

BAB V

PERENCANAAN ELEMEN STRUKTUR

5.1 Mutu Bahan

Dalam perencanaan struktur pada Apartemen Solo Paragon digunakan mutu bahan sebagai berikut.

a. Beton bertulang biasa dengan mutu beton sebagai berikut.

Kolom dan dinding geser dengan mutu beton $f'c = 35$ MPa

Balok dan Pelat dengan mutu beton $f'c = 35$ MPa

b. Baja tulangan

$f_y = 240$ MPa (BJTP) untuk diameter < 12 mm

$f_y = 400$ MPa (BJTD) untuk diameter ≥ 12 mm

5.2 Analisa Gempa

5.2.1 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental

Waktu getar yang didapat melalui analisa ETABS harus diperiksa dengan menggunakan syarat pembatasan waktu getar yang terdapat dalam SK SNI 03-2847-2002 untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel.

Pemeriksaan waktu getar dilakukan dengan cara sebagai berikut.

Tinggi gedung $h_n = 81,8$ m

$T_1 = 4,007$ detik

Kontrol nilai T_1 terhadap pembatasan waktu getar alami fundamental struktur gedung berdasarkan SK SNI 03-1726-2002 pasal 5.6

$\zeta = 0,18$

Jumlah lantai (n) = 25

$n \cdot \zeta = 0,18 \times 25 = 4,5 \text{ detik} > T1 = 4,007 \text{ detik (OK)}$

5.2.2 Gaya Geser Nominal Akibat Ragam Pertama

Berdasarkan analisa tiga dimensi dengan menggunakan program ETABS dapat diperoleh berat struktur akibat beban hidup dan beban mati. Berat masing-masing lantai struktur dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Berat Struktur

Lantai ke	Massa Struktur (Ton)	Berat Struktur (KN)
24	1694.7614	16625.60933
23	2303.7609	22599.89443
22	2323.519	22793.72139
21	2347.953	23033.41893
20	2347.953	23033.41893
19	2373.1409	23280.51223
18	2403.0047	23573.47611
17	2403.0047	23573.47611
16	2433.6224	23873.83574
15	2468.9159	24220.06498
14	2504.9634	24573.69095
13	2545.6867	24973.18653
12	2587.164	25380.07884
11	2633.3171	25832.84075
10	2633.3171	25832.84075
9	2680.2241	26292.99842
8	2731.807	26799.02667
7	2731.807	26799.02667
6	2731.807	26799.02667
5	2784.1438	27312.45068
4	2841.1565	27871.74527
3	2841.1565	27871.74527
2	2841.1565	27871.74527
1	2898.9231	28438.43561
Dasar	3333.9843	32706.38598
Jumlah		631962.6525

Berdasarkan ketentuan SK SNI 03-1726-2002 gaya geser nominal struktur yang dipengaruhi oleh berat bangunan harus dibandingkan terhadap gaya geser dinamis hasil analisa ragam respon spektrum. Analisa gempa nominal dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$T_1 = 4,007 \text{ detik}$$

$$V_1 = C_1 \cdot I_e \cdot W_f / R = 0,08236 \times 1 \times 631962,6525 / 6.5 = 8007,0521 \text{ KN}$$

$$0,8 V_1 = 0,8 \times 8007,0521 = 6405,6417 \text{ KN}$$

Berdasarkan hasil analisa ragam, diperoleh gaya geser sebesar :

$$V_{dinamis X} = 59645.96 \text{ KN}$$

$$V_{dinamis Y} = 63053.58 \text{ KN}$$

Dengan demikian,

$$V_{dinamis X} \geq 0.8 V_1$$

$$59645,96 \text{ KN} > 6405,6417 \text{ KN (OK)}$$

Dengan demikian gaya geser akibat analisa respon ragam yang menentukan dalam perencanaan.

5.2.3 Kinerja Struktur Gedung

Kinerja struktur gedung dikelompokkan menjadi dua, yaitu kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit. Menurut SK SNI 03-2726-2002 pasal 8.1.2 untuk memenuhi syarat kinerja batas layan, maka simpangan antar tingkat tidak boleh lebih besar dari $\frac{0,03 \cdot h_i}{R}$ atau 30 mm. Untuk memenuhi syarat kinerja batas layan, simpangan struktur akibat pembebanan gempa nominal harus dikalikan dengan

faktor pengali $\xi = \frac{0,7}{\text{Faktor Pengali}}$. Karena $V > 0,8V_L$, maka digunakan *Faktor*

pengali = 1,0. Hasil analisis kinerja batas layan dan batas ultimit dapat dilihat pada tabel 5.2 dan 5.3.

Tabel 5.2 Analisa Δs Akibat Gempa Arah X

Lantai ke	h_y (m)	Δs (m)	drift Δs antar tingkat (mm)	syarat drift Δs (mm)	Keterangan
24	81.8	0.0963	2.7	14.769231	OK
23	78.6	0.0936	2.9	14.769231	OK
22	75.4	0.0907	2.9	14.769231	OK
21	72.2	0.0878	3.1	14.769231	OK
20	69	0.0847	3.3	14.769231	OK
19	65.8	0.0814	3.5	14.769231	OK
18	62.6	0.0779	3.7	14.769231	OK
17	59.4	0.0742	4	14.769231	OK
16	56.2	0.0702	4.1	14.769231	OK
15	53	0.0661	4.3	14.769231	OK
14	49.8	0.0618	4.4	14.769231	OK
13	46.6	0.0574	4.6	14.769231	OK
12	43.4	0.0528	4.7	14.769231	OK
11	40.2	0.0481	4.9	14.769231	OK
10	37	0.0432	4.8	14.769231	OK
9	33.8	0.0384	4.9	14.769231	OK
8	30.6	0.0335	4.9	14.769231	OK
7	27.4	0.0286	4.8	14.769231	OK
6	24.2	0.0238	4.7	14.769231	OK
5	21	0.0191	4.4	14.769231	OK
4	17.8	0.0147	4.1	14.769231	OK
3	14.6	0.0106	3.6	14.769231	OK
2	11.4	0.007	3.1	14.769231	OK
1	8.2	0.0039	2.3	14.769231	OK
Dasar	5	0.0016	1.6	23.076923	OK

Tabel 5.3 Analisa Δm Akibat Gempa Arah X

Lantai ke	h (m)	drift Δs antar tingkat (m)	drift Δm antar tingkat (mm)	syarat drift Δm (mm)	Keterangan
24	81.8	0.0963	12.285	64.000	OK
23	78.6	0.0936	13.195	64.000	OK
22	75.4	0.0907	13.195	64.000	OK
21	72.2	0.0878	14.105	64.000	OK
20	69	0.0847	15.015	64.000	OK
19	65.8	0.0814	15.925	64.000	OK
18	62.6	0.0779	16.835	64.000	OK
17	59.4	0.0742	18.2	64.000	OK
16	56.2	0.0702	18.655	64.000	OK
15	53	0.0661	19.565	64.000	OK
14	49.8	0.0618	20.02	64.000	OK
13	46.6	0.0574	20.93	64.000	OK
12	43.4	0.0528	21.385	64.000	OK
11	40.2	0.0481	22.295	64.000	OK
10	37	0.0432	21.84	64.000	OK
9	33.8	0.0384	22.295	64.000	OK
8	30.6	0.0335	22.295	64.000	OK
7	27.4	0.0286	21.84	64.000	OK
6	24.2	0.0238	21.385	64.000	OK
5	21	0.0191	20.02	64.000	OK
4	17.8	0.0147	18.655	64.000	OK
3	14.6	0.0106	16.38	64.000	OK
2	11.4	0.007	14.105	64.000	OK
1	8.2	0.0039	10.465	64.000	OK
Dasar	5	0.0016	7.28	100.000	OK

Berdasarkan SK SNI 03-2726-2002 pasal 8.2.2, untuk memenuhi kinerja batas ultimit tidak boleh melebihi $0,02 \cdot h_i$.

5.3 Pelat Lantai

Struktur gedung beton bertulang dengan sistem cetak di tempat terdiri dari pelat lantai menerus yang dicetak satu kesatuan dengan balok-balok penumpunya. Plat lantai merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua

arah ataupun satu arah. Plat lantai diberikan penulangan dua arah jika perbandingan sisi panjang (l_y) terhadap sisi pendek (l_x), tidak lebih besar dari 2,5. Sebagai contoh perhitungan digunakan plat dua arah dan plat atap satu arah pada lantai atap.

5.3.1 Penulangan Pelat Dua Arah

Analisa Beban :

1) Berat akibat beban mati (DL)

a) Plat beton bertulang	$= 0,15 \times 24$	$= 3,6 \text{ KN/m}^2$
b) Plafond	$= 0,18$	$= 0,18 \text{ KN/m}^2$
c) Spesi setebal 2 cm	$= 0,21 \times 2$	$= 0,42 \text{ KN/m}^2$
d) Aspal setebal 2 cm	$= 0,14 \times 2$	$= 0,28 \text{ KN/m}^2$
e) ME	$= 0,3$	$= 0,3 \text{ KN/m}^2$

Jumlah beban mati (DL)	$= 4,78 \text{ KN/m}^2$
------------------------	-------------------------

2) Berat akibat beban hidup	$= 1 \text{ KN/m}^2$
-----------------------------	----------------------

3) Berat akibat beban hujan	$= 0,5 \text{ KN/m}^2$
-----------------------------	------------------------

4) Berat ulyimit (W_u)	$= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 0,5 \text{ R}$
	$= 1,2 (4,78) + 1,6 (1) + 0,5 (0,5)$
	$= 7,586 \text{ KN/m}^2$

Menentukan momen lapangan dan momen tumpuan :

L_y	$= 8 \text{ m}$
-------	-----------------

L_x	$= 6,1 \text{ m}$
-------	-------------------

L_y/L_x	$= 1,3114 < 2,5 \text{ (Plat dua arah)}$
-----------	--

Berdasarkan tabel perencanaan plat pada PBI 71 diperoleh Koefisien pengali sebagai berikut :

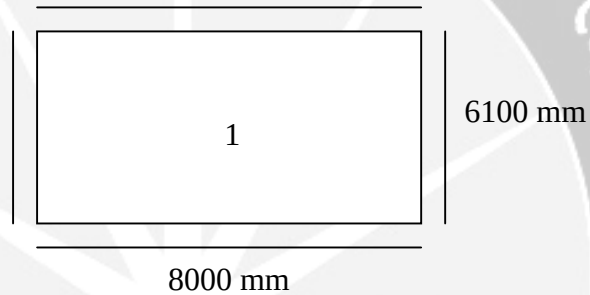
$$C_{Mlx} = C_{Mtx} = 50,33$$

$$C_{Mly} = C_{Mty} = 38$$

Dengan demikian,

$$M_{tx} = M_{ty} = 14,2069 \text{ KNm}$$

$$M_{ly} = M_{ly} = 10,7265 \text{ KNm}$$



Gambar 5.1 Plat Dua Arah

Penulangan Lapangan :

$$M_{nly} = 10,7265/0,8 = 13,4081 \text{ KNm}$$

Digunakan Tulangan dengan diameter 10 mm

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$d = 150 - 20 - 10 - 5 = 115 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 0,8$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - (0.007 \cdot (35 - 30)) = 0,815$$

$$R_n = 1,0138 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 0,0025 \text{ untuk } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0.0043$$

$$\rho_{maks} = 0,0541$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot h = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 150 = 375 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0048 \cdot 1000 \cdot 115 = 494,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{maks}} = \rho_{maks} \cdot b \cdot h = 0,0541 \cdot 1000 \cdot 115 = 6221,6 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{s_{min}} < A_s < A_{s_{maks}}$ maka $A_s = 494,5 \text{ mm}^2$ memenuhi syarat Perencanaan.

$$s = 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 494,5 = 158,8267 \text{ mm}$$

$$s_{maks} = 3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm}$$

gunakan tulangan $\Phi 10 - 110 \text{ mm}$

$$M_{nlx} = 14,2069 / 0,8 = 17,7586 \text{ KNm}$$

Digunakan Tulangan dengan diameter 10 mm

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$d = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 0,8$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - (0.007 \cdot (35 - 30)) = 0,815$$

$$R_n = 1,1366 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 0,0025 \text{ untuk } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0.0048$$

$$\rho_{maks} = 0,0541$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot h = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 150 = 375 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0048 \cdot 1000 \cdot 125 = 600 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = \rho_{maks} \cdot b \cdot h = 0,0541 \cdot 1000 \cdot 125 = 6762,5 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{smin} < A_s < A_{smaks}$ maka $A_s = 600 \text{ mm}^2$ memenuhi syarat Perencanaan.

$$s = 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 600 = 130,8997 \text{ mm}$$

$$s_{maks} = 3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm}$$

gunakan tulangan $\Phi 10 - 110 \text{ mm}$

Penulangan Tumpuan :

$$M_{nty} = 10,7256 / 0,8 = 13,4081$$

Digunakan Tulangan dengan diameter 10 mm

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$d = 150 - 20 - 10 - 5 = 115 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 0,8$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - (0.007 \cdot (35 - 30)) = 0,815$$

$$R_n = 1,0138 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 0,0025 \text{ untuk } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0.0043$$

$$\rho_{maks} = 0,0541$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot h = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 150 = 375 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0043 \cdot 1000 \cdot 115 = 494,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{maks}} = \rho_{maks} \cdot b \cdot h = 0,0541 \cdot 1000 \cdot 115 = 6221,5 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{s_{min}} < A_s < A_{s_{maks}}$ maka $A_s = 494,5 \text{ mm}^2$ memenuhi syarat Perencanaan.

$$s = 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 494,5 = 158,8267 \text{ mm}$$

gunakan $s = 150 \text{ mm}$

$$s_{maks} = 3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm}$$

gunakan tulangan $\emptyset 10 - 110 \text{ mm}$

$$M_{ntx} = 14,2069 / 0,8 = 17,7586$$

Digunakan Tulangan dengan diameter 10 mm

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$d = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 0,8$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - (0.007 \times (35 - 30)) = 0,815$$

$$R_n = 1,1366 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 0,0025 \text{ untuk } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0.0048$$

$$\rho_{maks} = 0,0541$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot h = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 150 = 375 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0048 \cdot 1000 \cdot 125 = 600 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{maks}} = \rho_{maks} \cdot b \cdot h = 0,0541 \cdot 1000 \cdot 125 = 6762,5 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{s_{min}} < A_s < A_{s_{maks}}$ maka $A_s = 600 \text{ mm}^2$ memenuhi syarat Perencanaan.

$$s = 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 600 = 130,8997 \text{ mm}$$

$$s_{maks} = 3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm}$$

gunakan tulangan $\emptyset 10 - 110 \text{ mm}$

Tulangan Susut :

$$D_{tulangan} = 8 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = 0,0025$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{min} \cdot b \cdot h \\ &= 0,0025 \cdot (1000) \cdot (150) \\ &= 375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 / 375 \\ &= 134,0413 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gunakan tulangan P8-120 mm

5.3.2 Penulangan Plat Satu Arah

Analisa Beban :

1) Berat akibat beban mati (DL)

a) Plat beton bertulang	= 0,15 x 24	= 3,6	KN/m ²
b) Plafond	= 0,18	= 0,18	KN/m ²
c) Spesi setebal 2 cm	= 0,21 x 2	= 0,42	KN/m ²
d) Aspal setebal 2 cm	= 0,14 x 2	= 0,28	KN/m ²
e) ME	= 0,3	= 0,3	KN/m ²
Jumlah beban mati (DL)		= 4,78	KN/m ²
2) Berat akibat beban hidup		= 1	KN/m ²
3) Berat akibat beban hujan		= 0,5	KN/m ²
4) Berat ulyimit (W _u)		= 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 R	
		= 1,2 (4,78) + 1,6 (1) + 0,5 (0,5)	
		= 7,586	KN/m ²

Penulangan Lapangan :

$$Mu^+ = 1/8 \cdot (7,586) \cdot (1,6^2) = 2,4275 \text{ KNm}$$

$$Mn^+ = 2,4275 / 0,8 = 3,0344 \text{ KNm}$$

Digunakan Tulangan dengan diameter 10 mm

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$d = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$fy = 240 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 0,8$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - (0,007 \cdot (35 - 30)) = 0,815$$

$$R_n = 0,1942 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 0,0025 \text{ untuk } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0,00081$$

$$\rho_{maks} = 0,0541$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot h = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 150 = 375 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00081 \cdot 1000 \cdot 125 = 101,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{maks}} = \rho_{maks} \cdot b \cdot h = 0,0541 \cdot 1000 \cdot 115 = 6221,6 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s < A_{s_{min}}$ maka digunakan $A_{s_{min}} = 375 \text{ mm}^2$ dalam Perencanaan.

$$s = 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 375 = 209,4395 \text{ mm}$$

$$s_{maks} = 3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm}$$

gunakan tulangan $\Phi 10 - 200 \text{ mm}$

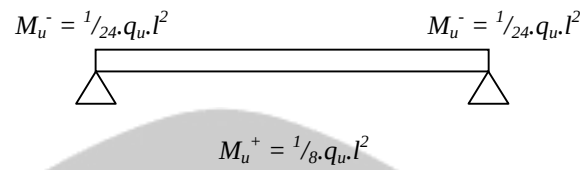
Penulangan Tumpuan :

$$M_n^- = 1/24 \cdot (7,586) \cdot (1,6^2) = 0,8917 \text{ KNm}$$

$$M_n^- = 0,8917 / 0,8 = 1,0115 \text{ KNm}$$

Digunakan Tulangan dengan diameter 10 mm

Selimut beton = 20 mm



Gambar 5.2 Koefisien dikalikan dengan $q_u \cdot l^2$

$$d = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 0,8$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - (0,007 \cdot (35 - 30)) = 0,815$$

$$R_n = 0,0647 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 0,0025 \text{ untuk } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\rho = 0,0003$$

$$\rho_{maks} = 0,0541$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot h = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 150 = 375 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0003 \cdot 1000 \cdot 125 = 37,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{maks}} = \rho_{maks} \cdot b \cdot h = 0,0541 \cdot 1000 \cdot 115 = 6221,6 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s < A_{s_{min}}$ maka digunakan $A_{s_{min}} = 375 \text{ mm}^2$ dalam Perencanaan.

$$s = 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 375 = 209,4395 \text{ mm}$$

$$s_{maks} = 3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm}$$

gunakan tulangan $\Phi 10 - 200 \text{ mm}$

Tulangan Susut :

$$\begin{aligned}
 D_{\text{tulangan}} &= 8 \text{ mm} \\
 \rho_{\text{min}} &= 0,0025 \\
 f_y &= 240 \text{ Mpa} \\
 f'_c &= 35 \text{ Mpa} \\
 A_s &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot h \\
 &= 0,0025 \cdot (1000) \cdot (150) \\
 &= 375 \text{ mm}^2 \\
 s &= 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 / 375 \\
 &= 134,0413 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gunakan tulangan P8-120 mm

5.4 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan alat transportasi vertikal untuk membantu mobilitas barang ataupun orang dari lantai satu ke lantai lainnya dalam suatu gedung. Agar dapat memenuhi persyaratan kenyamanan dalam pemakaiannya tangga harus direncanakan dengan ketentuan sebagai berikut.

- 1) Selisih Tinggi lantai = 160 mm
- 2) Optrede (t) = 16 mm
- 3) Antrede (l) = 30 mm

Rencana anak tangga harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

$$60 < 2t + l < 65$$

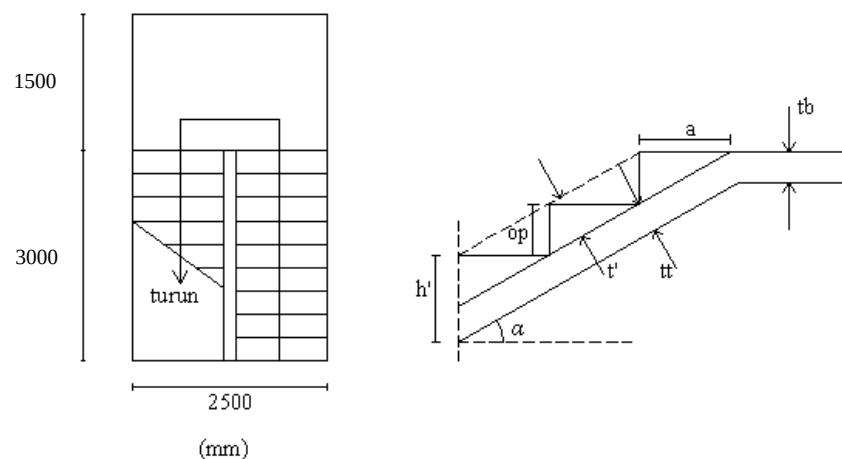
$$60 < 2 \cdot 16 + 30 < 65$$

$$60 < 62 < 65 \quad \text{OK}$$

Pembebanan rencana pada tangga dapat dilihat pada tabel 5.2 dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 5.4 Beban Material Tiap m²

DL		
Berat Sendiri Pelat =	3.6	KN/m ²
SD		
Spesi setebal 2 cm =	0.32	KN/m ²
Tegel =	0.24	KN/m ²
Railing Tangga =	0.1	KN/m ²
LL		
Beban hidup =	3	KN/m ²



Gambar 5.3 Gambar Rencana Tangga

4) Kemiringan tangga = α

$$= \arctan \alpha$$

$$= \arctan (\text{Optrade}/\text{Antride})$$

$$= \arctan (16/30)$$

$$= 28,07^\circ$$

5) t' = $0.5 \cdot \text{Op} \cdot \text{An} / (\text{Op}^2 + \text{An}^2)^{1/2}$

$$= 0.5 \cdot 16 \cdot 30 / (16^2 + 30^2)$$

$$= 7,05882 \text{ cm} = 70,5882 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 6) h' &= (h + t')/\cos \alpha \\
 &= (150 + 70,588)/\cos 28,07^\circ \\
 &= 249,9939 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil analisa struktur yang digunakan dalam perencanaan didapat dengan menggunakan analisa secara manual. Beban-beban yang digunakan dalam analisa struktur dianalisa dengan cara sebagai berikut.

A. Analisa beban pada anak tangga

1) Berat akibat beban mati (DL)

a) Plat beton bertulang	$= 0,2499 \times 24$	$= 5,9976 \text{ KN/m}^2$
b) Tegel	$= 0,24$	$= 0,24 \text{ KN/m}^2$
c) Spesi setebal 2 cm	$= 0,21 \times 2$	$= 0,42 \text{ KN/m}^2$
d) Railling Tangga	$= 0,1$	$= 0,1 \text{ KN/m}^2$
		+
Jumlah beban mati (DL)		$= 6,7576 \text{ KN/m}^2$
2) Berat akibat beban hidup		$= 3 \text{ KN/m}^2$
3) Berat ultimit = Wu		$= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
		$= 1,2 (6,7576) + 1,6 (3)$
		$= 12,9091 \text{ KN/m}^2$

B) Analisa beban pada bordes

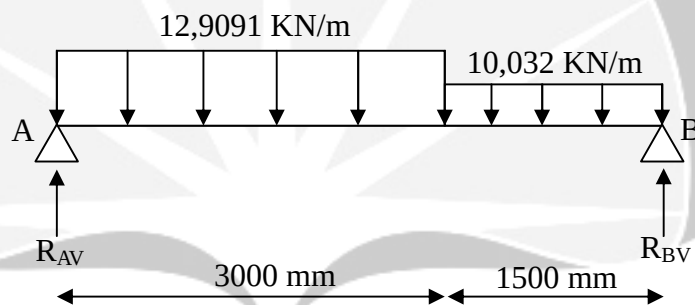
1) Berat akibat beban mati (DL)

a) Plat beton bertulang	$= 0,15 \times 24$	$= 3,6 \text{ KN/m}^2$
b) Tegel	$= 0,24$	$= 0,24 \text{ KN/m}^2$
c) Spesi setebal 2 cm	$= 0,21 \times 2$	$= 0,42 \text{ KN/m}^2$
d) Railling Tangga	$= 0,1$	$= 0,1 \text{ KN/m}^2$
		+

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah beban mati (DL)} &= 4,36 \text{ KN/m}^2 \\
 2) \text{ Berat akibat beban hidup} &= 3 \text{ KN/m}^2 \\
 3) \text{ Berat ultimit} = W_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (4,36) + 1,6 (3) \\
 &= 10,032 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

C) Rencana Penulangan Tangga

Analisa struktur tangga :



Gambar 5.4 Pola Pembebanan Tangga

Reaksi Tumpuan :

$$\sum M_A = 0$$

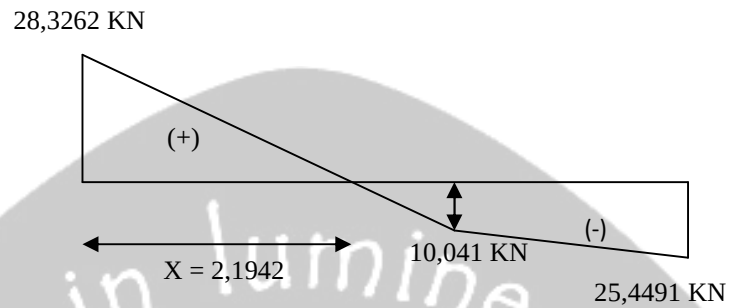
$$12,9091.(3^2).(0,5) + 10,032.(1,5).(0,75+3) - R_{BV}.(4,5) = 0$$

$$R_{BV} = 25,4491 \text{ KN } (\uparrow)$$

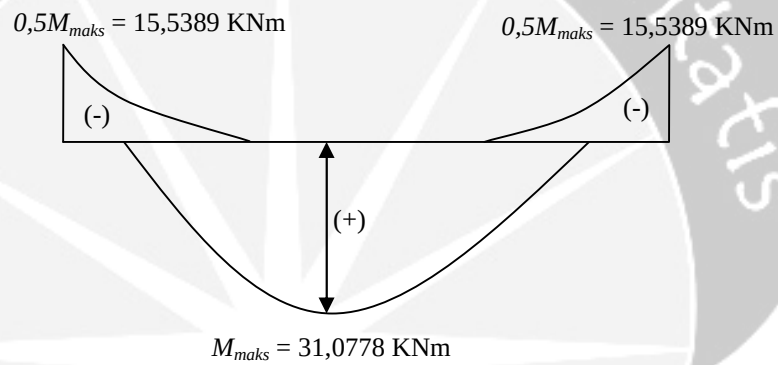
$$\sum M_B = 0$$

$$-12,9091.(3).(3) - 10,032.(1,5^2).(0,5) - R_{AV}.(4,5) = 0$$

$$R_{AV} = 28,3262 \text{ KN } (\uparrow)$$



Gambar 5.5 Diagram Gaya Lintang



Gambar 5.6 Diagram Momen

1) Penulangan lapangan

$$Mu^+ = 31,0778 \text{ KNm}$$

$$Mn^+ = 38,8473 \text{ KNm}$$

$$Rn = 2,547 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$fy = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{selimut} = 20 \text{ mm}$$

$$\emptyset_{tulangan} = 13 \text{ mm}$$

$$d = 150 - 20 - 6,5 = 123,5 \text{ mm}$$

$$\rho = 0,00563$$

$$\rho_{min} = 0,0018$$

$$\rho_{maks} = 0.0273$$

karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka gunakan nilai $\rho = 0,00563$ untuk desain tulangan.

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00563 \cdot 1000 \cdot 123,5 \\ &= 695,305 \text{ mm}^2 \\ s &= 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 / 695,305 \\ &= 190,8979 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gunakan tulangan P13-150 mm

2) Penulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} Mu^- &= 0,5 Mu_{maks} \\ &= 0,5 \cdot (31,0778) \\ &= 15,5389 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$Mn^- = 19,4236 \text{ KNm}$$

$$Rn = 1,2735 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{selimut} = 20 \text{ mm}$$

$$\emptyset_{tulangan} = 13 \text{ mm}$$

$$d = 150 - 20 - 6,5 = 123,5 \text{ mm}$$

$$\rho = 0,00276$$

$$\rho_{min} = 0,0018$$

$$\rho_{maks} = 0.0273$$

karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka digunakan $\rho = 0,00276$ untuk desain tulangan.

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00276 \cdot 1000 \cdot 123,5 \\ &= 340,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 / 340,86 \\ &= 389,4041 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gunakan tulangan P13-300 mm

3) Tulangan pembagi

$$D_{tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = 0,0025$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{min} \cdot b \cdot h \\ &= 0,0025 \cdot (1000) \cdot (150) \\ &= 375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 375 \\ &= 209,4395 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gunakan tulangan P10-200 mm

4) Cek Geser

$$R_d = 28,3262 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35} \cdot (1000) \cdot (123,5) \cdot (10^{-3})$$

$$= 121,7726 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot (121,7726)$$

$$= 91,3295 \text{ KN} > 28,3262 \text{ KN (OK)}$$

5.5 Perencanaan Balok

Balok adalah elemen struktur yang menanggung beban gravitasi. Perencanaan balok meliputi perencanaan lentur dan perencanaan geser. Perencanaan balok dilakukan dengan cara sebagai berikut.

Tabel 5.5 Momen Envelop

Lantai ke	Kode	Lokasi	Combo	
			Mu ⁺ (KNm)	Mu ⁻ (KNm)
7	B187	Lapangan	89,924	
		Tump Interior	172,689	-230,117
		Tump Eksterior	165,726	-305,761

Data penampang dan material :

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\beta_1 = 0,815$$

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

$$h = 600 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang dengan diameter = 10 mm

Digunakan selimut beton = 40 mm

d' = selimut beton + diameter sengkang + $\frac{1}{2}$ diameter tulangan lentur

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22$$

$$= 61 \text{ mm}$$

d = $h - d'$

$$= 600 - 61$$

$$= 539 \text{ mm}$$

5.5.1 Perencanaan Tulangan Lentur

1. Perencanaan tulangan negatif tumpuan

$$Mu^- = 305,761 \text{ KNm}$$

$$Mn^- = 305,761 / 0,8$$

$$= 382,2012 \text{ KNm}$$

$$f'c = 35 \text{ Mpa}$$

$$fy = 400 \text{ Mpa}$$

$$\phi_{tul} = 22 \text{ mm}$$

$$Rn = Mn / bd^2$$

$$= 382,2012 \cdot 10^6 / (300 \cdot 539^2)$$

$$= 4,3852 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 1,4 / fy$$

$$= 1,4 / 400$$

$$= 0,0035$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot Rn / 0,85 \cdot f'c} \right)$$

$$= \frac{0,85.(35)}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.(4,3852)}{0,85.(35)}} \right)$$

$$= 0,01192$$

$$\rho_{maks} = 0,025$$

karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka digunakan nilai ρ untuk menentukan kebutuhan tulangan (A_s).

$$A_s = \rho . b . d$$

$$= 0,01192 . 300 . 539$$

$$= 1927,464 \text{ mm}^2$$

$$n = \text{jumlah tulangan}$$

$$= A_s / (1/4 . \pi . D^2)$$

$$= 0,01192 / (1/4 . \pi . 22^2)$$

$$= 5,0705 \text{ tulangan}$$

Gunakan tulangan 6D22 mm

2. Perencanaan tulangan positif lapangan

$$Mu^+ = 89,924 \text{ KNm}$$

$$Mn^+ = 89,924 / 0,8$$

$$= 112,405 \text{ KNm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\phi_{tul} = 22 \text{ mm}$$

$$Rn = Mn / b d^2$$

$$= 112,405 . 10^6 / (300 . 539^2)$$

$$= 1,2897 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y$$

$$= 1,4/400$$

$$= 0,0035$$

$$\rho = \frac{0,85.f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2.Rn/0,85.f'_c} \right)$$

$$= \frac{0,85.(35)}{400} \left(1 - \sqrt{1 - 2.(1,2897)/0,85.(35)} \right)$$

$$= 0,0033$$

$$\rho_{maks} = 0,025$$

karena nilai $\rho_{min} > \rho$, maka digunakan nilai ρ_{min} untuk menentukan kebutuhan tulangan (A_s).

$$A_s = \rho.b.d$$

$$= 0,0035.300.539$$

$$= 565,95 \text{ mm}^2$$

$$n = \text{jumlah tulangan}$$

$$= A_s/(1/4.\pi.D^2)$$

$$= 565,95/(1/4.\pi.22^2)$$

$$= 1,4888 \text{ tulangan}$$

Gunakan tulangan 2D22 mm

3. Perencanaan tulangan positif tumpuan

$$1/3 Mu_{Tumpuan} = 1/3.(305,761)$$

$$= 101,9203 \text{ KNm}$$

$$Mu^+_{ETABS} = 172,689 \text{ KNm}$$

Karena nilai $Mu^+ \geq 1/3 Mu^-_{Tumpuan}$, maka digunakan $Mu^+ = 172,689 \text{ KNm}$ untuk perencanaan tulangan positif tumpuan.

$$Mn^+ = 172,689/0,8$$

$$= 215,8613 \text{ KNm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\phi_{tul} = 22 \text{ mm}$$

$$Rn = Mn/bd^2$$

$$= 215,8613 \cdot 10^6 / (300 \cdot 539^2)$$

$$= 2,4767 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y$$

$$= 1,4/400$$

$$= 0,0035$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot Rn / 0,85 \cdot f'_c} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot (35)}{400} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot (2,4767) / 0,85 \cdot (35)} \right)$$

$$= 0,00647$$

$$\rho_{maks} = 0,025$$

karena nilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka digunakan nilai ρ untuk menentukan kebutuhan tulangan (A_s).

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00647.300.539$$

$$= 1046,76 \text{ mm}^2$$

n = jumlah tulangan

$$= A_s / (1/4 \cdot \pi \cdot D^2)$$

$$= 1046,76 / (1/4 \cdot \pi \cdot 22^2)$$

$$= 2,754 \text{ tulangan}$$

Gunakan tulangan 3D22 mm

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10 (4(1)), kuat momen positif maupun negatif di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/5 Momen maksimum di kedua muka kolom.

$$1/5 M_{u \text{ maks pada kedua muka kolom}} = 1/5.305,761$$

$$= 61,1522 \text{ KNm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\phi_{\text{tul}} = 22 \text{ mm}$$

$$Rn = 61,1522.10^6 / (0,8.300.539^2)$$

$$= 0,877$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot Rn / 0,85 \cdot f'_c} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot (35)}{400} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot (0,877) / 0,85 \cdot (35)} \right)$$

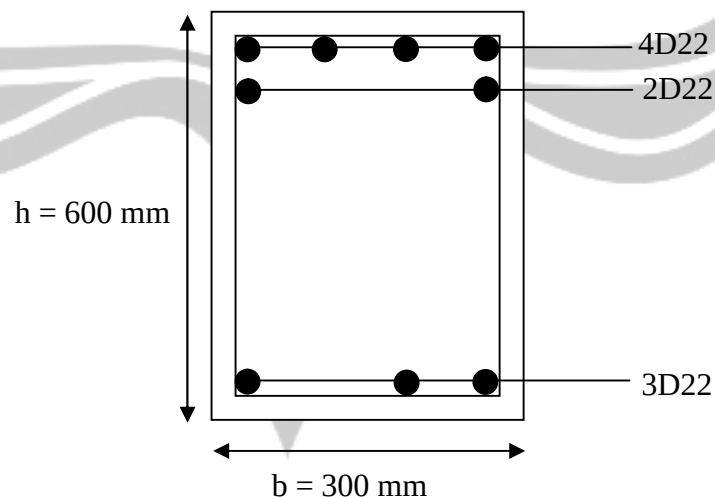
$$= 0,0022$$

$$\rho_{maks} = 0,025$$

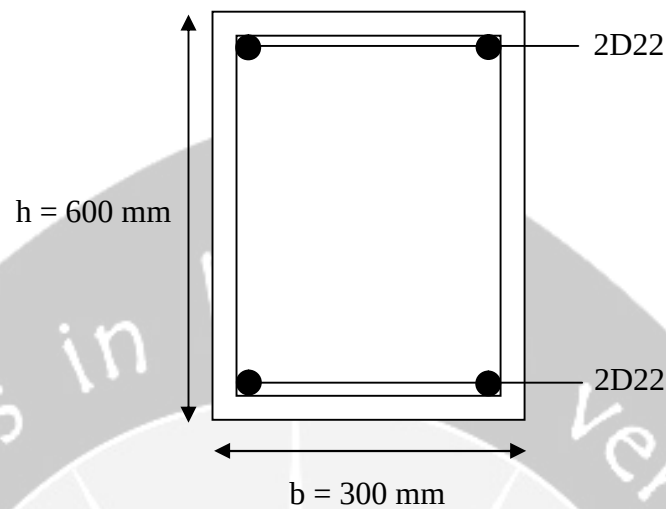
Karena Nilai $\rho < \rho_{min}$ dan $\rho < \rho_{maks}$, maka digunakan nilai ρ_{min} untuk menentukan kebutuhan tulangan di sepanjang elemen lentur.

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 300 \cdot 539 \\ &= 565,95 \text{ mm}^2 \\ n &= \text{jumlah tulangan} \\ &= A_s / (1/4 \cdot \pi \cdot D^2) \\ &= 565,95 / (1/4 \cdot \pi \cdot 22^2) \\ &= 1,4888 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka di sepanjang bentang harus dipasang tulangan minimal 2D22 mm.



Gambar 5.7 Detail Penulangan Lentur Pada Daerah Tumpuan



Gambar 5.8 Detail Penulangan Lentur Pada Daerah Lapangan

4. Cek momen nominal pada balok T pada daerah tumpuan

Hal pertama yang harus dilakukan dalam analisa balok T adalah memperkirakan lebar efektif sayap. Perkiraan lebar efektif sayap dapat dilakukan berdasarkan syarat SK SNI 03 – 2847 – 2002 yang diatur sebagai berikut.

$$be \leq bw + 6, h_f \dots \dots \dots (5.1)$$

$$be \leq bw + \frac{1}{2} L_n \dots \dots \dots (5.2)$$

$$be \leq bw + \frac{1}{12} L_B \dots \dots \dots (5.3)$$

Lebar sayap (b_e) pada balok T tidak boleh lebih besar dari :

$$be \leq \frac{1}{4} L_b \dots \dots \dots (5.4)$$

Dengan demikian nilai b_e adalah :

$$1. be = 300 + \frac{1}{12} \cdot 6100 \cdot 2 = 1316,6667 \text{ mm}$$

$$2. be = 300 + 6 \cdot 150 = 1200 \text{ mm}$$

$$3. be = 300 + \frac{1}{2} \cdot 8000 + \frac{1}{2} \cdot 8000 = 8300 \text{ mm}$$

Cek :

Nilai $be \leq \frac{1}{4} \cdot L_b$, maka $be_{maks} = \frac{1}{4} \cdot 6100 = 1525 \text{ mm}$.

Gunakan $be = 1200 \text{ mm}$

a. Momen nominal negatif tumpuan

$$\begin{aligned} As1 &= 8.0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \\ &= 904,7787 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As2 &= 4.0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 \\ &= 1520,5308 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As3 &= 2.0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 \\ &= 760,2654 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As4 &= 8.0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \\ &= 904,7787 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d1 &= 20 + \frac{1}{2} \cdot 12 \\ &= 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d3 &= 61 + 25 + 22 \\ &= 108 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d4 &= 150 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 12 \\ &= 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

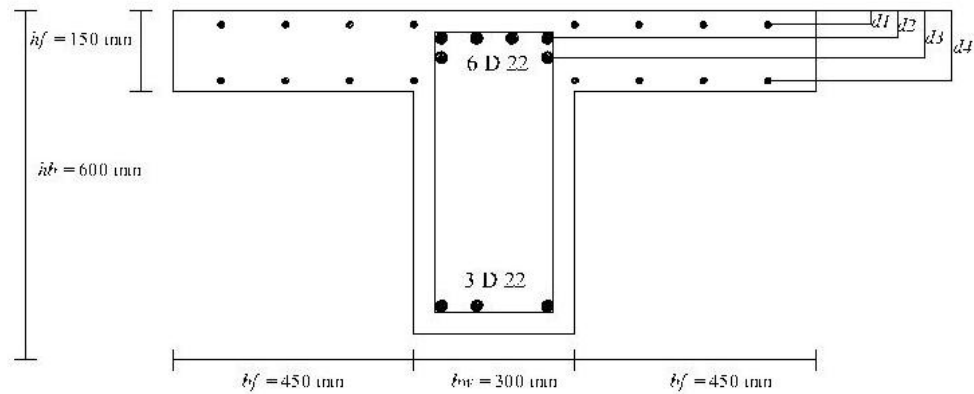
$$ds_{aktual} = 75,9293 \text{ mm}$$

$$d'_{aktual} = 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

$$d_{aktual} = h - ds_{aktual}$$

$$= 600 - 75,9293 = 524,0707 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A's &= 3.0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 \\ &= 1140,3981 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 5.9 Penampang Penulangan Balok T

Tentukan nilai a dengan mengasumsikan tulangan desak sudah luluh.

Dengan demikian nilai $f's = f_y$, dengan demikian :

$$\begin{aligned} Cc &= T - Cs \\ 0 &= -A_s \cdot f_y + A's \cdot f's + Cc \\ &= 4090,3536 \cdot 400 - 1140,3981 \cdot (c - 61) \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - \\ &\quad c^2 \cdot 0,815 \cdot 300 \cdot 0,85 \cdot 35 \end{aligned}$$

Maka :

$$c = 166,6487 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= c \cdot \beta_1 \\ &= 166,6487 \cdot 0,815 \\ &= 135,8187 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f's &= ((c - d')/c) \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s \\ &= ((166,6487 - 61)/166,6487) \cdot 0,003 \cdot 200000 \end{aligned}$$

$$= 380,3763 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} Mn^- &= a.b.0,85.f'c.(d - (a/2)) + As.f's.(d - d') \\ &= 135,8187.300.0,85.35.(524,0707 - 1358187/2) + \\ &\quad 1140,3981.324,78.(524,0707 - 61) \\ &= 753,8204.10^6 \text{ Nmm} > Mn^-_{\text{tumpuan}} = 382,2012.10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

b. Momem nominal positif tumpuan

$$\begin{aligned} A's1 &= 8.0,25.\pi.12^2 \\ &= 904,7787 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A's2 &= 4.0,25.\pi.22^2 \\ &= 1520,5308 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A's3 &= 2.0,25.\pi.22^2 \\ &= 760,2654 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A's4 &= 8.0,25.\pi.12^2 \\ &= 904,7787 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d1 &= 20 + \frac{1}{2}.12 \\ &= 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= 40 + 10 + \frac{1}{2}.22 \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d3 &= 61 + 25 + 22 \\ &= 108 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d4 &= 150 - 20 - \frac{1}{2}.12 \\ &= 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d'_{\text{aktual}} = 75,9293 \text{ mm}$$

$$d_{s_{aktual}} = 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22$$

$$= 61 \text{ mm}$$

$$d_{aktual} = h - d_{s_{aktual}}$$

$$= 600 - 61$$

$$= 539 \text{ mm}$$

$$A_s = 3,0,25 \cdot \pi \cdot 22^2$$

$$= 1140,3981 \text{ mm}^2$$

Sebelum dilakukan perhitungan, terlebih dahulu harus dilakukan pengecekan, apakah balok dianalisis sebagai balok persegi atau balok T.

Agar dapat dilakukan analisis tampang persegi, maka :

$$T_s \leq C_c + C_s$$

Diasumsikan $a = h_f$ dan $f'_s = f_y$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= 1140,3981 \cdot 400$$

$$= 456159,2533 \text{ N}$$

$$f'_s = ((c - d')/c) \cdot \epsilon_{cu} \cdot E_s$$

$$= ((184,0491 - 75,9293)/184,0491) \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5$$

$$= 352,4705 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$C_c + C_s = a \cdot b \cdot 0,85 \cdot f'_c + A_s \cdot f'_s$$

$$= 150 \cdot 1200 \cdot 0,85 \cdot 35 + (4090,3536) \cdot (352,4705)$$

$$= 6796728,979 \text{ N} > T_s$$

Karena nilai $T_s < C_c + C_s$, maka balok dianalisis sebagai balok tampang persegi dengan $b_e = 1200 \text{ mm}$ dan $a < 150 \text{ mm}$.

Menentukan letak garis netral.

$$A_s \cdot f_y = c \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot b \cdot e \cdot f'_c + A'_s \cdot ((c - d')/c) \cdot \epsilon_{cu} \cdot E_s$$

$$0 = c^2 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot b \cdot e \cdot f'_c + A'_s \cdot c \cdot \epsilon_{cu} \cdot E_s + (A'_s \cdot (-d')) \cdot \epsilon_{cu} \cdot E_s - A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$0 = c^2 \cdot 0,815 \cdot 0,85 \cdot 1200 \cdot 35 + 4090,3536 \cdot c \cdot 600 + (4090,3536 \cdot (-75,9293)) \cdot 600 - 1140,3981 \cdot 400 \cdot c$$

$$0 = 29095,5 c^2 + 2454212,16 c - 181785182,6 - 608212,32 c$$

$$0 = 29095,5 c^2 + 1998052,92 c - 186802938,2$$

Maka :

$$c = 52,8379 \text{ mm}$$

$$a = c \cdot \beta_1$$

$$= 52,8379 \cdot 0,815$$

$$= 43,0629 \text{ mm}$$

$$f'_s = ((c - d')/c) \cdot \epsilon_{cu} \cdot E_s$$

$$= ((52,8379 - 75,9293)/52,8379) \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5$$

$$= -262,2153 \text{ MPa}$$

Tentukan nilai Mn :

$$M_n = a \cdot b \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a) + A'_s \cdot f'_s \cdot (d - d')$$

$$= 43,0629 \cdot 1200 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot (539 - \frac{1}{2} \cdot 43,0629) + 4090,3536 \cdot (-262,2153) \cdot (539 - 75,9293)$$

$$= 1292,1953 \cdot 10^6 \text{ Nmm} > M_n^+ \text{ tumpuan} = 215,8613 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

5.5.2 Perencanaan Tulangan Geser

Balok structural harus dirancang mampu menahan gaya geser yang diakibatkan oleh gaya gempa dan gaya gravitasi. Berdasarkan hasil analisa struktur yang dilakukan dengan menggunakan program ETABS, maka didapat gaya-gaya geser seperti pada tabel 5.4.

Data-data material :

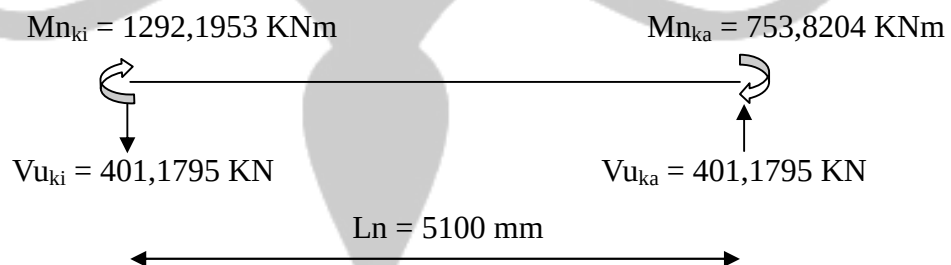
$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

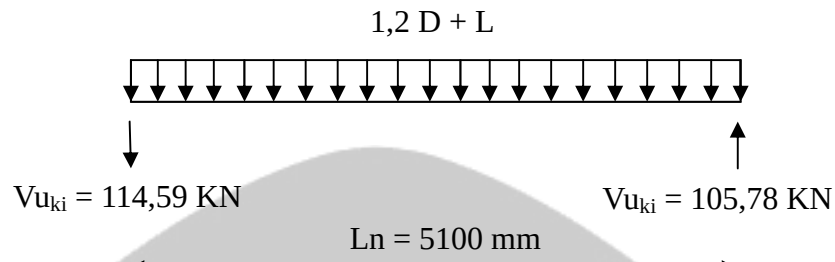
$$\phi_{tul} = 10 \text{ mm}$$

Tabel 5.63 Gaya - Gaya Geser Pada Balok B187

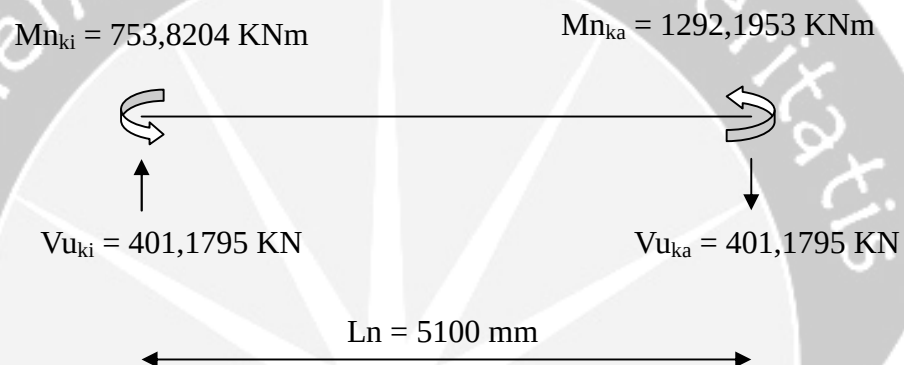
1,2DL+1,2SD+L+2Ey	
$V_{u_{ki}}$ (KN)	$V_{u_{ka}}$ (KN)
-18.8	201.57
1,2DL+1,2SD+L-2Ey	
-210.38	9.99
Gempa Kiri	
401,1795	-401,1795
Gempa Kanan	
-401,1795	401,1795
1.2 DL +1.2 SD + L	
-114.59	105.78



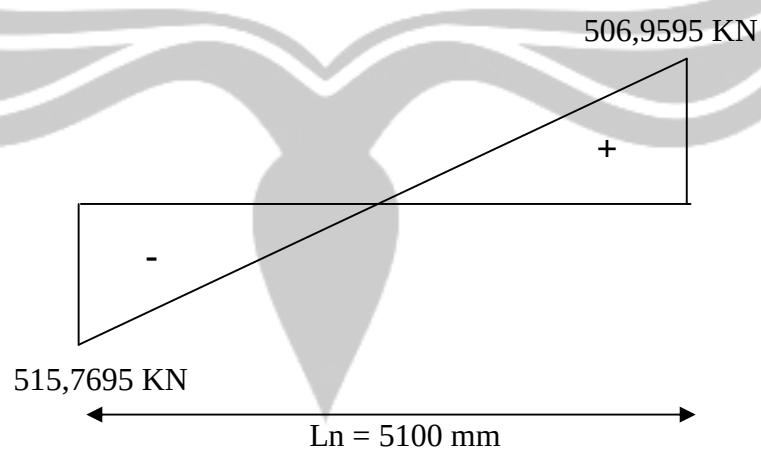
Gambar 5.10 Gaya Geser Akibat Gempa Kanan



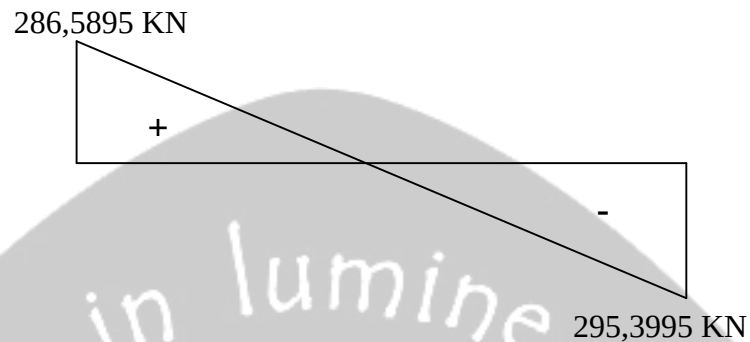
Gambar 5.11 Gaya Geser Akibat Beban Gravitasi



Gambar 5.12 Gaya Geser Akibat Gempa Kiri



Gambar 5.13 Kombinasi Beban Gravitasi dan Gempa Kanan



Gambar 5.14 Kombinasi Beban Gravitasi dan Gempa Kiri

Perencanaan tulangan geser pada sendi plastis :

$$V_u = \frac{M_{n_{ki}} + M_{n_{ka}}}{L_n} + V_g$$

$$V_u = \frac{1295,1953 + 753,8204}{5,1} + 114,59$$

$$V_u = 515,7695 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} b_w d$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35}}{6} \cdot (300) \cdot (524,0707)$$

$$V_c = 155022,2037 \text{ N}$$

$$V_c = 155,0222 \text{ KN}$$

Menentukan V_s :

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = V_n - V_c$$

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

$$V_s = \frac{515,7695}{0,75} - 155,0222$$

$$V_s = 532,6705 \text{ KN}$$

Menentukan jarak antar tulangan geser (s):

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Jika digunakan tulangan geser 2P10, maka jarak antar tulangan (s) adalah.

$$s = \frac{157,0796 (240) (524,0707)}{532,6705 (1000)}$$

$$s = 37,0905 \text{ mm}$$

Jika digunakan tulangan geser 3P10, maka jarak antar tulangan (s) adalah :

$$s = \frac{235,6194 (240) (524,0707)}{532,6705 (1000)}$$

$$s = 55,6357 \text{ mm}$$

Gunakan tulangan geser 3P10 – 50

Jarak pemasangan tulangan pada daerah sendi plastis adalah :

$$2h = 2 \cdot (600)$$

$$= 1200 \text{ mm}$$

Untuk mudahnya, digunakan $2h = 1200 \text{ mm}$

Perencanaan geser di luar sendi plastis :

$$V_{u \text{ pada } 1100 \text{ mm dari kiri}} = 515,7695 - (2005351 \cdot (1,25)) = 265,1006 \text{ KN}$$

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

$$V_s = \frac{265,1006}{0,75} - 155,0222$$

$$V_s = 198,4453 \text{ KN}$$

Jika digunakan tulangan 2P10 sebagai tulangan geser, maka jarak antar sengkang adalah :

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$s = \frac{157,0796 \cdot (240) \cdot (524,0707)}{198,4453 \cdot 10^3}$$

$$s = 74,5263 \text{ m}$$

Jika digunakan tulangan 3P10 sebagai tulangan geser, maka jarak antar sengkang adalah :

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$s = \frac{235,6194 \cdot (240) \cdot (524,0707)}{198,4453 \cdot 10^3}$$

$$s = 149,3384 \text{ mm}$$

Gunakan tulangan 3P10 – 120 mm

Berdasarkan SK SNI 03-2847-2002 pasal 20.10.(4(2)), spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

$$a) \frac{d}{4} = \frac{524,0707}{4}$$

$$= 131,0177 \text{ mm}$$

$$b) 8 \cdot (\text{diameter tulangan longitudinal}) = 8 \cdot (22) = 176 \text{ mm}$$

$$c) 24 \cdot (\text{diameter sengkang}) = 24 \cdot (10) = 240 \text{ mm}$$

$$d) 300 \text{ mm}$$

Dengan demikian, jarak tulangan yang digunakan pada daerah sendi plastis dan

pada daerah di luar sendi plastis memenuhi syarat SK SNI 03-2847-2002.

5.5.3 Perencanaan Panjang Penyaluran

Berdasarkan ketentuan pada SK SNI 03-2847-2002, tulangan yang masuk dan berhenti pada kolom tepi yang terkekang harus berupa panjang penyaluran dengan kait 90° dimana l_{dh} harus diambil lebih besar dari :

$$\begin{aligned} \text{a) } 8d_b &= 8.(22) \\ &= 176 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{b) } 150 \text{ mm, atau}$$

$$\text{c) } (f_y.d_b)/(5,4.\sqrt{f'c}) = 275,4577 \text{ mm}$$

Gunakanlah $l_{dh} = 300 \text{ mm}$ dengan panjang bengkokkan 300 mm

5.5.4 Perencanaan Tulangan Torsi

Dalam perencanaan balok, seringkali terjadi puntiran bersamaan dengan terjadinya lentur dan geser. Berdasarkan hasil analisis ETABS diperoleh :

$$T_u = 0,187 \text{ KNm}$$

$$P = 0$$

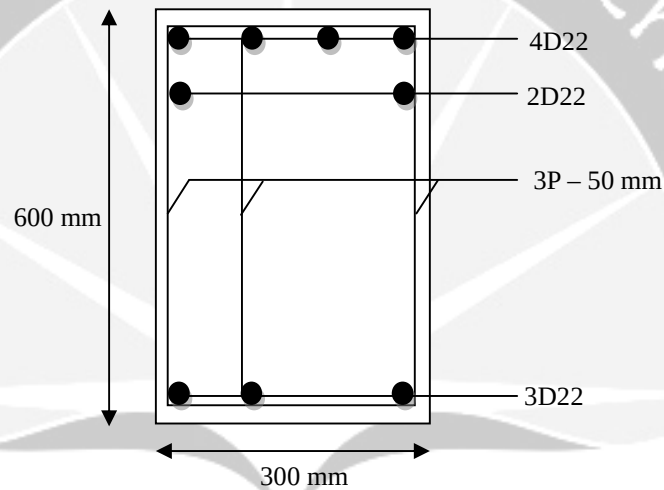
Dengan demikian :

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\ &= \frac{0,187}{0,75} = 0,2493 \text{ KNm} \end{aligned}$$

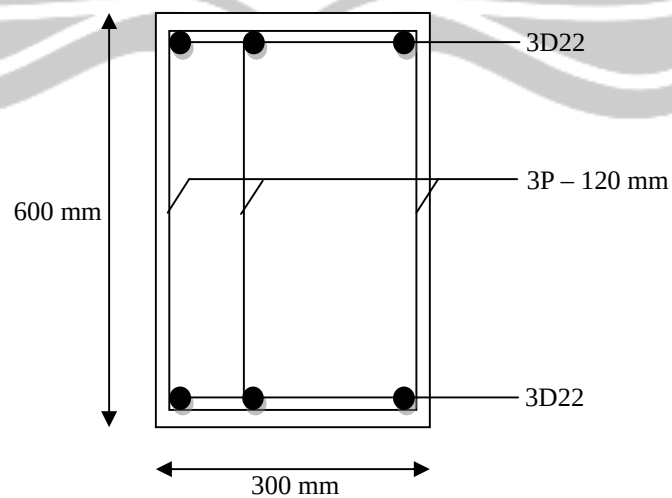
Berdasarkan ketentuan SK SNI 03-2847-2002 pasal 13.6.(1(b)), pengaruh puntir dapat diabaikan jika T_u kurang dari :

$$\begin{aligned}
 \phi T_c &= \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right) \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{35}}{12} \left(\frac{240000^2}{630000} \right) \\
 &= 33806,1702 \text{ Nmm} \\
 &= 33,8062 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Karena $T_u < \phi T_c$, maka tidak diperlukan tulangan puntir.



Gambar 5.15 Detail Penulangan Geser Daerah Tumpuan



Gambar 5.16 Datail Penulangan Geser Daerah Lapangan

5.6 Perencanaan Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktural yang memikul beban dari balok.

Perencanaan kolom meliputi perencanaan tulangan lentur dan tulangan geser dan perencanaan hubungan balok dan kolom (HBK). Sebagai contoh perencanaan digunakan kolom K158 pada lantai 8

5.6.1 Perencanaan Tulangan Lentur

Perencanaan tulangan lentur pada kolom portal rangka bergoyang dilakukan berdasarkan analisa pembesaran momen. Analisa pembesaran momen dilakukan dengan cara sebagai berikut.

Ditinjau akibat pembebanan arah X

- 1) Penentuan faktor panjang efektif
 - a) Menentukan modulus elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c}$$

$$= 4700\sqrt{35}$$

$$= 27805,575 \text{ Mpa}$$

- b) Menentukan inersia kolom

$$I_{c6} = 0,7 \frac{1}{12} 1000 \cdot 1000^3$$

$$= 5,8333 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_{c7} = 0,7 \frac{1}{12} 1000 \cdot 1000^3$$

$$= 5,8333.10^{10}mm^4$$

$$I_{c8} = 0,7 \frac{1}{12} 1000.1000^3$$

$$= 5,8333.10^{10}mm^4$$

c) Menentukan Inersia balok

$$I_B = 0,35 \frac{1}{12} 300.600^3 = 1,89.10^9mm^4$$

d) Menentukan Ψ_A

$$\Psi_A = \frac{\Sigma E_c I_c / l_c}{\Sigma E_b I_b / l_b}$$

$$= \frac{1,01369.10^{12}}{1,5015.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{10}}{2,4399.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{10}}{1,59534.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{12}}{9,854.10^9}$$

$$+ \frac{1,01369.10^{12}}{2,4305.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{12}}{2,6276.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{10}}{5,2553.10^9}$$

$$= 548,6488$$

$$\text{Rata-rata } \Psi_A = 78,3784$$

e) Menentukan Ψ_B

$$\Psi_B = \frac{\Sigma E_c I_c / l_c}{\Sigma E_b I_b / l_b}$$

$$= \frac{1,01369.10^{12}}{1,5015.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{10}}{2,4399.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{10}}{1,59534.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{12}}{9,854.10^9}$$

$$+ \frac{1,01369.10^{12}}{2,4305.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{12}}{2,6276.10^{10}} + \frac{1,01369.10^{10}}{5,2553.10^9}$$

$$= 548,6488$$

$$\text{Rata-rata } \Psi_B = 78,3784$$

f) $k = 8$ (Nomogram komponen portal bergoyang)

g) Cek kelangsingan kolom

$$\frac{k \cdot l_u}{r} = \frac{8 \cdot (2600)}{0,3 \cdot (1000)} = 69,3333 > 22$$

Dengan demikian kolom diklasifikasikan sebagai kolom langsing.

2) Menentukan faktor pembesaran momen

a) Akibat beban $U = 0,75(1,2D+1,6L)$ didapat :

$$P_u = -6204,735 \text{ KN}$$

$$M_3 = M_y = 6,6983 \text{ KNm}$$

$$M_2 = M_x = 58,14 \text{ KNm}$$

b) Akibat Gempa $U = E$

$$P_u = -38,40 \text{ KN}$$

$$M_3 = M_y = 1,525 \text{ KNm}$$

$$M_2 = M_x = 173,566 \text{ KNm}$$

c) Cek apakah momen maksimum terjadi pada daerah di antara ujung-ujung kolom.

$$c1) \frac{l_u}{r} = \frac{2600}{300}$$

$$= 8,6667$$

$$c2) \frac{35}{\sqrt{\frac{Pu}{f'c \cdot Ag}}} = \frac{35}{\sqrt{\frac{8272,98 \cdot 10^3}{35 \cdot 10^6}}}$$

$$= 71,9898 > 8,6667$$

Dengan demikian momen maksimum hanya terjadi pada ujung-ujung kolom.

d) Menentukan EI akibat beban gempa (E)

$$\beta_d = \frac{0}{0,75 \cdot (1,2DL + 1,6LL)}$$

$$= \frac{0}{6204,735} = 0$$

Dengan demikian,

$$EI = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \cdot (27805,575) \cdot (5,8333 \cdot 10^{10})}{1 + 0}$$

$$= 6,4879 \cdot 10^{14} Nmm$$

e) Menentukan P_c

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 (6,4879 \cdot 10^{14})}{(8 \cdot (2600))^2}$$

$$= 14800528,47 \text{ N}$$

f) Menentukan δ_s

$$\Sigma P_c = 7.(14800528,47)$$

$$= 103603699,3 \text{ N}$$

$$\Sigma P_u = 27413,565 \text{ N}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}}$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{27413,565}{0,75 \cdot (103603699,3)}}$$

$$= 1,00035$$

g) Menentukan momen akhir hasil pembesaran momen

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 6,6983 + 1,00035.(173,566)$$

$$= 180,3256 \text{ KNm}$$

h) Menentukan momen minimum

$$1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 8272,98 \text{ KN}$$

$$e_{min} = (15 + 0,03h)$$

$$= 15 + (0,03 \cdot 1000)$$

$$= 45 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{min} &= Pu.(e_{min}) \\
 &= 8272,98.(0,045) \\
 &= 372,2841 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Ditinjau akibat pembebanan arah Y

1) Penentuan faktor panjang efektif

$$\begin{aligned}
 \text{a) } E_c &= 4700\sqrt{f'_c} \\
 &= 4700\sqrt{35} \\
 &= 27805,575 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } I_{c6} &= 0,7 \frac{1}{12} 1000.1000^3 \\
 &= 5,8333.10^{10} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{c7} &= 0,7 \frac{1}{12} 1000.1000^3 \\
 &= 5,8333.10^{10} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{c8} &= 0,7 \frac{1}{12} 1000.1000^3 \\
 &= 5,8333.10^{10} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\text{c) } I_B = 0,35 \frac{1}{12} 300.600^3 = 1,89.10^9 \text{ mm}^4$$

d) Menentukan Ψ_A

$$\Psi_A = \frac{\Sigma E_c I_c / l_c}{\Sigma E_b I_b / l_b}$$

$$= \left\{ 2x \left(\frac{\frac{2x27805,575x5,833x10^{10}}{3200}}{\frac{27805,575x1,89x10^{10}}{6100} + \frac{27805,575x1,89x10^{10}}{1600}} \right) \right\}$$

$$+ \left\{ 2x \left(\frac{\frac{2x27805,575x5,833x10^{10}}{3200}}{\frac{27805,575x10^{10}}{6100}} \right) \right\}$$

$$= 49,36652$$

e) Menentukan Ψ_B

$$\Psi_B = \frac{\Sigma E_c I_c / l_c}{\Sigma E_b I_b / l_b}$$

$$= \left\{ 2x \left(\frac{\frac{2x27805,575x5,833x10^{10}}{3200}}{\frac{27805,575x1,89x10^{10}}{6100} + \frac{27805,575x1,89x10^{10}}{1600}} \right) \right\}$$

$$+ \left\{ 2x \left(\frac{\frac{2x27805,575x5,833x10^{10}}{3200}}{\frac{27805,575x10^{10}}{6100}} \right) \right\}$$

$$= 49,36652$$

f) $k = 6,9$ (Nomogram komponen portal bergoyang)

g) Cek kelangsingan kolom

$$\frac{k \cdot l_u}{r} = \frac{6,9 \cdot (2600)}{0,3 \cdot (1000)} = 59,8 > 22$$

Dengan demikian kolom diklasifikasikan sebagai kolom langsing.

2) Penentuan faktor pembesaran momen

a) Akibat beban $U = 1,2D + 1,6L$ didapat :

$$P_u = -6204,735 \text{ KN}$$

$$M_3 = M_y = 58,314 \text{ KNm}$$

$$M_2 = M_x = 6,6983 \text{ KNm}$$

b) Akibat Gempa $U = E$

$$P_u = 604,40 \text{ KN}$$

$$M_3 = M_y = 19,458 \text{ KNm}$$

$$M_2 = M_x = 217,396 \text{ KNm}$$

c) Cek apakah momen maksimum terjadi pada daerah di antara ujung-ujung kolom.

$$c1) \frac{l_u}{r} = \frac{2600}{300}$$

$$= 8,6667$$

$$c2) \frac{35}{\sqrt{\frac{P_u}{f'c \cdot A_g}}} = \frac{35}{\sqrt{\frac{8272,98 \cdot 10^3}{35 \cdot 10^6}}}$$

$$= 71,9898 > 8,6667$$

Dengan demikian momen maksimum hanya terjadi pada ujung-ujung kolom.

d) Menentukan EI akibat beban gempa (E)

$$\beta_d = \frac{0}{0,75 \cdot (1,2DL + 1,6 LL)}$$

$$= \frac{0}{6204,735} = 0$$

Dengan demikian,

$$EI = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \cdot (27805,575) \cdot (5,8333 \cdot 10^{10})}{1 + 0}$$

$$= 6,4879 \cdot 10^{14} Nmm$$

e) Menentukan P_c

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 (6,4879 \cdot 10^{14})}{(6,9 \cdot (2600))^2}$$

$$= 19895690,45 N$$

f) Menentukan δ_s

$$\Sigma P_c = 4 \cdot (19895690,45)$$

$$= 79582761,81 N$$

$$\Sigma P_u = 23660,3725 N$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma Pu}{0,75 \Sigma Pc}}$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{23660,325}{0,75 \cdot (79582761,81)}}$$

$$= 1,000397$$

g) Menentukan momen akhir hasil pembesaran momen

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 58,318 + 1,000397 \cdot (217,396)$$

$$= 275,8002 \text{ KNm}$$

h) Menentukan momen minimum

$$1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 8272,98 \text{ KN}$$

$$e_{min} = (15 + 0,03h)$$

$$= 15 + (0,03 \cdot 1000)$$

$$= 45 \text{ mm}$$

$$M_{min} = Pu \cdot (e_{min})$$

$$= 8272,98 \cdot (0,045)$$

$$= 372,2841 \text{ KNm}$$

Agar dapat diketahui apakah kolom aman terhadap beban hasil pembesaran momen, maka perlu dilakukan pengecekan dengan menggunakan

metode beban resiprok Bresler. Pengecekan dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

$$1) \frac{e_{uy}}{h} = \frac{M_{ux}}{P_u \cdot h}$$

$$= \frac{372,2841 \cdot 10^6}{8272,98 \cdot 10^3 \cdot 1000} = 0,045$$

$$3) \frac{e_{ux}}{h} = \frac{M_{uy}}{P_u \cdot h}$$

$$= \frac{372,2841 \cdot 10^6}{8272,98 \cdot 10^3 \cdot 1000} = 0,045$$

Berdasarkan diagram interaksi $N_{od}-e_{od}$ didapat :

$$4) \frac{P_{uy}}{f'c \cdot b \cdot h} = 0,65$$

$$P_{uy} = 0,65 \cdot 35 \cdot 1000 \cdot 1000$$

$$= 22750000 \text{ N}$$

$$= 22750 \text{ KN}$$

$$5) \frac{P_{ux}}{f'c \cdot b \cdot h} = 0,65$$

$$P_{ux} = 0,65 \cdot 35 \cdot 1000 \cdot 1000$$

$$= 22750000 \text{ N}$$

$$= 22750 \text{ N}$$

$$6) P_0 = \phi(0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s)$$

$$= 0,65(0,85 \cdot 35 \cdot (10^6 - 31101,7673) + 400 \cdot 31101,7673)$$

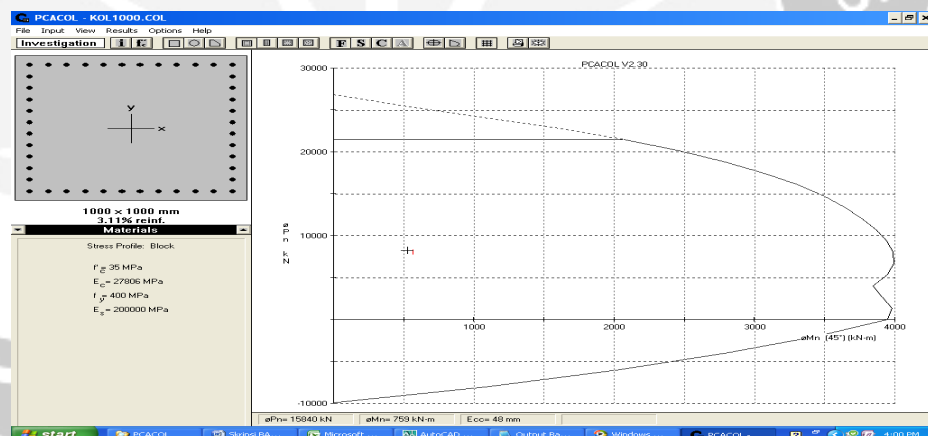
$$= 26822529,07 \text{ N}$$

$$= 26822,5291 \text{ KN}$$

$$7) \frac{1}{P_{Provided}} = \frac{1000}{P_i} = \frac{1000}{22750} + \frac{1000}{22750} - \frac{1000}{26822,5291}$$

$$P_i = 19751,1373 \text{ N} > P_u = 8272,98 \text{ KN}$$

Kolom yang sudah diperiksa dengan metode resiprok bresler dicek kembali dengan menggunakan diagram interaksi kolom yang dibuat dengan menggunakan bantuan program PCACOL. Hasil pengeplotan beban dapat dilihat pada gambar 5.17.



Gambar 5.17 Diagram Interaksi Kolom

5.6.2 Perencanaan Tulangan Geser

Berdasarkan ketentuan SK-SNI- 03-2847-2002, gaya geser rencana pada kolom diperoleh dari :

- 1) Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal pada kedua ujung kolom dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor.

- a) Menentukan gaya geser akibat termobilisasinya kuat lentur pada ujung-ujung kolom.

$$\begin{aligned} Mn_{maks} &= Mn_{balance} \\ &= \frac{5000}{0,65} \\ &= 7692,3077 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Dengan asumsi bahwa kuat lentur nominal pada ujung atas sama dengan kuat lentur nominal pada ujung bawah, maka :

$$\begin{aligned} Vu &= \frac{2 \cdot (7692,3077)}{2,6} \\ &= 5917,5055 \text{ KN} \end{aligned}$$

- 2) Gaya lintang akibat kombinasi beban rencana termasuk akibat pengaruh gaya lintang akibat dua kali gaya gempa.

- a) Menentukan gaya geser akibat beban gravitasi terfaktor $U = 1,2DL + 1,6LL$

$$Vu = 46,31 \text{ KN}$$

- b) Menentukan gaya geser akibat dua kali gaya gempa ($2E$)

$$Vu = 197,72 \text{ KN}$$

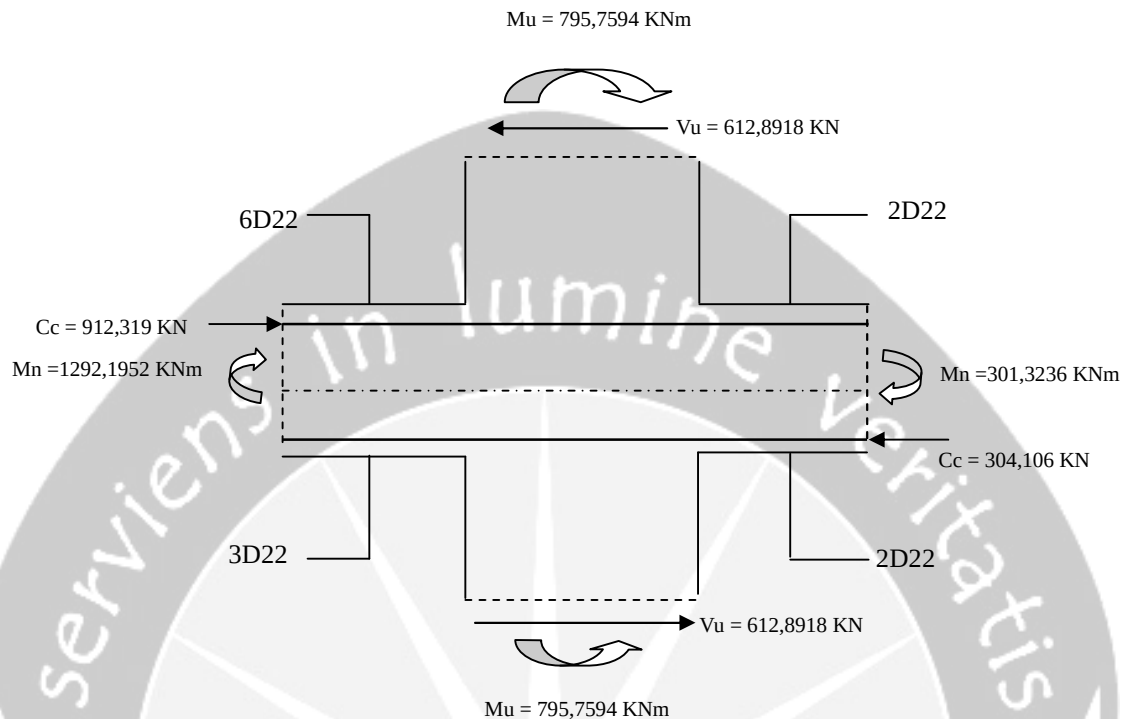
- c) $V_E = 197,72 + 46,31$

$$= 244,03 \text{ KN}$$

- 3) Kuat geser rencana pada hubungan balok kolom (HBK)

a) $M_n^- = 301,3236 \text{ KNm}$

b) $M_n^+ = 1292,1952 \text{ KNm}$



Gambar 5.18 Gaya-Gaya Pada HBK

c) Menentukan V_u

$$V_u = \frac{1292,1952 + 301,3236}{2,6}$$

$$= 612,8918 \text{ KN}$$

Berdasarkan peraturan SK SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.(5(1)), kuat geser kolom tidak perlu melebihi kuat geser rencana dari hubungan balok kolom (HBK). Dengan demikian digunakan $V_e = 612,8918 \text{ KN}$ untuk perencanaan tulangan geser kolom. Perencanaan tulangan dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

1) Menentukan V_c

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= \left(1 + \frac{2248,98}{14 \cdot 10^6}\right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 935$$

$$= 922070,5318 \text{ N}$$

$$= 922,070 \text{ KN}$$

$$2) \phi V_c = 0,75 \cdot (922,070)$$

$$= 691,552 \text{ KN}$$

Karena $V_u < \phi V_c$, maka secara teoritis tidak diperlukan penulangan geser, namun sesyuai ketentuan SK SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.(4(1(b))), luas sengkang tertutup persegi tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,3 \cdot \left(s \cdot h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}\right) \cdot \left[\left(\frac{A_g}{A_{sh}}\right) - 1\right]$$

Atau,

$$A_{sh} = 0,09 \cdot \left(s \cdot h_c \cdot \frac{f'_c}{f_{yh}}\right)$$

Dengan :

$$h_c = 1000 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12)$$

$$= 896 \text{ mm}$$

$$A_g = 1000 \cdot (1000)$$

$$= 10^6 \text{ mm}^2$$

$$A_{ch} = 896 \cdot (896)$$

$$= 802816 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan ketentuan pasal 23.10.(5(1)), jarak antar tulangan (s) tidak boleh kurang dari :

$$1) s_o = 8 \cdot (\text{Diameter tulangan})$$

$$= 8.(22)$$

$$= 240 \text{ mm}$$

$$2) s_0 = 24.(\text{Diameter sengkang ikat})$$

$$= 24.(12)$$

$$= 288 \text{ mm}$$

$$3) s_0 = \frac{1}{2}.(\text{Dimensi penampang terkecil})$$

$$= \frac{1}{2}.(400)$$

$$= 200 \text{ mm}$$

Jika digunakan $s = 100 \text{ mm}$, maka luas tulangan geser (A_{sh}) adalah :

$$A_{sh} = 0,3. \left(100(1000 - (2.12) - (2.40)). \frac{35}{400} \right) \left[\left(\frac{1000^2}{896^2} \right) - 1 \right]$$

$$= 577,6875 \text{ mm}^2$$

Atau,

$$A_{sh} = 0,09. \left(100. (1000 - (2.12) - (2.40)). \frac{35}{400} \right)$$

$$= 705,6 \text{ mm}^2$$

Gunakan tulangan geser dengan luas $A_{sh} = 705,6 \text{ mm}^2$. Untuk memenuhi kebutuhan luas tulangan geser tersebut, digunakan sengkang 6P12-100 mm.

Dengan demikian $V_{s \text{ aktual}}$ kolom adalah :

$$V_s = \frac{6.0,25. \pi. (12^2). (400). (933)}{100}$$

$$= 2548761,553 \text{ N}$$

$$= 2548,7616 \text{ KN}$$

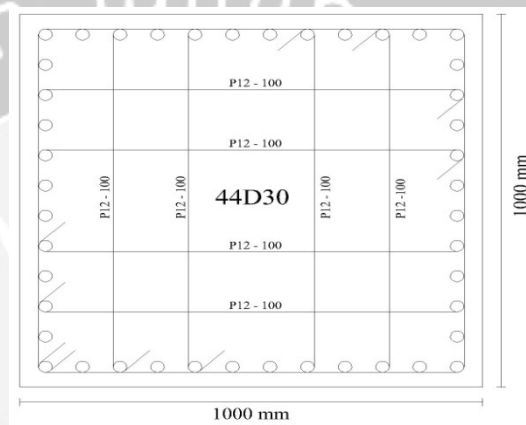
Berdasarkan SK SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.(6(9)), $V_{s \text{ aktual}}$ harus lebih kecil

dari $(2/3) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$.

$$\frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = \frac{2}{3} \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 933$$

$$= 3679801,625 \text{ N}$$

$$= 3679,8016 \text{ KN} > V_{s \text{ aktual}} \text{ (OK)}$$



Gambar 5.19 Detail Penulangan Kolom

5.7 Perencanaan Dinding Struktural

Dinding geser merupakan elemen struktur yang berfungsi menahan gaya lateral akibat gempa dan berfungsi mengurangi simpangan struktur yang terjadi akibat pengaruh gaya lateral yang bekerja pada suatu struktur.

Dalam bab ini akan direncanakan penulangan segmen dinding geser pada lantai 1. Perencanaan dinding meliputi perencanaan tulangan lentur dan perencanaan tulangan geser. Berikut adalah daftar momen lentur dan geser dari masing-masing dinding geser.

Berdasarkan analisa struktur yang dilakukan dengan bantuan program ETABS didapat data-data sebagai berikut.

- 1) 0,9 DL = 16716,794 KN
- 2) 1,2 DL + L = 26437,188 KN
- 3) M_{u_x} = 55074,860 KNm
- 4) M_{u_y} = 17122,663 KNm

5.7.1 Perencanaan Tulangan Lentur

Perencanaan Tulangan Lentur Terhadap Gempa Y

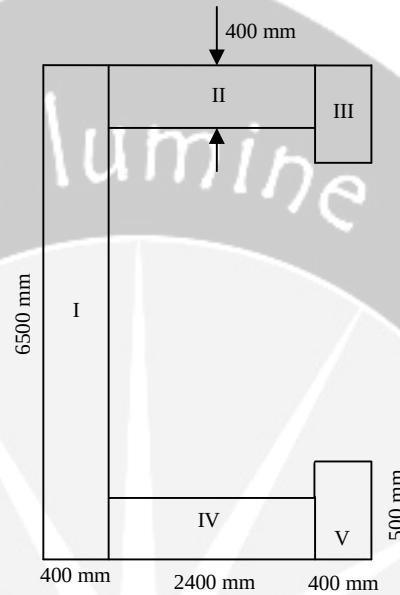
Perencanaan tulangan lentur pada dinding struktural dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

- 1) Menentukan eksentrisitas beban.

$$e_y = \frac{Mu_y}{P_u}$$

$$= \frac{55074,860}{16716,791} = 3,2946 \text{ m}$$

2) Menentukan letak titik berat penampang dinding struktural



Gambar 5.20 Pembagian Luasan Penampang Dinding Geser

$$A_1 = 6500.(400)$$

$$= 2600000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 2400.(400)$$

$$= 960000 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 400.(500)$$

$$= 200000 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = 2400.(400)$$

$$= 960000 \text{ mm}^2$$

$$A_5 = 400.(500)$$

$$= 200000 \text{ mm}^2$$

$$A_{tot} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$= 2600000 + 2.(200000) + 2.(960000)$$

$$= 4920000 \text{ mm}^2$$

Titik berat luasan terhadap sisi kiri dinding adalah :

$$\bar{x} = \frac{(2600000).(200) + 2.(960000).(1600) + 2.(200000).(3000)}{4920000}$$

$$= 973,9837 \text{ mm}$$

Titik berat luasan terhadap sisi bawah dinding adalah :

$$\bar{y} = \frac{2600000.(3250) + 200000.(250 + 6250) + 960000.(200 + 6300)}{4920000}$$

$$= 3250 \text{ mm}$$

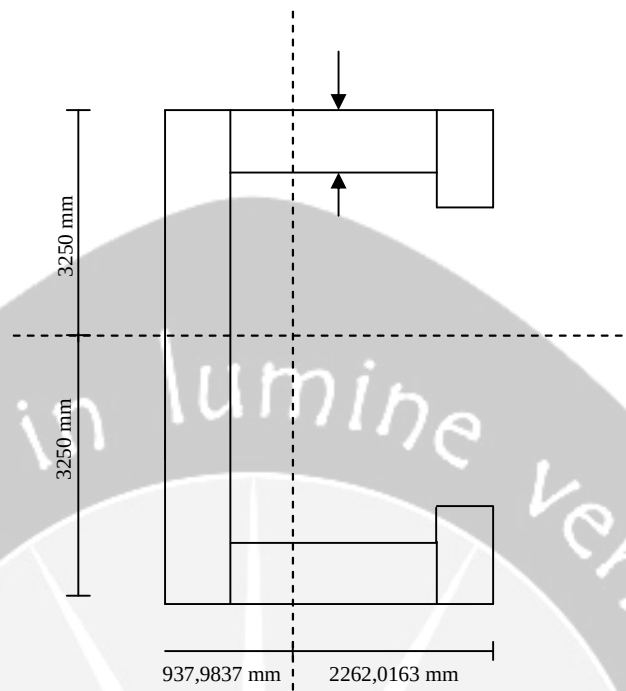
3) Menentukan tulangan lentur pada badan dinding geser.

Berdasarkan ketentuan SK SNI 03-2847-2002 pasal 16.3.(2(1)) rasio minimal tulangan vertikal (ρ_{min}) adalah 0,0012.

- Misal digunakan tulangan $\emptyset = 12 \text{ mm}$ dengan jarak (s) = 200 mm

$$As/m = \frac{2.(1000).(0,25).\pi.12^2}{200}$$

$$= 1130,9734 \text{ mm}^2$$

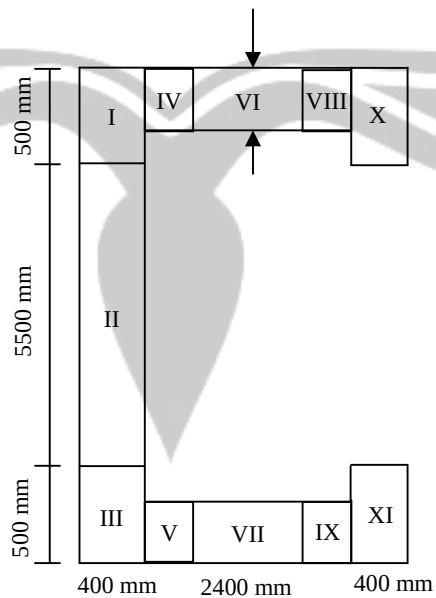


Gambar 5.21 Titik Berat Penampang Dinding Geser

Dengan demikian,

$$\rho = \frac{1130,9734}{400 \cdot (1000)}$$

$$= 0.0028 > 0,0012 \text{ (OK)}$$



Gambar 5.22 Pembagian Luasan Dinding Geser

- Menentukan momen nominal

$$M_n = \frac{55074,860}{0,55}$$

$$= 100136,1091 \text{ KNm}$$

- Diasumsikan luas tulangan tulangan lentur sebagai berikut :

$$A_{sI} = 16000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sII} = 5541,794 \text{ mm}^2$$

$$A_{sIII} = 16000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sIV} = 4000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sV} = 4000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sVI} = 2261,947 \text{ mm}^2$$

$$A_{sVII} = 2261,947 \text{ mm}^2$$

$$A_{sVIII} = 4000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sIX} = 4000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sX} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sXI} = 10000 \text{ mm}^2$$

- Menentukan Momen nominal didnding struktural jika diasumsikan nilai a
= 220 mm.

$$\text{a) } d_1' = 400 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$f_{s1} = ((c-d')/c) \cdot 0,003 \cdot E_s$$

$$= ((269,9387-400)/269,9387) \cdot (0,003) \cdot (200000)$$

$$= -289,09091 \text{ Mpa}$$

$$M_I = A_s \cdot f_{s1} \cdot ((h/2) - (d_1'))$$

$$= 16000 \cdot (-289,09091) \cdot (3250-400)$$

$$= -1,318 \cdot 10^{10} \text{ Nmm}$$

$$\text{b) } d_{II}' = 3250 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$f_{sII} = ((c-d')/c) \cdot 0,003 \cdot E_s$$

$$= ((269,9387-3250)/269,9387) \cdot (0,003) \cdot (200000)$$

$$= -6623,8636 \text{ Mpa}$$

$$M_{II} = A_s \cdot f_{s1} \cdot ((h/2) - (d_{II}'))$$

$$= 5541,794 \cdot (-400) \cdot (3250-3250)$$

$$= 0 \text{ Nmm}$$

$$c) \quad d_{III}' = 6100 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$f_{sIII} = ((c-d')/c) \cdot 0,003 \cdot E_s.$$

$$= ((269,9387-6100)/269,9387) \cdot (0,003) \cdot (200000)$$

$$= -12958,6364 \text{ Mpa}$$

$$M_{III} = A_s \cdot f_{sI} \cdot ((h/2) - (d'_{III}))$$

$$= 16000 \cdot (-400) \cdot (3250-6100)$$

$$= 1,824 \cdot 10^{10} \text{ Nmm}$$

$$d) \quad d_{IV}' = 200 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$f_{sIV} = ((c-d')/c) \cdot 0,003 \cdot E_s.$$

$$= ((269,9387-200)/269,9387) \cdot (0,003) \cdot (200000)$$

$$= 155,4545 \text{ Mpa}$$

$$M_{IV} = A_s \cdot f_{sI} \cdot ((h/2) - (d'_{IV}))$$

$$= 6000 \cdot (155,4545) \cdot (3250-200)$$

$$= 2,845 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$e) \quad d_V' = 6300 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{sV} &= ((c-d')/c).0,003.E_s. \\
 &= ((269,9387-6300)/269,9387).(0,003).(200000) \\
 &= -13403,1818 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_V &= A_s.f'_{sI}.((h/2)-(d'_V)) \\
 &= 6000.(-400).(3250-6300) \\
 &= 7,44.10^9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\text{f) } d_{VI}' = 200 \text{ mm}$$

$$C_{cVI} = 269,9387 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{sVI} &= ((c-d')/c).0,003.E_s. \\
 &= ((269,9387-200)/269,9387).(0,003).(200000) \\
 &= 155,4545 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{VI} &= A_s.f'_{sI}.((h/2)-(d'_{VI})) \\
 &= 2160.(155,4545).(3250-200) \\
 &= 1,024.10^9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\text{g) } d_{VII}' = 6300 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{sVII} &= ((c-d')/c).0,003.E_s. \\
 &= ((269,9387-6300)/269,9387).(0,003).(200000)
 \end{aligned}$$

$$= -13403,1818 \text{ Mpa}$$

$$M_{VII} = A_s \cdot f'_{sI} \cdot ((h/2) - (d'_{VII}))$$

$$= 2160 \cdot (-400) \cdot (3250 - 6300)$$

$$= 2,635 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$\text{h) } d_{VIII}' = 200 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$f_{sVIII} = ((c - d')/c) \cdot 0,003 \cdot E_s$$

$$= ((269,9387 - 200)/269,9387) \cdot (0,003) \cdot (200000)$$

$$= 155,4545 \text{ Mpa}$$

$$M_{VIII} = A_s \cdot f'_{sI} \cdot ((h/2) - (d'_{VIII}))$$

$$= 6000 \cdot (155,4545) \cdot (3250 - 200)$$

$$= 2,845 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$\text{i) } d_{IX}' = 6300 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$f_{sIX} = ((c - d')/c) \cdot 0,003 \cdot E_s$$

$$= ((269,9387 - 6300)/269,9387) \cdot (0,003) \cdot (200000)$$

$$= -13403,1818 \text{ Mpa}$$

$$M_{IX} = A_s \cdot f'_{sI} \cdot ((h/2) - (d'_{IX}))$$

$$= 6000.(-400).(3250-6300)$$

$$= 7,32.10^9 \text{ Nmm}$$

$$\text{j) } d_X' = 250 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$f_{sIX} = ((c-d')/c).0,003.E_s.$$

$$= ((269,9387-250)/269,9387).(0,003).(200000)$$

$$= 44,3187 \text{ Mpa}$$

$$M_{IX} = A_s.f'_{sI}.((h/2)-(d'_{IX}))$$

$$= 16000.(44,3187).(3250-250)$$

$$= -1,330.10^9 \text{ Nmm}$$

$$\text{k) } d_{XI}' = 6250 \text{ mm}$$

$$c = 269,9387 \text{ mm}$$

$$f_{sXI} = ((c-d')/c).0,003.E_s.$$

$$= ((269,9387-6250)/269,9387).(0,003).(200000)$$

$$= -13292,0455 \text{ Mpa}$$

$$M_{XI} = A_s.f'_{sI}.((h/2)-(d'_{XI}))$$

$$= 16000.(-400).(3250-6250)$$

$$= 1,220.10^{10} \text{ Nmm}$$

$$1) \quad a = 220 \text{ mm}$$

$$C_c = a.b.0,85.f'_c$$

$$= 220.(3200).(0,85).(35)$$

$$= 20944000 \text{ N}$$

$$M_{Cc} = a.b.0,85.f'_c.((h/2)-(a/2))$$

$$= 220.(3200).(0,85).(35).(3250-(220/2))$$

$$= 6.5764.10^{10} \text{ Nmm}$$

Dengan demikian,

$$\begin{aligned} M_{\text{total}} &= -1.318.10^{10} + 0 + 1,824.10^{10} + 2,845.10^9 + 7,44.10^9 + \\ &\quad 1,024.10^9 + 2,635.10^9 + 2,845.10^9 + 7,320.10^9 + 1,330.10^9 + \\ &\quad 1,220.10^{10} + 6,5764.10^{10} \\ &= 1,0846.10^{11} \text{ Nmm} \end{aligned}$$

4) Menentukan *flexural overstrength*

$$\phi_{o,w} = M_{o,w}/M_E$$

$$= 1,4.(108460/100136,1091)$$

$$= 1,5164$$

Perencanaan Tulangan Lentur Terhadap Gempa Arah X

Pada perencanaan tulangan lentur akibat gempa arah X digunakan jumlah tulangan berdasarkan perencanaan tulangan lentur akibat gempa arah Y. Perencanaan tulangan lentur dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

- 1) Menentukan eksentrisitas beban

$$e_x = \frac{17122,1146}{16716,791}$$

$$= 1,0243 \text{ m}$$

- 2) Menentukan momen nominal rencana.

$$Mn_{Ey} = \frac{Mu_{Ey}}{0,55}$$

$$= \frac{17122,11455}{0,55}$$

$$= 31132,1146 \text{ KNm}$$

- 3) Cek momen nominal dinding dihitung terhadap *centroid* :

- a) Perhitungan momen nominal jika pusat desak terletak di sebelah kiri *centroid*.

- $d'_I = 200 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f's_I = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-200)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -289,091 \text{ Mpa}$$

$$M_I = 16000.(-289,091).(937,9837-200)$$

$$= -3,58.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{II} = 200 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f's_{II} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-200)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -289,091 \text{ Mpa}$$

$$M_{II} = 5880.(-289,091).(937,9837-200)$$

$$= -1,316.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{III} = 200 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f's_{III} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-200)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -289,091 \text{ Mpa}$$

$$M_{III} = 16000.(-289,091).(937,9837-200)$$

$$= -3,58.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{IV} = 550 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f'_{sIV} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-550)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -1845 \text{ Mpa}$$

$$M_{IV} = 6000.(-400).(937,9837-550)$$

$$= -1,018.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_V = 550 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f'_{sV} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-550)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -1845 \text{ Mpa}$$

$$M_V = 6000.(-400).(937,9837-200)$$

$$= -1,018.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{VI} = 1600 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f'_{sVI} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-1600)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -6512,7273 \text{ Mpa}$$

$$M_{VI} = 2160.(-400).(937,9837-1600)$$

$$= 5,409.10^8 \text{ Nmm}$$

- $d'_{VII} = 1600 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f'_{sVII} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-1600)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -6512,7273 \text{ Mpa}$$

$$M_{VII} = 2261,94671.(-400).(937,9837-1600)$$

$$= 5,409.10^8 \text{ Nmm}$$

- $d'_{VIII} = 2650 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f'_{sVIII} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-2650)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -11180,4545 \text{ Mpa}$$

$$M_{VIII} = 6000.(-400).(937,9837-2650)$$

$$= 4,022.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{IX} = 2650 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f'_{sIX} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-2650)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -11180,4545 \text{ Mpa}$$

$$M_{IX} = 6000.(-400).(937,9837-2700)$$

$$= 4,022.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_X = 3000 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f'_{sX} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-3000)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -12958,6364 \text{ Mpa}$$

$$M_X = 10000.(-400).(937,9837-3000)$$

$$= 8,304.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{XI} = 3000 \text{ mm}$

$$c = 134,9693 \text{ mm}$$

$$f'_{sXI} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((134,9693-3000)/134,9693).0,003.200000$$

$$= -12958,6364 \text{ Mpa}$$

$$M_{XI} = 10000.(-400).(937,9837-3000)$$

$$= 8,304.10^9 \text{ Nmm}$$

- $c = 134,9693 \text{ mm}$

$$a = 110 \text{ mm}$$

$$C_c = a.b.0,85.f'_c$$

$$= 110.(6500).(0,85).(35)$$

$$= 21271250 \text{ N}$$

$$M_{Cc} = C_c.(X_{ki}-(a/2))$$

$$= 21271250.(973,9837-(110/2))$$

$$= 1,955.10^{10} \text{ Nmm}$$

Dengan demikian,

$$\begin{aligned} M_{\text{total}} &= 1,955.10^{10} + 2.(8.304.10^9) + 2.(4,022.10^9) + 2.(5,409.10^9) + \\ &\quad 2.(-1,018.10^9) + 2.(-3,580.10^9) + -1,316.10^9 + \\ &= 3,477.10^{10} \text{ Nmm} \end{aligned}$$

b) Perhitungan momen nominal jika pust desak terletak di sebelah kanan *centroid*.

- $d'_I = 3000 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$f'_{sI} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((325,15634-3000)/325,15634).0,003.200000$$

$$= -4935,8491 \text{ Mpa}$$

$$M_I = 16000.(-400).(2262,0163-3000)$$

$$= 4,9535.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{II} = 3000 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$f'_{sII} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((325,15634-3000)/325,15634).0,003.200000$$

$$= -4935,8491 \text{ Mpa}$$

$$M_{II} = 5880.(-400).(2262,0163-3000)$$

$$= 1,8204.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{III} = 3000 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$f'_{sIII} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((325,15634-3000)/325,15634).0,003.200000$$

$$= -4935,8491 \text{ Mpa}$$

$$M_{III} = 16000.(-400).(2262,0163-3000)$$

$$= 4,9535.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{IV} = 2650 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f'_{sIV} &= ((c-d')/c).0,003.E_s \\ &= ((325,15634-2650)/325,15634).0,003.200000 \\ &= -4290 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{IV} &= 6000.(-400).(2262,0163-2650) \\ &= 1,0176.10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- $d'_V = 2650 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f'_{sV} &= ((c-d')/c).0,003.E_s \\ &= ((325,15634-2650)/).0,003.200000 \\ &= -4290 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_V &= 6000.(-400).(2262,0163-2650) \\ &= 1,0176.10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- $d'_{VI} = 1600 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$f'_{sVI} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((325,15634-1600)/325,15634).0,003.200000$$

$$= -2352,4528 \text{ Mpa}$$

$$M_{VI} = 2160.(-400).(2262,0163-1600)$$

$$= -5,4088.10^8 \text{ Nmm}$$

- $d'_{VII} = 1600 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$f'_{sVII} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((325,15634-1600)/325,15634).0,003.200000$$

$$= -2352,4528 \text{ Mpa}$$

$$M_{VII} = 2160.(-400).(2262,0163-1600)$$

$$= -5,4088.10^8 \text{ Nmm}$$

- $d'_{VIII} = 550 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$f'_{sVIII} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((325,15634-550)/325,15634).0,003.200000$$

$$= -414,9057 \text{ Mpa}$$

$$M_{VIII} = 6000.(-400).(2262,0163-550)$$

$$= -4,0224.10^9 \text{ Nmm}$$

- $d'_{IX} = 550 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f'_{s_{IX}} &= ((c-d')/c).0,003.E_s \\ &= ((325,15634-550)/325,15634).0,003.200000 \\ &= -414,9057 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{IX} &= 6000.(-400).(2262,0163-500) \\ &= -4,0224.10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- $d'_X = 200 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f'_{s_X} &= ((c-d')/c).0,003.E_s \\ &= ((325,15634-200)/325,15634).0,003.200000 \\ &= 323,207 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_X &= 10000.(323,207).(2262,0163-200) \\ &= 6,5482.10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- $d'_{XI} = 200 \text{ mm}$

$$c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$f'_{s_{XI}} = ((c-d')/c).0,003.E_s$$

$$= ((325,15634-200)/325,15634).0,003.200000$$

$$= 323,207 \text{ Mpa}$$

$$M_{XI} = 10000.(323,207).(2262,0163-200)$$

$$= 6,5482.10^9 \text{ Nmm}$$

$$\bullet \quad c = 325,15634 \text{ mm}$$

$$a = 265 \text{ mm}$$

$$Cc1 = a.b.0,85.f'c$$

$$= 2.(265).(500).(0,85).(35)$$

$$= 7883750 \text{ N}$$

$$M_{Cc1} = Cc.(X_{ka}-(a/2))$$

$$= 7883750.(2262,0163-132,5)$$

$$= 1,6505.10^{10} \text{ Nmm}$$

Dengan demikian,

$$M_{\text{total}} = 1,6505.10^{10} + 2.(6,5482.10^9) + 2.(-4.0224.10^9) +$$

$$2.(-5,409.10^9) + 2.(1,0176.10^9) + 2.(4,9535.10^9) + 1,8204.10^9$$

$$= 3,4237.10^{10} \text{ Nmm}$$

- 4) Menentukan *flexural overstrength*

$$\begin{aligned}\phi_{o,w} &= M_{o,w}/M_E \\ &= 1,4.(34237/31132,1146) \\ &= 1,5396\end{aligned}$$

5.7.2 Perencanaan Tulangan Geser

Perencanaan tulangan geser pada dinding struktural dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

Akibat gempa arah Y

- 1) Menentukan faktor pembesaran gaya geser.

$$\begin{aligned}\omega_v &= 1,3 + n/30 \\ &= 1,3 + 24/30 \\ &= 2,1\end{aligned}$$

Karena ω_v tidak boleh lebih besar daripada 1,8, maka digunakan nilai $\omega_v = 1,8$.

- 2) Menentukan gaya geser kritis dinding pada elemen I, II, III.

$$\begin{aligned}V_u &= \omega_v \cdot \phi_{o,w} \cdot V_E \\ &= 1,8. (1,516). (1133,68) \\ &= 3093,586 \text{ KN}\end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}\mu_{\Delta} \cdot V_E &= 4 \cdot (1133,68) \\ &= 4534,72 \text{ KN} < 3093,586 \text{ KN}\end{aligned}$$

$V_u = 4534,72 \text{ KN} > 3093,586 \text{ KN}$, maka digunakan $V_u = 3093,586 \text{ KN}$.

3) Menentukan tegangan geser rata-rata

$$\begin{aligned}v_i &= \frac{Vu}{0,8 b_w l_w} \\ &= \frac{3093,586 \cdot 10^3}{0,8 \cdot (400) \cdot (6500)} \\ &= 1,4873 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}v_{maks} &= \left(\frac{0,22 \cdot \phi_{o,w}}{\mu_{\Delta}} - 0,03 \right) f'_c \\ &= \left(\frac{0,22 \cdot (3,7721)}{4} - 0,03 \right) 35 \\ &= 6,2113 \text{ N/mm}^2 > 1,4873 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$V_i < V_{maks}$, maka digunakan $V_i = 1,4873 \text{ N/mm}^2$

$$v_c = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{Pu}{Ag}}$$

$$= 0,6 \cdot \sqrt{\frac{10663,421 \cdot 10^3}{4920000}}$$

$$= 0,8833 \text{ N/mm}^2$$

Dengan demikian,

$$v_s = v_i - v_c$$

$$= 1,4873 - 0,8833$$

$$= 0,604 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{0,604 \cdot 400}{400}$$

$$= 0,604 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jika digunakan tulangan 2 kaki $\emptyset 13 \text{ mm}$, maka jarak antar tulangan adalah :

$$s = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot (\pi) \cdot (13^2)}{0,604} = 439,5109 \text{ mm}$$

Gunakan $s = 200 \text{ mm}$

$$\frac{As}{m} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot (0,25) \cdot \pi \cdot 13^2}{200} = 1327,3229 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{As}{bh}$$

$$= \frac{1327,3229}{400 \cdot (1000)}$$

$$= 0,00332$$

Akibat gempa arah X

- 1) Menentukan faktor pembesaran gaya geser.

$$\begin{aligned}\omega_v &= 1,3 + n/30 \\ &= 1,3 + 24/30 \\ &= 2,1\end{aligned}$$

Karena ω_v tidak boleh lebih besar daripada 1,8, maka digunakan nilai $\omega_v = 1,8$.

- 2) Menentukan gaya geser kritis Akibat Gempa Arah X

$$\begin{aligned}V_u &= \omega_v \cdot \phi_{o,w} \cdot V_E \\ &= 1,8 \cdot (1,5396) \cdot (1187,15) \\ &= 3289,9251 \text{ KN}\end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}\mu_{\Delta} \cdot V_E &= 4 \cdot (1187,15) \\ &= 4748,6 \text{ KN} < 3289,9251 \text{ KN}\end{aligned}$$

$V_u = 3289,9251 \text{ KN} < \mu_{\Delta} \cdot V_E = 4748,6 \text{ KN}$, digunakan $V_u = 3289,9251 \text{ KN}$.

- 3) Menentukan tulangan geser

$$\begin{aligned}
 v_i &= \frac{Vu}{0,8 b_w l_w} \\
 &= \frac{3289,9251 \cdot 10^3}{0,8 \cdot (400) \cdot (3200)} \\
 &= 3,2128 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}
 v_{maks} &= \left(\frac{0,22 \cdot \phi_{o,w}}{\mu_{\Delta}} - 0,03 \right) f'_c \\
 &= \left(\frac{0,22 \cdot (2,7203)}{4} - 0,03 \right) 35 \\
 &= 4,1866 \text{ N/mm}^2 > 3,2128 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$V_i < V_{maks}$, maka digunakan $V_i = 3,2128 \text{ N/mm}^2$

$$\begin{aligned}
 v_c &= 0,6 \cdot \sqrt{\frac{Pu}{Ag}} \\
 &= 0,6 \cdot \sqrt{\frac{10663,421 \cdot 10^3}{4920000}} \\
 &= 0,8833 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Dengan demikian,

$$\begin{aligned}
 v_s &= v_i - v_c \\
 &= 3,2128 - 0,8833
 \end{aligned}$$

$$= 2,3295 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{2,3295 \cdot (400)}{400}$$

$$= 2,3295 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jika digunakan tulangan 2 kaki $\emptyset 12$ mm, maka jarak antar tulangan adalah :

$$s = \frac{2,025 \cdot (\pi) \cdot (12^2)}{2,3295} = 113,958 \text{ mm}$$

Gunakan $s = 110$ mm

$$\frac{A_s}{m} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot (0,25) \cdot \pi \cdot 12^2}{110} = 2056,3152 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bh}$$

$$= \frac{2056,3152}{400 \cdot (1000)}$$

$$= 0,00514$$

5.7.3 Menentukan Kebutuhan Pengekangan

Bila gaya aksial cukup besar sehingga $C > C_c$ maka sebagian beton yang tertekan perlu dikekang. Pengekangan dilakukan pada pangkal dinding struktural ke atas sepanjang daerah yang potensial terjadi sendi plastis pada dinding yang panjangnya :

$$1. l_w = 3200 \text{ mm} = 3,2 \text{ m.}$$

$$2. \frac{1}{6} \cdot h_w = \frac{1}{6} \cdot 81,8 = 13,633 \text{ m}$$

Maka tulangan pengekan dipakai pada lima lantai dengan ketinggian 13,633 m.

Diasumsikan nilai $c = 500$ mm

$$\begin{aligned} c_c &= \frac{M_{o,w}}{2,2 \cdot \lambda_o \cdot \mu_\Delta \cdot Me} \cdot l_w \\ &= \frac{60493}{2,2 \cdot 1,4 \cdot 4 \cdot 31132,1146} \cdot 3200 = 504,7029 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Karena $c > c_c$, maka diperlukan tulangan pengekan

Panjang daerah terkekang :

$$\begin{aligned} \alpha &= \left(1 - 0,7 \frac{c_c}{c} \right) \geq 0,5 \\ &= \left(1 - 0,7 \frac{504,7029}{500} \right) \geq 0,5 \\ &= 0,2934 \geq 0,5 \end{aligned}$$

$$\alpha \cdot c = 0,5 \cdot 504,7029 = 252,3515 \text{ mm.}$$

$$h_1'' = 500 - 2 \cdot 40 = 420 \text{ mm}$$

$$A_g = 400 \cdot 500 = 200000 \text{ mm}^2$$

$$A_c = (400-80) \cdot (500-80) = 134400 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,3 \cdot sh \cdot h_1'' \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_y h} \left(0,5 + 0,9 \frac{c}{l_w} \right)$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh}}{sh} &= 0,3 \cdot 420 \cdot \left(\frac{200000}{134400} - 1 \right) \frac{35}{400} \left(0,5 + 0,9 \frac{500}{3200} \right) \\ &= 3,4474 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

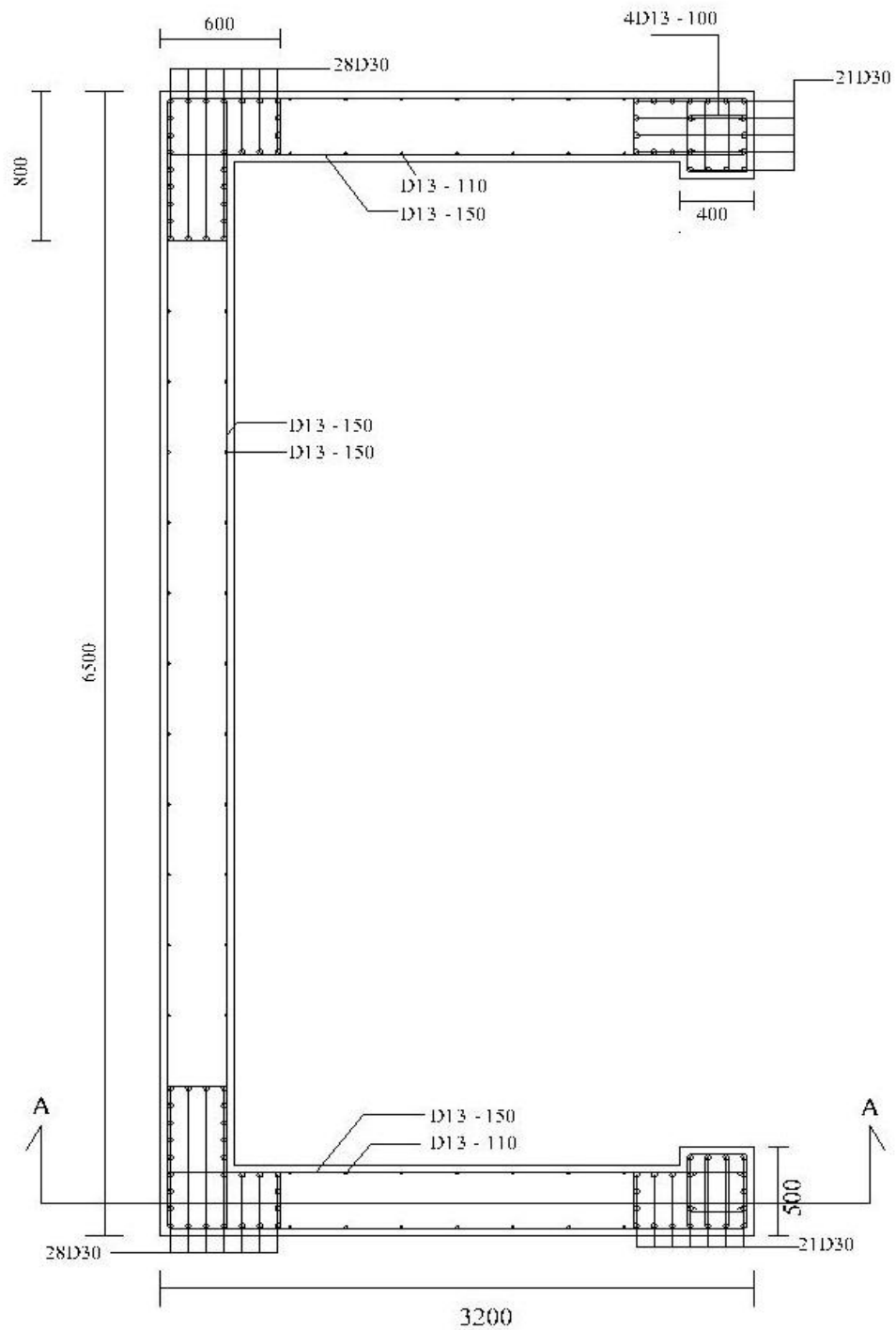
Dicoba sengkang 4 kaki D13 ($A_s = 530,9292 \text{ mm}^2$)

$$Sh = \frac{530,9292}{3,4474} = 106,3816 \text{ mm.}$$

$$\approx 154,0086 \text{ mm.}$$

Jadi digunakan 4D13-100 mm.





Gambar 5.23 Detil Penulangan Dinding Geser

5.7.4 Pemeriksaan Kekuatan Dinding Geser

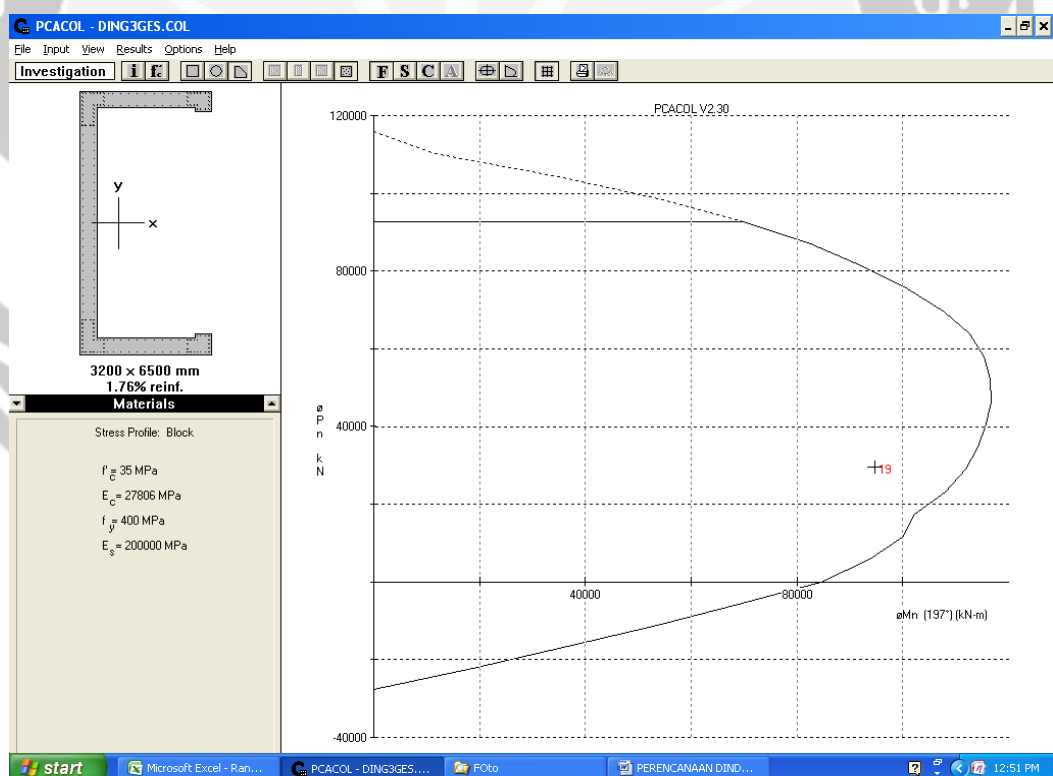
Agar dapat dilakukan pemeriksaan tampang diperlukan diagram interaksi dinding geser. Pembuatan diagram interaksi dinding dilakukan dengan bantuan program PCACOL.

1) Akibat Combo 19 Max :

$$P_u = 29653,7 \text{ KN}$$

$$M_{ux} = -90626,2 \text{ KNm}$$

$$M_{uy} = -26750,2 \text{ KNm}$$



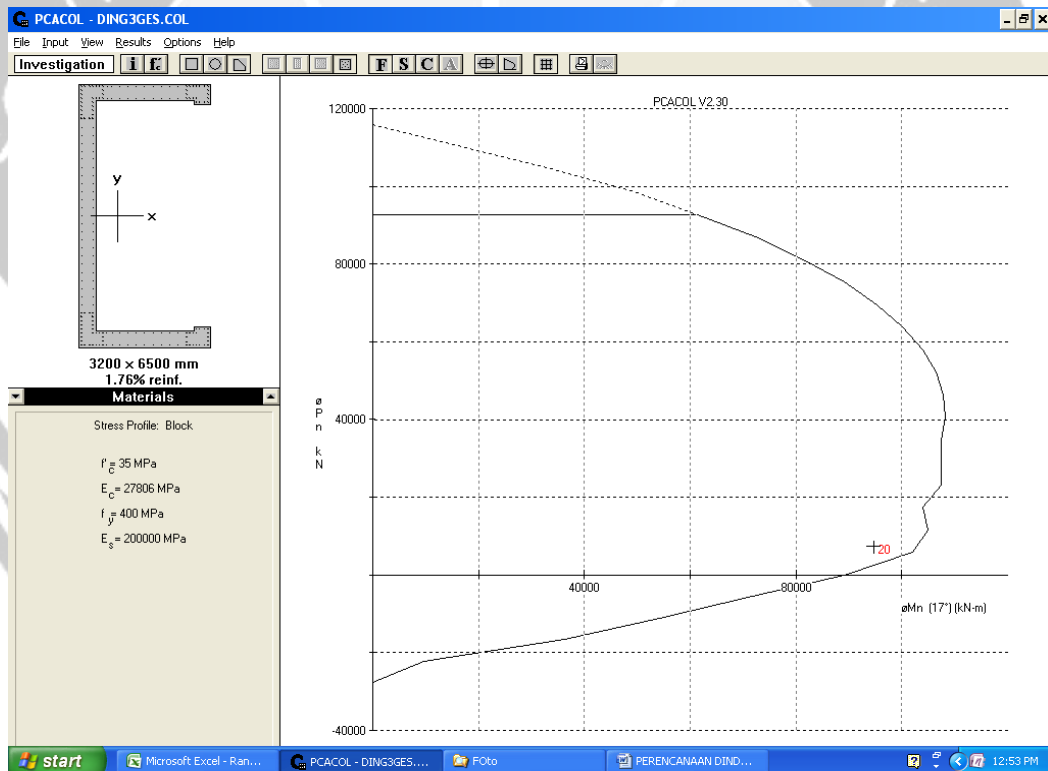
Gambar 5.24 Diagram Interaksi Dinding Combo 19 Maks

2) Akibat Combo 19 Min :

$$P_u = 7310,41 \text{ KN}$$

$$M_{ux} = 90742,3 \text{ KNm}$$

$$M_{uy} = 27218,5 \text{ KNm}$$

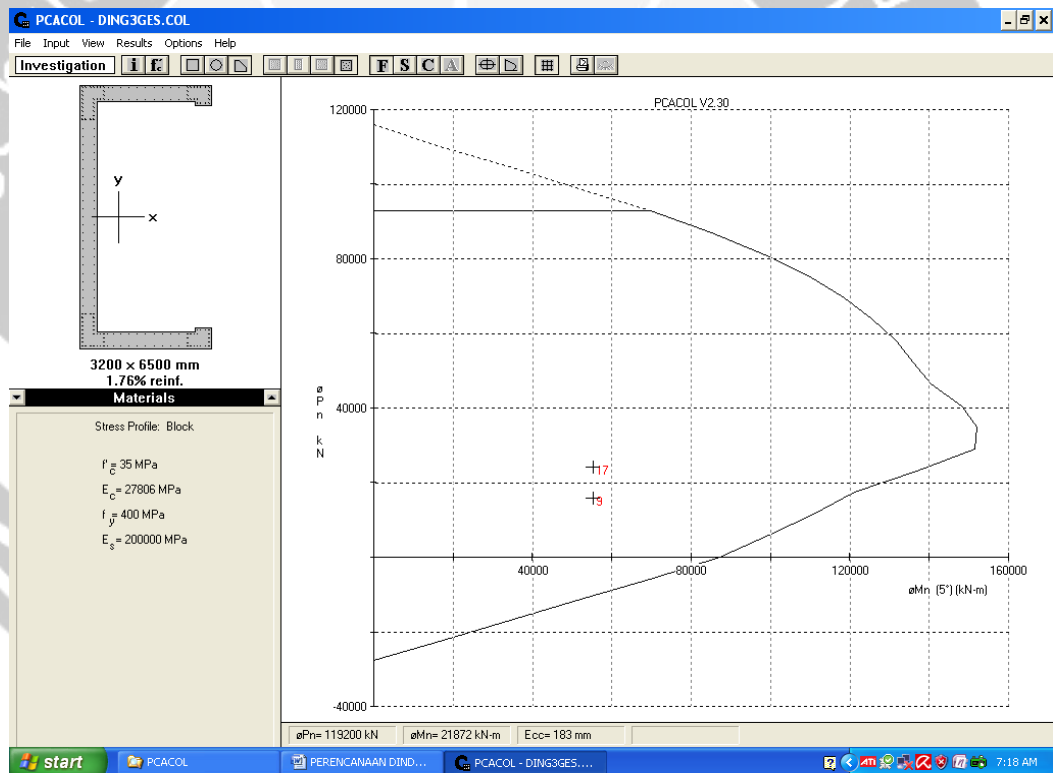


Gambar 5.25 Diagram Interaksi Dinding Combo 19 Min

$$3) P_u = 24230 \text{ KN}$$

$$M_{ux} = 55074,9 \text{ KNm}$$

$$M_{uy} = 4513,11$$

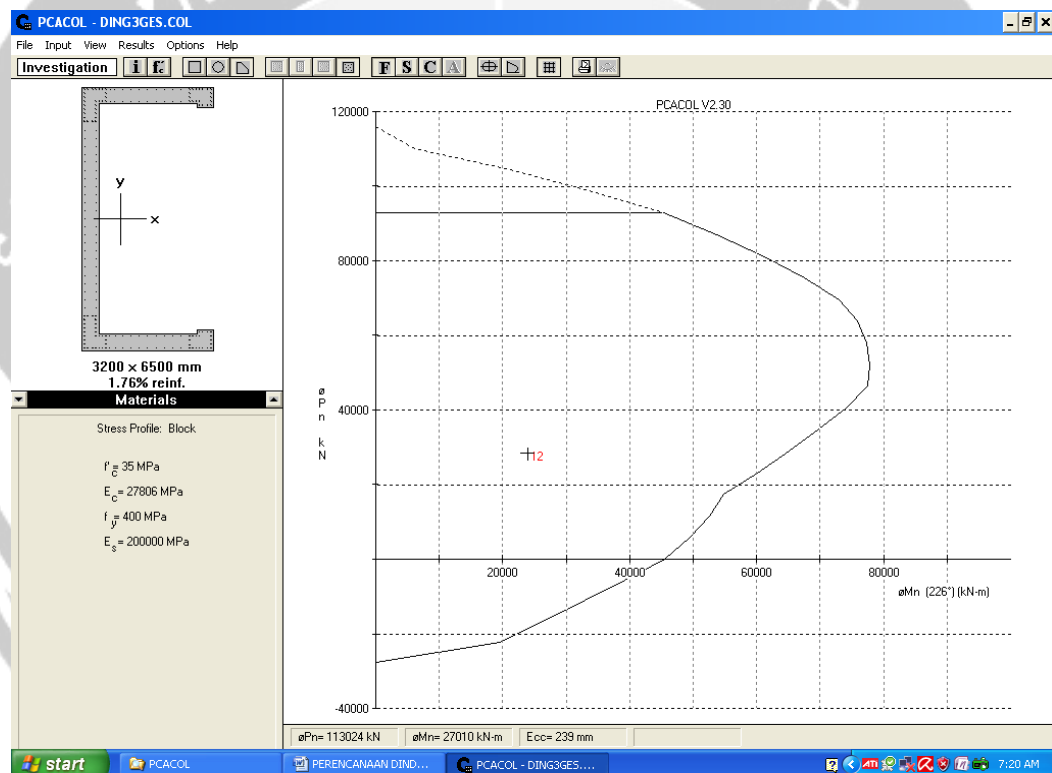


Gambar 5.26 Diagram Interaksi Dinding Combo 17

$$4) P_u = 28423,8 \text{ KN}$$

$$M_{ux} = -16667,9 \text{ KNm}$$

$$M_{uy} = -17122,7 \text{ KNm}$$



Gambar 5.27 Diagram Interaksi Dinding Combo 12

Daftar Pustaka

Badan Standardisasi Nasional, SK SNI 03-1726-2002, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*

Badan Standardisasi Nasional, SK SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Gedung*

Purwono, Rachmat, 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITS Press, Surabaya

Imran, Iswandi. Dkk, 2008, *Pengaruh Gempa dan Angin Terhadap Struktur*, iswandi@si.itb.ac.id

James G. MacGregor, 1997, *Reinforced Concrete Mechanics And Design*, Pentice-Hall, hal 473-541.

Sudarmoko, 1996, *Perencanaan Dan Analisis Plat Beton Bertulang*, KMTS FT UGM, Yogyakarta.

Dipohusodo, Istimawan, 1993, *Struktur Beton Bertulang*, Departemen Pekerjaan Umum.

Adiyono, 2006, *Menghitung Konstruksi Beton Bertulang Untuk Pengembangan Rumah Bertingkat Dan Tidak Bertingkat*, Penebar Swadaya, Jakarta.

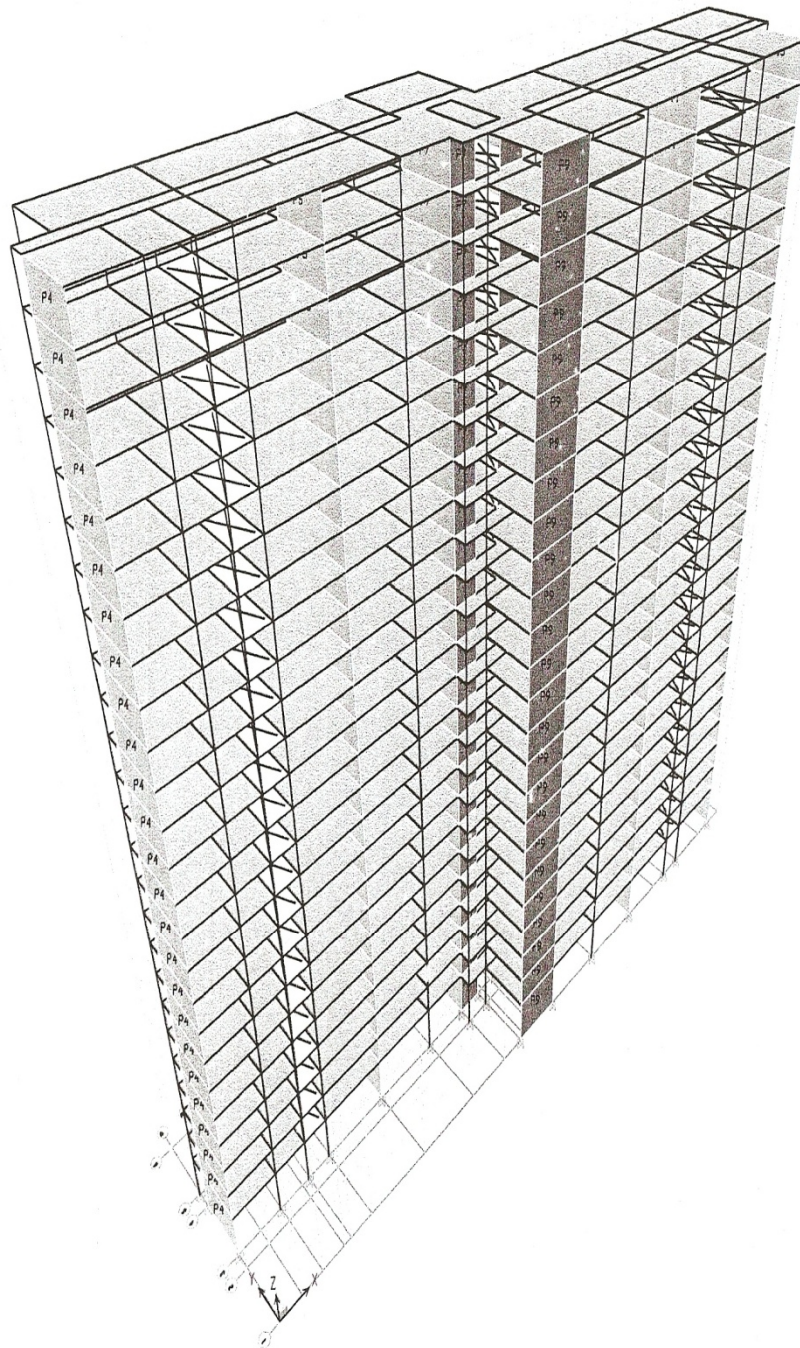
Juwana, Jimmy S., 2005, *Sistem Bangunan Tinggi*, Erlangga, Jakarta

Yoso W. Haryanto, 2006, *Analisis Dan Desain Struktur Menggunakan ETABS 8.45*.

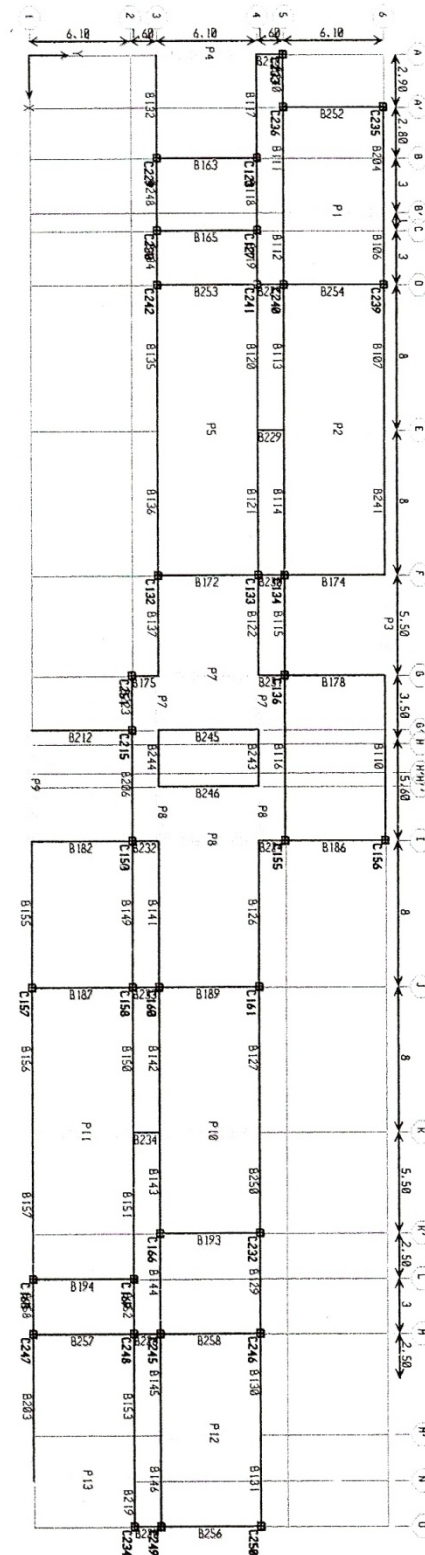
Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1981, *Pembebanan Indonesia Untuk Geding 1983*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bamdung.

Gurki, Sembiring Thambah J., 2004, *Beton Bertulang*, Rekayasa Sains, Bandung.

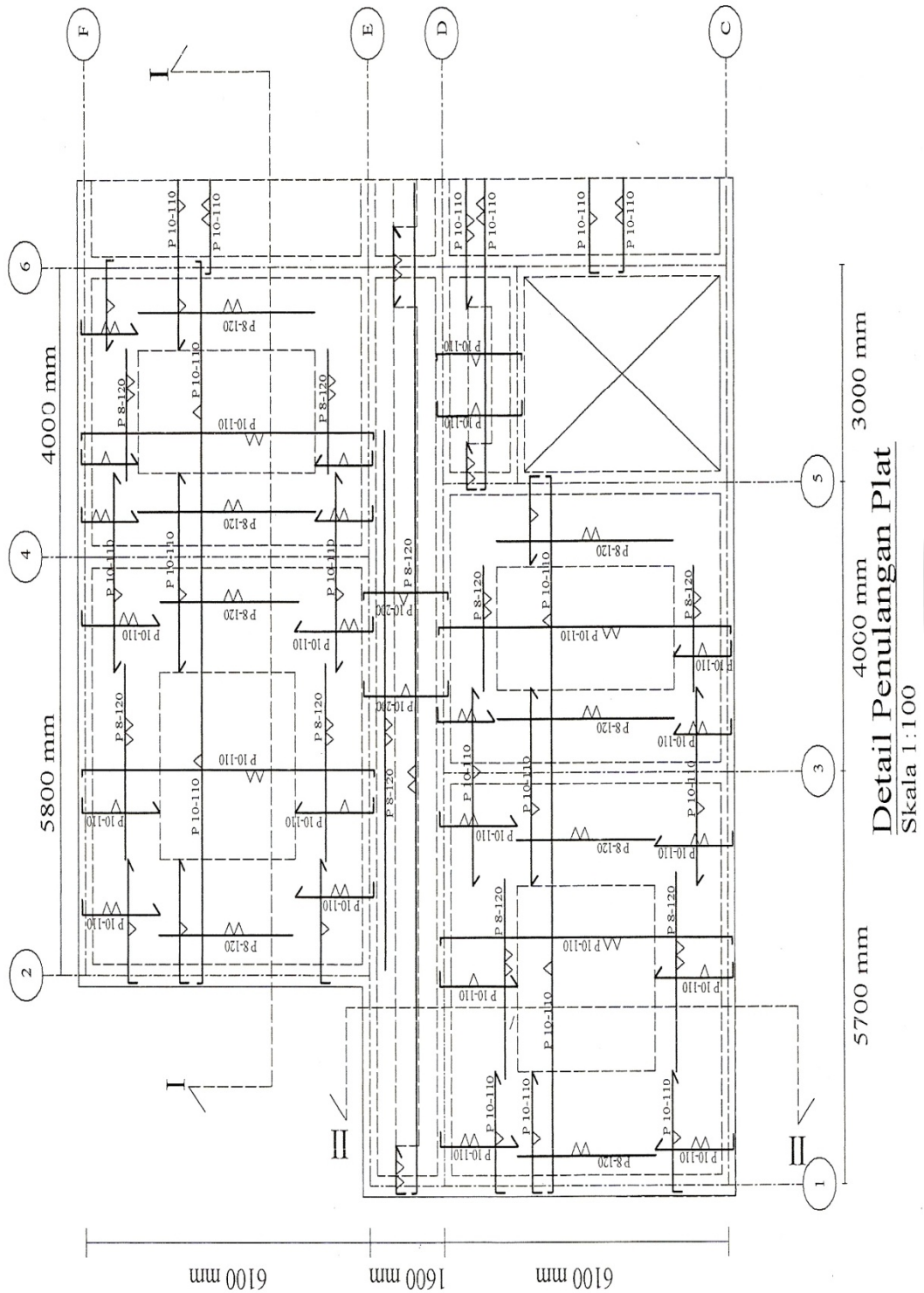


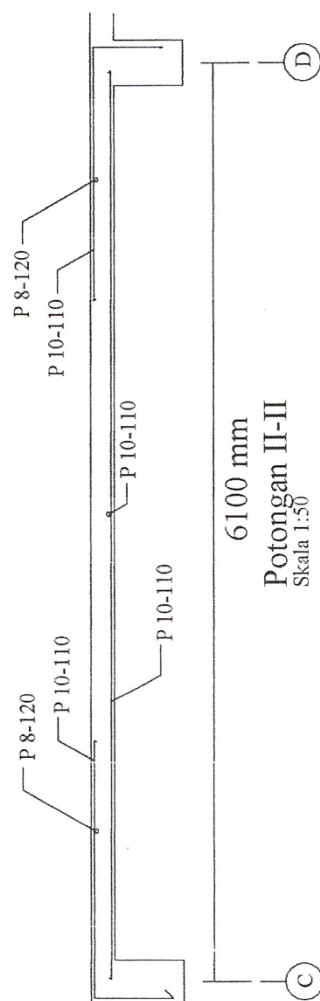
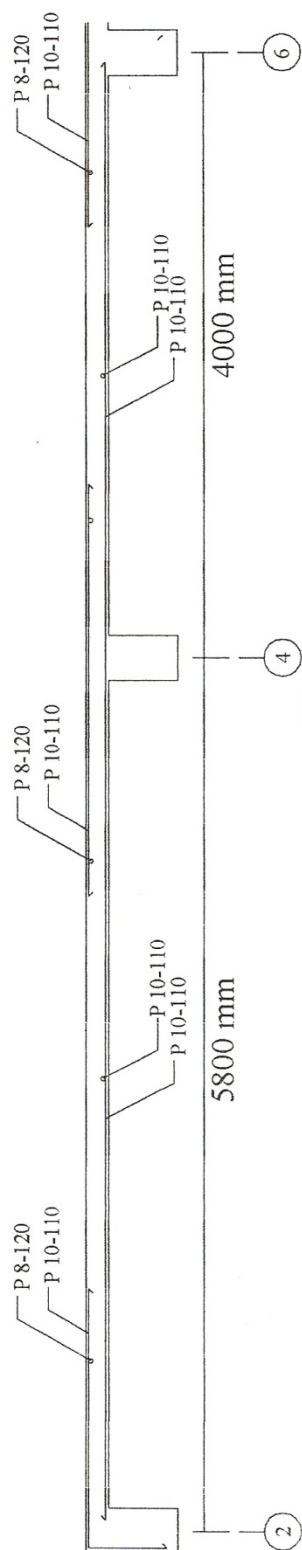


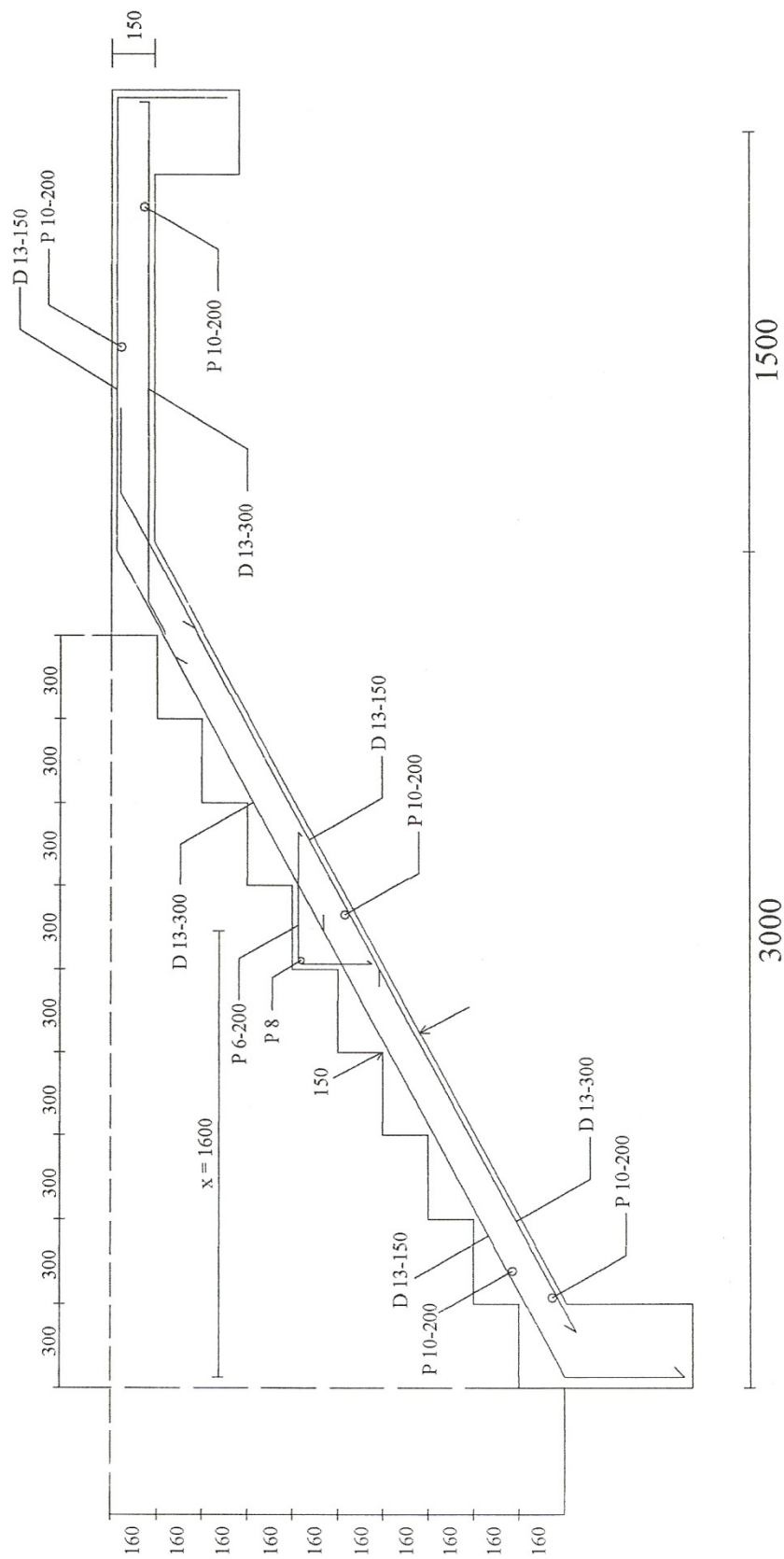
Tampak Tiga Dimensi



Denah Tipikal Lantai 1-25

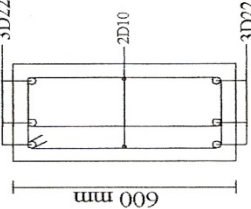
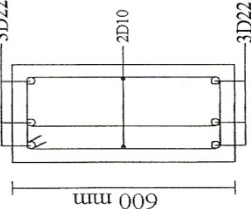
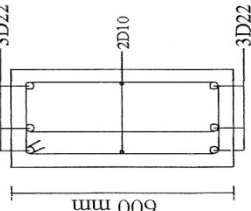


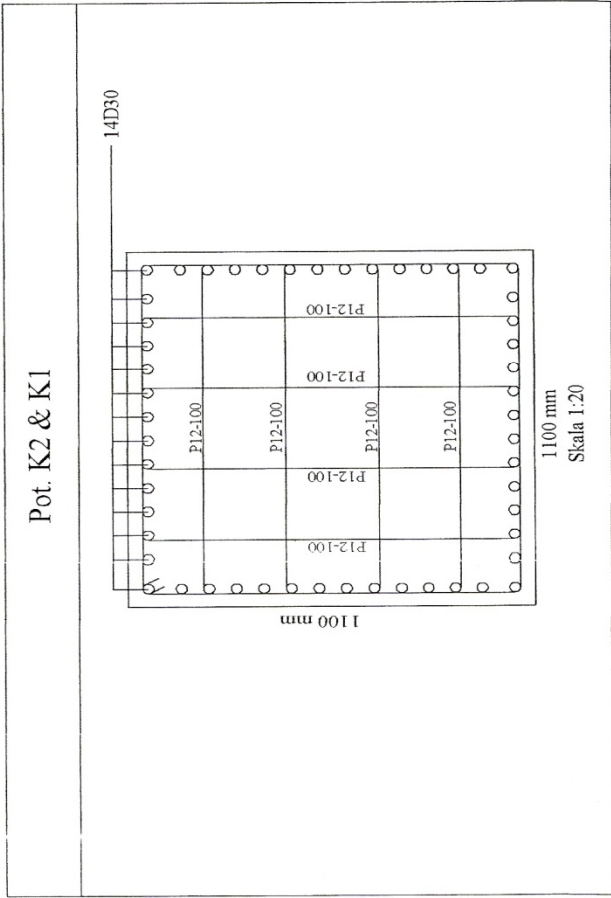
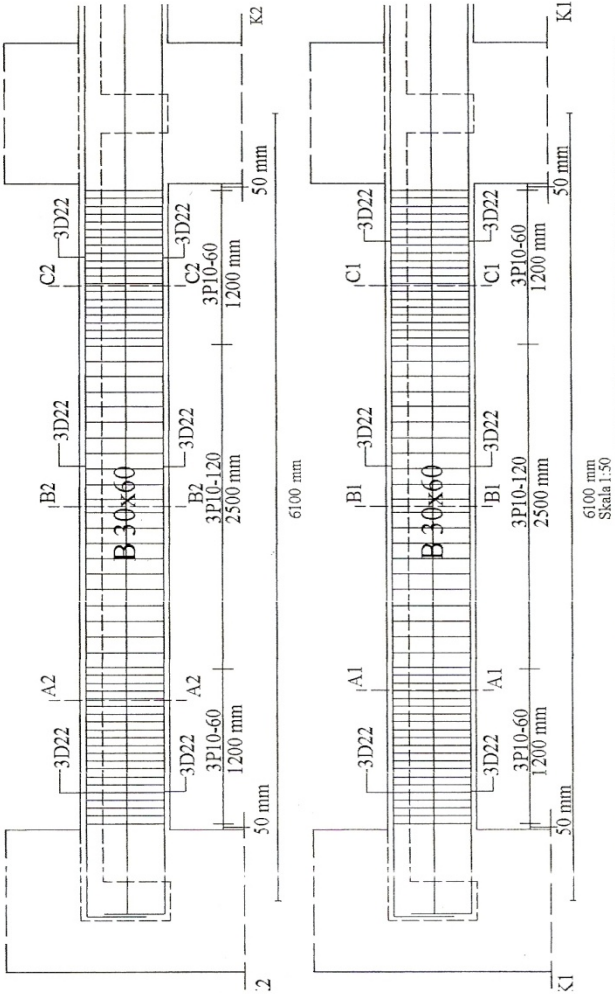


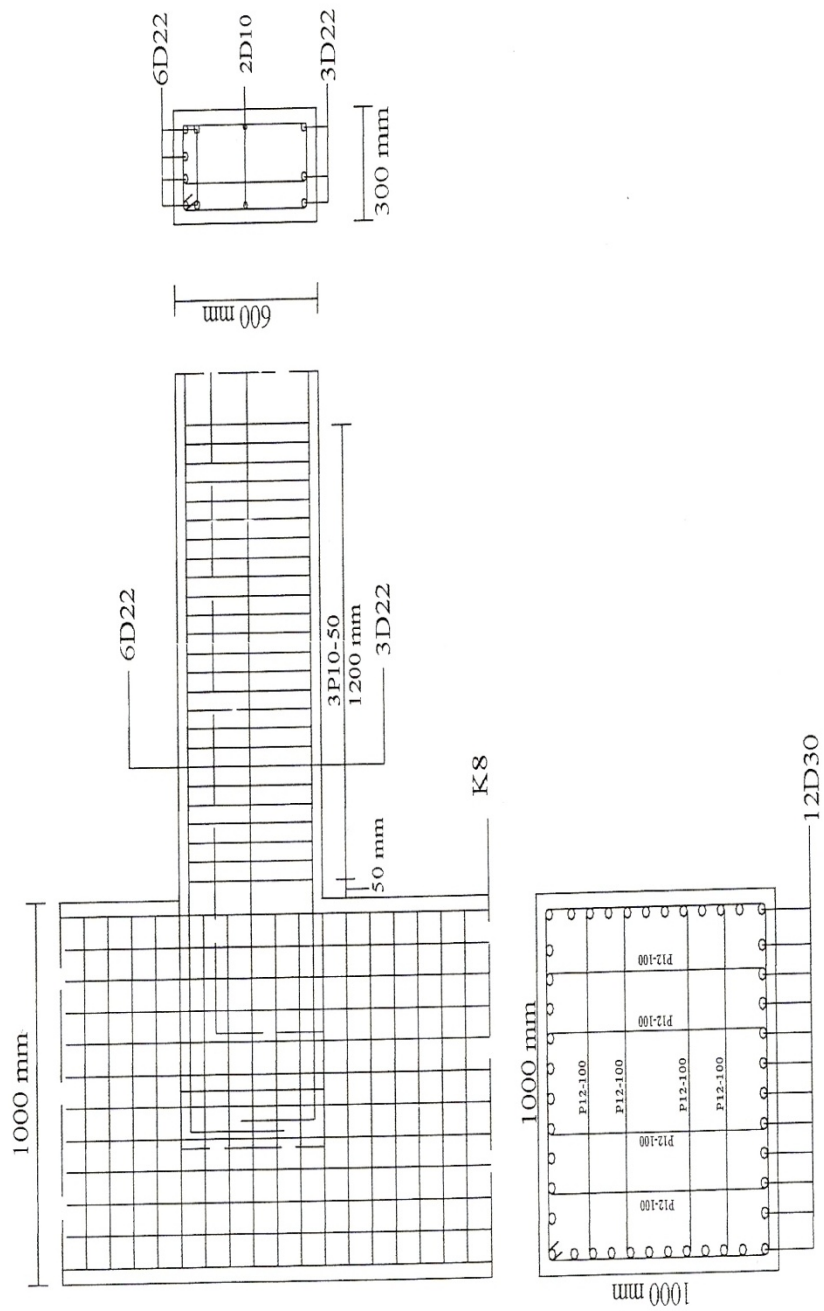


Detail Penulangan Tangga

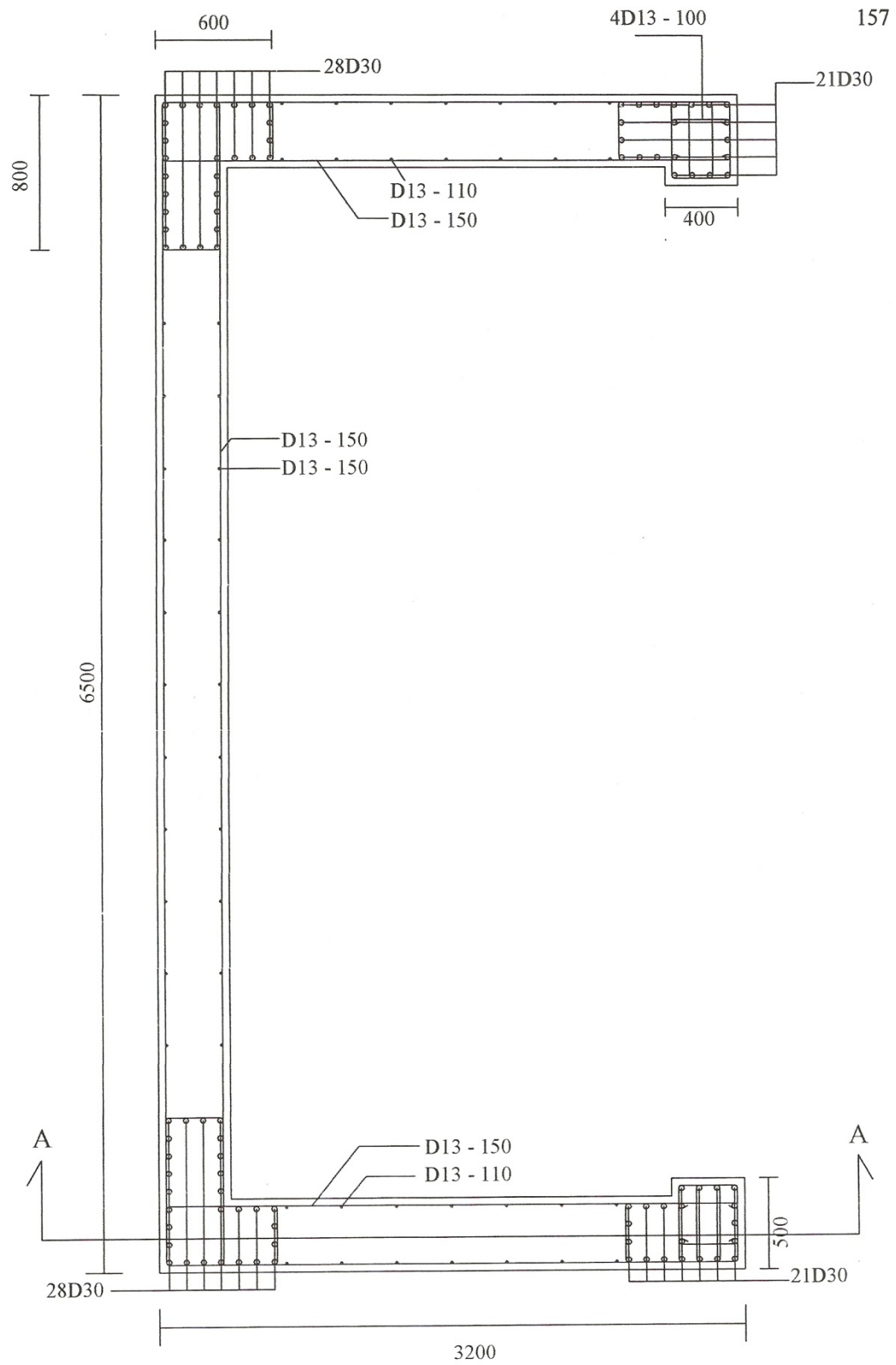
Skala 1:25

Pot. A2	Pot. B2	Pot. C2
 600 mm 300 mm Skala 1:20	 600 mm 300 mm Skala 1:20	 600 mm 300 mm Skala 1:20





Detail Sambungan Balok Kolom
Skala 1:25



Detail Penulangan Dinding Geser
Skala 1:25

