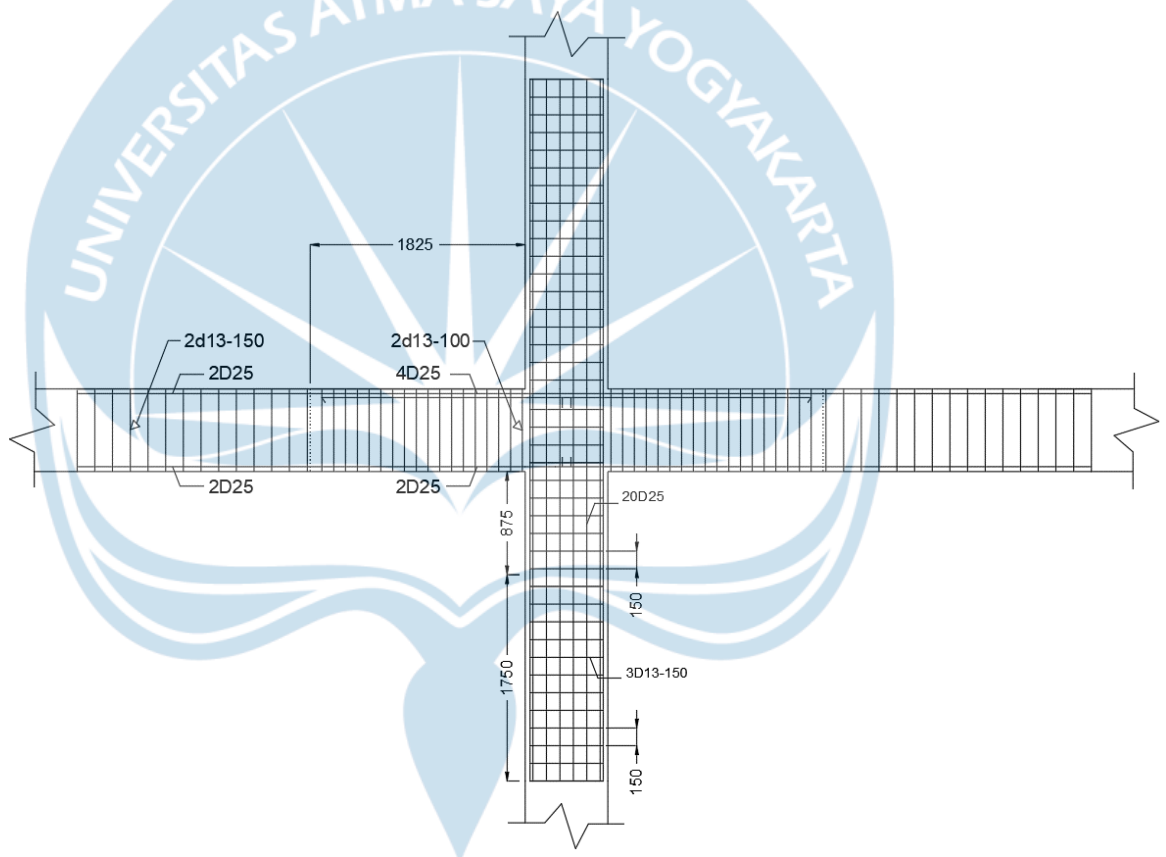
Pada daerah hubungan balok kolom diambil spasi sebesar 150 mm

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 1,661 \times 150 \\ &= 249,107 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Kaki Senggang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{sh}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\
 &= \frac{249,107}{\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2} \\
 &= 1,87601 = 2 \text{ kaki}
 \end{aligned}$$

Digunakan 2D13 – 150.



Gambar 2. 31 Gambar Hubungan Balok Kolom

2.7 Kesimpulan

Kesimpulan dari perancangan struktur atas adalah sebagai berikut:

Tabel 2.11 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah

Tulangan Lentur (Longitudinal)	
Tulangan Tumpuan	D13-250
Tulangan Lapangan	D13-250
Tulangan Susut (Transversal)	
Tulangan Tumpuan	D13-250
Tulangan Lapangan	D13-250

Tabel 2.12 Rekapitulasi Penulangan Balok

	Balok 40 x 70 cm	Balok 30 x 50 cm
Tulangan Lentur (Longitudinal)		
Tumpuan Atas	4D25	2D22
Tumpuan Bawah	2D25	2D22
Lapangan Atas	2D25	2D22
Lapangan Bawah	2D25	2D22
Tulangan Transversal/Senggang		
Tulangan Tumpuan	2D13-100	2D13-100
Tulangan Lapangan	2D13-150	2D13-100

Tabel 2.13 Rekapitulasi Penulangan Kolom

	K1 70 x 70 cm	K2 30 x 30 cm	K3 70 x 85 cm
Tulangan Utama			
Tumpuan	20D25	12D16	24D25
Lapangan	20D25	12D16	24D25
Tulangan Senggang			
Tumpuan	4D13-150	3D13-150	4D13-150
Lapangan	4D13-150	3D13-150	4D13-150

Tabel 2.14 Rekapitulasi Penulangan Tangga

Tulangan Lentur (Longitudinal)	
Tulangan Tumpuan	D16-100
Tulangan Lapangan	D16-200
Tulangan Susut (Transversal)	
Tulangan Tumpuan	P8-150
Tulangan Lapangan	P8-150