

BAB VI

DESAIN STRUKTUR BETON BERTULANG

6.1 Desain Struktur 10 Lantai

6.1.1 Desain Balok

1. Momen Rencana Balok di muka Kolom

Momen rencana balok diambil pada ujung balok atau as kolom yang dikurangi setengah dari dimensi kolom merupakan superposisi dari kombinasi antara beban mati, beban hidup, serta gaya gempa. Momen hasil dari perhitungan *SAP90* merupakan momen pada as kolom elemen struktur. Karena gaya gempa yang bekerja pada sisi kanan maupun sisi kiri dari sebuah bangunan adalah sama dan memiliki dimensi yang sama antara balok kanan dan kiri, maka perencanaan balok pada struktur sepuluh lantai cukup direncanakan satu kali yaitu sebelah kiri atau kanan.

6 0 2	6 1 0	
5 6 5	5 7 3	
5 2 8	5 3 6	
4 9 1	4 9 9	
4 5 4	4 6 2	
4 1 7	4 2 5	
3 8 0	3 8 8	
3 4 3	3 5 1	
3 0 6	3 1 4	
2 6 9	2 7 7	
I	II	III

Gambar 6.1 Portal arah Y (portal as-A)

Lantai	Elemen	Posisi	Momen balok untuk bentang 4m	
			as kolom	tepi kolom
1	269	tump.kiri	174.74	183.21
		tump.kanan	-433.74	-369.31
2	306	tump.kiri	192.06	198.72
		tump.kanan	-455.81	-389.57
3	343	tump.kiri	181.68	189.31
		tump.kanan	-445.24	-379.97
4	380	tump.kiri	157.82	167.58
		tump.kanan	-422.79	-359.64
5	417	tump.kiri	134.63	146.77
		tump.kanan	-394.28	-333.5
6	454	tump.kiri	96.33	108.86
		tump.kanan	-347.51	-304.37
7	491	tump.kiri	45.07	60.96
		tump.kanan	-301.64	-261.85
8	528	tump.kiri	-1.43	17.71
		tump.kanan	-253.74	-217.2
9	565	tump.kiri	-57.34	-42.03
		tump.kanan	-198.83	-177.02
10	602	tump.kiri	-40.69	-31.06
		tump.kanan	-101.33	-88.92

Tabel 6.1 Momen balok untuk bentang 4m di as kolom dan muka kolom

Contoh hitungan momen rencana balok dengan menggunakan redistribusi momen di muka kolom pada elemen 269. redistribusi maksimum yang diizinkan sebesar 30 % dari momen maksimum pada satu bentang.

$$M = \frac{(174,74 + 183,21)}{2} = 178,975 \text{ kN-m}$$

$$183,21 - 178,975 = 4,235 \text{ kN-m}$$

$$183,21 \cdot 30\% = 54,963 \text{ kN-m} > 15,255 \text{ kN-m}$$

maka dipakai redistribusi sebesar 20 % dari momen as kolom

2. Hitungan Tulangan Longitudinal

Perhitungan tulangan *longitudinal* balok berdasarkan pada momen perlu maksimum $M_{u,maks}$ yang bekerja pada balok yang ditinjau. Sebagai contoh hitungan

$$= 1401,094 \text{ mm}^2$$

$$- 0,00625 \cdot 350 \cdot 640,5$$

$$A_s = p \cdot b \cdot d$$

dari Tabel Gideon didapat $p = 0,00625$

$$K_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{267,530}{0,8 \cdot 0,35 \cdot 0,6405^2} = 2329,0359$$

$p'/p = 0,5$ (persyaratan gempa)

Tulangan tumpuan negatif

Diketahui bahwa $b = 350 \text{ mm}$ · $h = 700 \text{ mm}$ · $d = 640,5 \text{ mm}$

$$M^{\text{tumpuan}} = 249,620 \text{ kNm}$$

$$M^{\text{tumpuan}} = 267,530 \text{ kNm}$$

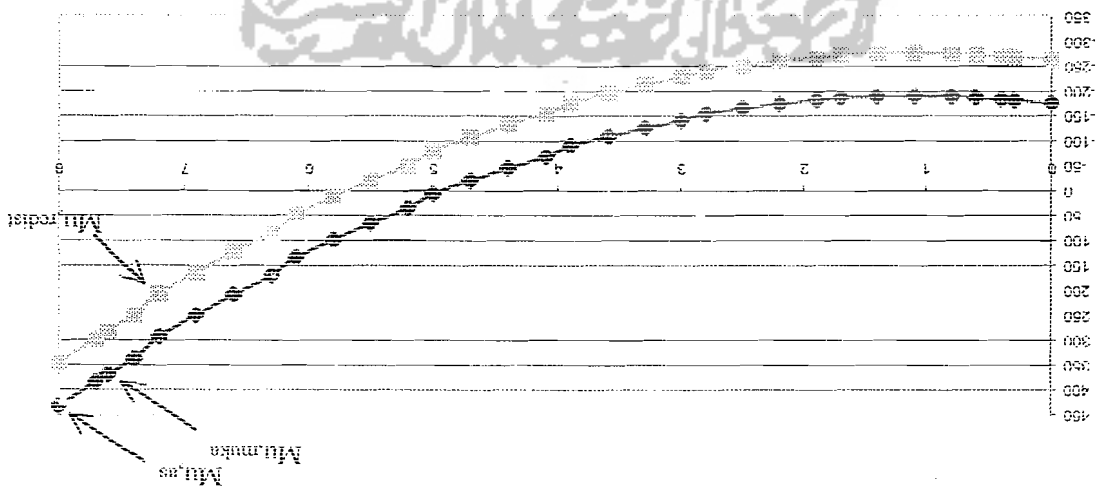
1. Balok lantai 1

perhitungan tulangan lentur menurut SKSNI-T-15-1991-03 (8).

Penulangan lentur balok-balok portal A untuk bentang 4m dihitung dengan

a. Tulangan Tumpuan

(gambar 6.2 Momen distribusi)



$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,5 \cdot A_s \\
 &= 0,5 \cdot 1401,094 \\
 &= 700,547 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan untuk tulangan tarik 5D19, $A_s = 1417,644 \text{ mm}^2$ sedangkan untuk tulangan tekan 3D19 dengan $A_s' = 850,586 \text{ mm}^2$.

Tulangan tumpuan positif

$$R_n = \frac{M_n}{b_w \cdot d^2} = \frac{249,620}{0,8 \cdot 0,350 \cdot 0,6405^2} = 2173,117$$

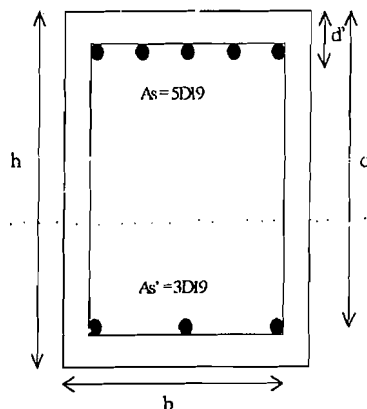
dari Tabel Gideon didapat $\rho = 0,0059$

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,0059 \cdot 350 \cdot 640,5 \\
 &= 1317,028 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,5 \cdot A_s \\
 &= 0,5 \cdot 1317,028 \\
 &= 658,514 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

jadi digunakan untuk tulangan tarik 5D19, $A_s = 1417,644 \text{ mm}^2$ sedangkan untuk tulangan tekan 3D19 dengan $A_s' = 850,586 \text{ mm}^2$.

Perhitungan kapasitas momen tahanan (momen nominal aktual)



a. Momen nominal aktual negatif

Diketahui : $h = 700 \text{ mm}$ $b = 350 \text{ mm}$ $d = 640,5 \text{ mm}$ $d' = 59,5 \text{ mm}$

Asumsikan tulangan baja desak telah mencapai leleh

$$a = \frac{(A_s - A_s')f_y}{(0,85 \cdot f_c')b} = \frac{A_s \cdot f_y}{(0,85 \cdot f_c')b} = \frac{567,058.400}{0,85 \cdot 25 \cdot 350} = 30,497 \text{ mm}$$

letak garis netral

$$a = \beta_1 \cdot c \Rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{30,497}{0,85} = 35,879 \text{ mm}$$

pemeriksaan regangan tulangan

pada tulangan tekan

$$\varepsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{35,879 - 59,5}{35,879} \cdot 0,003 = -0,0002 < \varepsilon_y = 0,002$$

karena $\varepsilon_y > \varepsilon_s'$, maka tulangan baja tarik telah luluh tetapi baja tekan belum. Dengan demikian, ternyata anggapan-anggapan pada langkah awal tidak benar, maka diperlukan mencari letak garis netral terlebih dahulu.

$$N_T = N_{D1} + N_{D2}$$

$$A_s \cdot f_y = (0,85 \cdot f_c') \cdot b \cdot a + f_s' \cdot A_s'$$

Sedangkan, $a = \beta_1 \cdot c$ dan $f_s' = \varepsilon_s' \cdot E = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 \cdot E_s$

Dengan melakukan beberapa substitusi didapatkan

$$A_s \cdot f_y = (0,85 \cdot f_c') \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c + 0,003 \cdot \frac{c - d'}{c} \cdot E_s \cdot A_s'$$

$$A_s \cdot f_y = (0,85 \cdot f_c') \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c + c \cdot 0,003 \cdot E_s \cdot A_s' - d' \cdot 0,003 \cdot E_s \cdot A_s' = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1) \cdot c^2 + (0,003 \cdot E_s \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - d' \cdot 0,003 \cdot E_s \cdot A_s' = 0$$

dengan memasukkan nilai $E = 200000 \text{ MPa}$, persamaan menjadi

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 \cdot d' \cdot A_s' = 0$$

$$\text{dimana } A_s = 1417,644 \text{ mm}^2 \quad A_s' = 850,586 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} \quad f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$b = 350 \text{ mm} \quad d' = 59,5 \text{ mm}$$

$$(0,85 \cdot 25 \cdot 350 \cdot 0,85) \cdot c + (600 \cdot 850,586 - 1417,644 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 59,5 \cdot 850,586 = 0$$

$$6321,875 c^2 - 56706 \cdot c - 30365920,2 = 0$$

$$c^2 - 8,97 \cdot c = 4803,309$$

$$c^2 - 8,97 \cdot c + (\frac{1}{2}(-8,97))^2 = 4803,309 + (\frac{1}{2}(-8,97))^2$$

$$c^2 - 8,97 \cdot c + 20,115 = 4823,424$$

$$(c - 4,485)^2 = 4823,424$$

$$c - 4,485 = 69,451$$

$$c = 73,936 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot 600 = \frac{73,936 - 59,5}{73,936} \cdot 600 = 117,15 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$$

dengan demikian berarti anggapan yang digunakan benar

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 73,936 = 62,846 \text{ mm}$$

$$N_{D1} = (0,85 \cdot f_c') \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 62,846 \cdot 350 \cdot 10^{-3} = 467,414 \text{ kN}$$

$$N_{D2} = A_s' \cdot f_s' = 850,586 \cdot 117,15 \cdot 10^{-3} = 99,646 \text{ kN}$$

$$N_D = N_{D1} + N_{D2} = 467,414 + 99,646 = 567,06 \text{ kN}$$

$$N_T = A_s \cdot f_y = 1417,644 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 567,06 \text{ kN}$$

$$M_{n1} = N_{D1} (Z_1) = N_{D1} (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 467,414 (640,5 - \frac{1}{2} \cdot 62,846) \cdot 10^{-3} = 284,691 \text{ kNm}$$

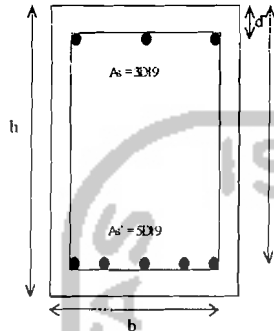
$$M_{n2} = N_{D2} (Z_2) = N_{D2} (d - d')$$

$$= 99,646 (640,5 - 59,5) \cdot 10^{-3} = 57,894 \text{ kNm}$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} = 284,691 + 57,894 = 342,585 \text{ kNm}$$

$$M_R = \phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 342,585 = 272,791 \text{ kNm}$$

b. Momen nominal aktual positif



$$A_s = 1417,644 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 850,586 \text{ mm}^2$$

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

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$d' = 59,5 \text{ mm}$$

$$(0,85 \cdot 25 \cdot 350 \cdot 0,85) \cdot c + (600 \cdot 7850,586 - 1417,644 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 59,5 \cdot 850,586 = 0$$

$$6321,875 c^2 - 56706 \cdot c - 30365920,2 = 0$$

$$c^2 - 8,97 \cdot c = 4803,309$$

$$c^2 - 8,97 \cdot c + (\frac{1}{2}(-8,97))^2 = 4803,309 + (\frac{1}{2}(-8,97))^2$$

$$c^2 - 8,97 \cdot c + 20,115 = 4823,424$$

$$(c - 4,485)^2 = 4823,424$$

$$c - 4,485 = 69,45$$

$$c = 73,936 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{c - d'}{c} \cdot 600 = \frac{73,936 - 59,5}{73,936} \cdot 600 = 117,15 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$$

dengan demikian berarti anggapan yang digunakan benar

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 73,936 = 62,846 \text{ mm}$$

$$N_{D1} = (0,85 \cdot f_c') \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 62,846 \cdot 350 \cdot 10^{-3} = 467,414 \text{ kN}$$

$$N_{D2} = A_s' \cdot f_s' = 850,586 \cdot 117,15 \cdot 10^{-3} = 99,646 \text{ kN}$$

$$N_D = N_{D1} + N_{D2} = 467,414 + 99,646 = 567,06 \text{ kN}$$

$$N_T = A_s \cdot f_y = 1417,644 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 567,06 \text{ kN}$$

$$M_{n1} = N_{D1} (Z_1) = N_{D1} (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 467,414 (640,5 - \frac{1}{2} \cdot 62,846) \cdot 10^{-3} = 284,691 \text{ kNm}$$

$$M_{n2} = N_{D2} (Z_2) = N_{D2} (d - d')$$

$$= 99,646 (640,5 - 59,5) \cdot 10^{-3} = 57,894 \text{ kNm}$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} = 284,691 + 57,894 = 341,31 \text{ kNm}$$

$$M_R = \phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 341,31 = 273,048 \text{ kNm}$$

b. Tulangan Lapangan

$$M^+_{\text{lapangan}} = 260,460 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_{ub}}{b \cdot d^2} = \frac{260,460}{0,8 \cdot 0,35 \cdot 0,6405^2} = 2267,487$$

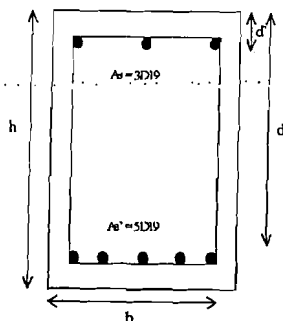
Dari Tabel Gideon $\rho'/\rho = 0,5$ didapat $\rho = 0,00613$

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

$$= 0,00613 \cdot 350 \cdot 640,5 = 1373,072 \text{ mm}^2$$

digunakan $A_s = 5D19 = 1417,644 \text{ mm}^2$, $A_s' = 3D19 = 850,856 \text{ mm}^2$

Menentukan momen nominal maksimum balok



dimana $h = 700 \text{ mm}$ $b = 350 \text{ mm}$ $d' = 59,5 \text{ mm}$ $d = 640,5 \text{ mm}$

Diasumsikan tulangan baja desak belum luluh

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1) c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 \cdot d' \cdot A_s' = 0$$

$$A_s = 1417,644 \text{ mm}^2 \quad A_s' = 850,586 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} \quad f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$b = 350 \text{ mm} \quad d' = 59,5 \text{ mm}$$

$$(0,85 \cdot 25 \cdot 350 \cdot 0,85) \cdot c + (600 \cdot 850,586 - 1417,644 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 59,5 \cdot 850,586 = 0$$

$$6321,875 c^2 - 56706 \cdot c - 30365920,2 = 0$$

$$c^2 - 8,97 \cdot c = 4803,309$$

$$c^2 - 8,97 \cdot c + (\frac{1}{2}(-8,97))^2 = 4803,309 + (\frac{1}{2}(-8,97))^2$$

$$c^2 - 8,97 \cdot c + 20,115 = 4823,424$$

$$(c - 4,485)^2 = 4823,424$$

$$c - 4,485 = 69,151$$

$$c = 73,936 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot 600 = \frac{73,936 - 59,5}{73,936} \cdot 600 = 117,15 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$$

dengan demikian berarti anggapan yang digunakan benar

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 73,936 = 62,846 \text{ mm}$$

$$N_{D1} = (0,85 \cdot f_c') \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 62,846 \cdot 350 \cdot 10^{-3} = 467,414 \text{ kN}$$

$$N_{D2} = A_s' \cdot f_s' = 850,586 \cdot 117,15 \cdot 10^{-3} = 99,646 \text{ kN}$$

$$N_D = N_{D1} + N_{D2} = 467,414 + 99,646 = 567,06 \text{ kN}$$

$$N_T = A_s \cdot f_y = 1417,644 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 567,06 \text{ kN}$$

$$M_{n1} = N_{D1} (Z_1) = N_{D1} (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 467,414 (640,5 - \frac{1}{2} \cdot 62,846) \cdot 10^{-3} = 284,691 \text{ kNm}$$

$$M_{u2} = N_{D2}(Z_2) = N_{D2}(d - d')$$

$$= 99,646 (640,5 - 59,5) \cdot 10^{-3} = 57,894 \text{ kNm}$$

$$M_u = M_{u1} + M_{u2} = 284,691 + 57,894 = 341,0963 \text{ kNm}$$

$$M_R = \phi \cdot M_u = 0,8 \cdot 341,0963 = 272,877 \text{ kNm}$$

Tabel 6.2 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 4m pada portal as-A dengan menggunakan beban penuh

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)	
			M_u^-	M_u^+	$A_{s\text{perlu}}$	Terpasang	$A_{s\text{perlu}}$	Terpasang	M_R^-	M_R^+
1	350x700	Tump.	267.530	249.620	1401.094	5D19	1317.028	5D19	272.791	273.048
		Lap.		260.460			1373.072	5D19		272.877
2	350x700	Tump.	281.180	267.373	1485.159	6D19	1401.094	5D19	327.042	272.791
		Lap.		274.790			1429.116	6D19		327.247
3	350x700	Tump.	270.050	258.870	1401.094	5D19	1345.050	5D19	272.791	272.962
		Lap.		268.270			1401.094	5D19		272.791
4	350x700	Tump.	255.110	232.663	1345.050	5D19	1204.941	5D19	272.962	273.390
		Lap.		247.600			1289.006	5D19		273.133
5	350x700	Tump.	236.270	206.423	1232.963	5D19	1092.853	4D19	273.304	218.985
		Lap.		228.720			1204.941	5D19		273.390
6	350x700	Tump.	212.780	185.970	1120.875	4D19	868.678	4D19	218.917	219.532
		Lap.		207.070			1092.853	4D19		218.985
7	350x700	Tump.	182.660	109.630	952.744	4D19	588.459	3D19	219.327	165.162
		Lap.		174.160			924.722	4D19		219.395
8	350x700	Tump.	151.380	57.870	784.613	3D19	392.306	2D19	164.803	110.347
		Lap.		149.390			784.613	3D19		164.803
9	350x700	Tump.	128.800	-	672.525	3D19	336.263	2D19	165.008	110.416
		Lap.		123.110			644.503	3D19		165.059
10	350x700	Tump.	69.828	-	364.284	2D19	196.152	2D19	110.361	110.586
		Lap.		66.802			364.284	2D19		110.361

Tabel 6.3 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 4m pada

portal as-D dengan menggunakan beban penuh

Dimensi Lantai	Salok (mm)	Posisi	Momen Perlu		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
			M _u (kNm)	M _v (kNm)	As _{perlu} Terpasang	As _{perlu} Terpasang	As _{perlu} Terpasang	As _{perlu} Terpasang	
1	350x700	Tump.	288.800	231.573	1513,181	6D19	1204,941	5D19	273,390
		Lap.	285,210		1485,159	6D19			327,042
2	350x700	Tump.	300,380	246,813	1559,225	6D19	1289,006	5D19	273,133
		Lap.	294,630		1541,203	6D19			326,837
3	350x700	Tump.	290,360	235,030	1513,181	6D19	1232,963	5D19	273,304
		Lap.	287,540		1513,181	6D19			326,839
4	350x700	Tump.	275,220	207,083	1429,116	6D19	1092,853	4D19	218,985
		Lap.	270,310		1401,094	5D19			272,791
5	350x700	Tump.	258,720	179,237	1345,050	5D19	924,722	4D19	219,395
		Lap.	253,990		1317,028	5D19			273,048
6	350x700	Tump.	241,590	134,890	1260,984	5D19	700,547	3D19	164,957
		Lap.	238,000		1232,963	5D19			273,304
7	350x700	Tump.	214,080	73,750	1120,875	4D19	560,458	2D19	110,142
		Lap.	207,030		1092,853	4D19			218,985
8	350x700	Tump.	187,940	18,330	980,766	4D19	504,394	2D19	110,210
		Lap.	182,650		952,744	4D19			219,327
9	350x700	Tump.	166,680	-	868,678	4D19	448,350	2D19	110,279
		Lap.	162,060		840,656	3D19			164,700
10	350x700	Tump.	107,710	-	560,438	2D19	280,219	2D19	110,484
		Lap.	101,940		532,416	2D19			110,176

Tabel 6.4 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 4m pada

portal as-I dengan menggunakan beban penuh

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)			Tulangan Atas			Tulangan Bawah			Momen Tahanan (kNm)
			M _u ⁺	M _u ⁻	M _u ⁺	As _{perlu}	As _{pasang}	As _{perlu}	As _{pasang}	As _{perlu}	As _{pasang}	
1	300x450	Tump.	75.310	70.780	661.900	4D16	617.400	4D16	602.700	4D16	92.086	92.175
			Lap.	68.780								
2	300x450	Tump.	73.857	69.863	646.800	4D16	617.400	4D16	602.700	4D16	92.116	92.175
			Lap.	67.963								
3	300x450	Tump.	69.845	64.435	617.400	4D16	573.300	3D16	558.600	3D16	92.175	69.198
			Lap.	62.905								
4	300x450	Tump.	64.005	56.845	558.600	3D16	499.800	3D16	499.800	3D16	69.220	69.309
			Lap.	55.865								
5	300x450	Tump.	57.571	48.139	514.900	3D16	426.300	3D16	426.300	3D16	69.287	69.421
			Lap.	47.759								
6	300x450	Tump.	47.470	36.740	411.600	3D16	338.100	3D16	352.800	2D16	69.443	46.369
			Lap.	39.220								
7	300x450	Tump.	37.528	27.412	338.100	2D16	249.900	2D16	264.600	2D16	46.369	46.458
			Lap.	30.502								
8	300x450	Tump.	29.760	15.610	264.600	2D16	147.000	2D16	205.800	2D16	46.444	46.462
			Lap.	23.270								
9	300x450	Tump.	17.286	-	161.700	2D16	88.200	2D16	147.000	2D16	46.548	46.621
			Lap.	15.844								
10	300x450	Tump.	10.550	-	102.900	2D16	58.800	2D16	73.900	2D16	46.607	46.651
			Lap.	8.500								

Tabel 6.5 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 4m pada

portal as-II dengan menggunakan beban penuh

Lantai	Dimensi	Balok	Posisi	Momen Perdu		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan	
				M _r ⁺	M _r ⁻	As _{perlu}	As _{pasang}	As _{perlu}	As _{pasang}	M _r ⁺	M _r ⁻
1	300x450		Tump.	66.266	63.094	588.000	3D16	558.600	3D16	69.176	69.220
			Lap.			62.664	3D16	558.600	3D16		69.220
2	300x450		Tump.	64.149	60.911	558.600	3D16	543.900	3D16	69.220	69.243
			Lap.			60.671	3D16	529.200	3D16		69.265
3	300x450		Tump.	58.296	56.084	514.600	3D16	499.800	3D16	69.267	69.309
			Lap.			56.304	3D16	499.800	3D16		69.309
4	300x450		Tump.	52.528	47.732	470.400	3D16	426.300	3D16	69.354	69.421
			Lap.			48.932	3D16	428.300	3D16		69.421
5	300x450		Tump.	46.178	39.682	396.900	2D16	352.800	2D16	46.310	46.355
			Lap.			42.872	2D16	382.200	2D16		46.325
6	300x450		Tump.	43.551	27.519	382.200	2D16	249.900	2D16	46.325	46.458
			Lap.			37.868	2D16	338.100	2D16		46.369
7	300x450		Tump.	36.053	13.407	308.700	2D16	161.700	2D16	46.399	46.548
			Lap.			30.017	2D16	284.800	2D16		46.444
8	300x450		Tump.	27.888	0.762	249.900	2D16	132.300	2D16	46.458	46.577
			Lap.			24.732	2D16	220.900	2D16		46.488
9	300x450		Tump.	20.360	-	176.400	2D16	88.200	2D16	46.522	46.622
			Lap.			17.490	2D16	161.700	2D16		46.548
10	300x450		Tump.	19.303	0.517	176.400	2D16	88.200	2D16	46.533	46.622
			Lap.			18.127	2D16	101.700	2D16		46.548

Tabel 6.6 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 4m pada portal as-A dengan menggunakan beban papan catur

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Portal (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
			M _u ⁺	M _u ⁻	Aspasng	Terpasang	Aspasng	Terpasang	
1	350x700	Lap.	257,890				1345,050	5D19	272,962
		Tump.	269,080	258,660	1878,072	5D19	1317,028	5D19	272,877
2	350x700	Lap.	274,200				1429,116	6D19	327,247
		Tump.	277,330	272,057	1457,138	6D19	1429,116	6D19	327,145
3	350x700	Lap.	263,000				1373,072	6D19	272,877
		Tump.	269,960	260,453	1401,094	5D19	1373,072	5D19	272,791
4	350x700	Lap.	245,300				1289,008	5D19	273,133
		Tump.	229,430	215,270	1204,941	5D19	1120,875	4D19	273,390
5	350x700	Lap.	227,770				1204,941	5D19	273,390
		Tump.	208,100	172,100	1092,853	4D19	898,700	4D19	219,464
6	350x700	Lap.	200,140				1036,809	4D19	219,122
		Tump.	175,430	118,950	924,722	4D19	616,481	3D19	165,111
7	350x700	Lap.	167,660				868,678	4D19	219,532
		Tump.	140,070	64,860	756,591	3D19	110,347	2D19	164,864
8	350x700	Lap.	139,300				728,669	3D19	164,905
		Tump.	118,580	-	616,481	3D19	308,241	2D19	165,111
9	350x700	Lap.	115,270				616,481	3D19	165,111
		Tump.	67,091	-	364,284	2D19	196,158	2D19	110,586
10	350x700	Lap.	63,029				336,268	2D19	110,416

Tabel 6.7 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 4m pada

portal as-D dengan menggunakan beban papan catur

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
			M _u ⁺	M _u ⁻	As _{perlu}	As _{pasang}	As _{perlu}	As _{pasang}	
1	350x700	Lap.	276.620	1485.159	6D19	1232.963	6D19	327.042	273.304
		Tump.	294.733	1485.159	6D19	1232.963	5D19	327.042	273.304
2	350x700	Lap.	254.600	1541.203	6D19	1345.050	5D19	326.837	272.962
		Tump.	293.080	1541.203	6D19	1345.050	5D19	326.837	272.962
3	350x700	Lap.	290.430	1485.159	6D19	1260.984	6D19	327.042	273.219
		Tump.	285.250	1485.159	6D19	1260.984	6D19	327.042	273.219
4	350x700	Lap.	263.170	1401.094	5D19	1120.875	4D19	272.791	218.917
		Tump.	270.190	1401.094	5D19	1120.875	4D19	272.791	218.917
5	350x700	Lap.	187.493	1317.028	5D19	980.766	4D19	273.048	219.259
		Tump.	251.810	1317.028	5D19	980.766	4D19	273.048	219.259
6	350x700	Lap.	230.580	1232.963	5D19	756.591	3D19	273.304	164.854
		Tump.	233.960	1232.963	5D19	756.591	3D19	273.304	164.854
7	350x700	Lap.	201.190	1064.831	4D19	532.416	2D19	219.054	110.176
		Tump.	203.740	1064.831	4D19	532.416	2D19	219.054	110.176
8	350x700	Lap.	175.550	924.722	4D19	476.372	2D19	219.395	110.245
		Tump.	177.770	924.722	4D19	476.372	2D19	219.395	110.245
9	350x700	Lap.	-	812.634	3D19	420.328	2D19	164.752	110.319
		Tump.	157.850	812.634	3D19	420.328	2D19	164.752	110.319
10	350x700	Lap.	152.640	532.416	2D19	280.219	2D19	110.176	110.484
		Tump.	103.360	532.416	2D19	280.219	2D19	110.176	110.484

Tabel 6.8 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 4m pada

portal as-I dengan menggunakan bahan papan catur

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)	
			M ₊	M ₋	As _{perlu}	Terpasang	As _{perlu}	Terpasang	M ₊	M ₋
1	300x450	Tump.	72.862	71.318	644.800	4D16	632.100	4D16	92.116	92.146
		Lap.		69.396	617.400	4D16	617.400	4D16		92.175
2	300x450	Tump.	75.246	72.764	661.500	4D16	646.800	4D16	92.086	92.116
		Lap.		70.254	617.400	4D16	617.400	4D16		92.175
3	300x450	Tump.	71.944	70.126	632.100	4D16	617.400	4D16	92.146	92.175
		Lap.		68.296	602.700	3D16	602.700	3D16		69.154
4	300x450	Tump.	67.407	64.343	588.000	3D16	573.300	3D16	69.176	69.198
		Lap.		62.483	543.400	3D16	543.400	3D16		69.243
5	300x450	Tump.	61.846	56.524	543.400	3D16	499.800	3D16	69.243	69.309
		Lap.		55.634	485.100	3D16	485.100	3D16		69.332
6	300x450	Tump.	51.578	49.112	455.700	3D16	426.300	3D16	69.376	69.421
		Lap.		48.502	426.300	3D16	426.300	3D16		69.421
7	300x450	Tump.	43.680	36.480	362.200	2D16	336.100	2D16	46.325	46.359
		Lap.		39.290	352.800	2D16	352.800	2D16		46.355
8	300x450	Tump.	39.657	28.453	294.000	2D16	249.900	2D16	46.414	46.458
		Lap.		30.443	264.600	2D16	264.600	2D16		46.444
9	300x450	Tump.	23.462	10.238	205.800	2D16	102.900	2D16	46.503	46.507
		Lap.		21.278	181.100	2D16	181.100	2D16		46.518
10	300x450	Tump.	11.604	0.956	102.400	2D16	58.800	2D16	46.607	46.651
		Lap.		10.726	102.400	2D16	102.400	2D16		40.607

Tabel 6.9 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 4m pada

portal as-II dengan menggunakan beban papan catur

Dimensi	Balok	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
			M ₊	M ₋	As _{perlu}	Terpasang	As _{perlu}	Terpasang	
1	300x450	Tump.	70.548	73.632	646.800	4D16	617.400	4D16	92.175
			70.448		617.400	4D16	617.400	4D16	92.175
2	300x450	Tump.	71.940	76.070	676.200	4D16	632.100	4D16	92.146
			70.200		617.400	4D16	617.400	4D16	92.175
3	300x450	Tump.	68.318	72.752	646.800	4D16	617.400	4D16	92.175
			69.298		617.400	4D16	617.400	4D16	92.175
4	300x450	Tump.	64.910	66.840	588.000	3D16	573.300	3D16	69.198
			64.430		573.300	3D16	573.300	3D16	69.198
5	300x450	Tump.	57.509	60.861	529.200	3D16	499.800	3D16	69.308
			58.899		514.500	3D16	514.500	3D16	69.287
6	300x450	Tump.	48.248	52.452	455.700	3D16	426.300	3D16	69.421
			49.358		441.000	3D16	441.000	3D16	69.398
7	300x450	Tump.	36.313	46.847	411.000	3D16	308.700	2D16	46.399
			42.513		382.200	2D16	382.200	2D16	46.325
8	300x450	Tump.	24.365	37.745	338.100	2D16	220.500	2D16	46.488
			32.195		279.300	2D16	279.300	2D16	46.429
9	300x450	Tump.	4.820	28.880	249.900	2D16	132.300	2D16	46.577
			26.760		235.200	2D16	235.200	2D16	46.473
10	300x450	Tump.	-	16.504	147.000	2D16	73.500	2D16	46.637
			14.756		132.300	2D16	132.300	2D16	46.577

Tabel 6.10 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 6m

pada portal as-A dengan menggunakan beban penuh

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perdu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
			M _r ⁺	M _r ⁻	As _{perdu}	As _{perdu}	As _{perdu}	As _{perdu}	
1	350x700	Tump.	331,670	294,211	1733,290	5D22	1537,590	5D22	363,010
		Lap.		214,087	1118,250	3D22			219,315
2	350x700	Tump.	357,510	321,073	1873,070	5D22	1677,360	5D22	363,239
		Lap.		221,490	1174,160	4D22			292,237
3	350x700	Tump.	356,580	319,581	1873,070	5D22	1677,360	5D22	363,239
		Lap.		221,091	1174,160	4D22			292,237
4	350x700	Tump.	344,860	301,456	1817,160	5D22	1593,510	5D22	363,582
		Lap.		217,275	1146,210	4D22			292,328
5	350x700	Tump.	313,040	282,493	1649,420	5D22	1481,680	4D22	291,231
		Lap.		225,632	1174,160	4D22			292,237
6	350x700	Tump.	279,910	233,956	1481,680	4D22	1230,080	4D22	292,054
		Lap.		226,835	1202,120	4D22			292,146
7	350x700	Tump.	249,330	185,454	1313,940	4D22	978,489	3D22	219,658
		Lap.		213,234	1118,250	3D22			219,315
8	350x700	Tump.	212,290	127,406	1118,250	3D22	670,950	2D22	146,942
		Lap.		190,900	1034,380	3D22			219,521
9	350x700	Tump.	183,290	44,015	950,513	3D22	475,253	2D22	147,262
		Lap.		171,792	894,600	3D22			219,864
10	350x700	Tump.	91,380	20,110	475,256	2D22	251,606	2D22	147,262
		Lap.		76,053					147,353

Tabel 6.12 Tulangan *longitudinal* dan tahanan di muka kolom untuk bentang 6m pada portal as-I dengan menggunakan beban penuh

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)	
			M _u ⁻	M _u ⁺	A _s perlu	Terpasang	A _s perlu	Terpasang	M _r ⁻	M _r ⁺
1	300x600	Tump.	377.199	336.953	2418.750	5D25	2136.563	5D25	382.708	384.447
		Lap.		134.339			346.563	2D25		156.957
2	300x600	Tump.	366.847	325.252	2336.125	5D25	2076.094	5D25	363.205	364.819
		Lap.		133.818			346.563	2D25		156.957
3	300x600	Tump.	353.128	310.319	2257.500	5D25	1975.313	5D25	383.702	385.440
		Lap.		132.967			346.563	2D25		156.957
4	300x600	Tump.	335.934	291.242	2136.563	5D25	1654.376	4D25	364.447	308.948
		Lap.		132.093			326.406	2D25		157.007
5	300x600	Tump.	314.045	267.096	1995.469	5D25	1693.125	4D25	385.316	309.743
		Lap.		130.899			826.406	2D25		157.007
6	300x600	Tump.	285.551	250.281	1814.063	4D25	1592.344	4D25	309.147	310.239
		Lap.		139.149			886.875	2D25		156.658
7	300x600	Tump.	217.368	175.803	1370.625	3D25	1108.594	3D25	233.499	234.467
		Lap.		138.803			666.719	2D25		156.908
8	300x600	Tump.	216.531	180.498	1370.625	3D25	1148.906	3D25	233.499	234.318
		Lap.		138.443			866.719	2D25		156.908
9	300x600	Tump.	174.493	131.983	1108.594	3D25	826.406	2D25	234.467	157.007
		Lap.		137.992			666.719	2D25		156.908
10	300x600	Tump.	107.046	57.161	685.313	2D25	362.813	2D25	157.355	158.143
		Lap.		81.769			524.063	2D25		157.792

Tabel 6.13 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 6m

pada portal as-II dengan menggunakan beban penuh

Dimensi	Balok	Lantai	Posisi	Momen Perlu		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan	
				M _u (kNm)	M _r (kNm)	As _{perlu}	Tersasang	As _{perlu}	Tersasang	M _r (kNm)	M _r (kNm)
300x600	1		Tump.	450.610	442.171	2902.500	6D25	2842.031	6D25	455.674	456.121
				Lap.	262.796	1672.969	4D25	309.842			
300x600	2		Tump.	441.020	430.119	2821.875	6D25	2761.406	6D25	456.270	456.717
				Lap.	261.784	1652.813	4D25	309.941			
300x600	3		Tump.	427.830	414.293	2741.250	6D25	2660.625	6D25	456.866	457.462
				Lap.	260.142	1652.513	4D25	309.941			
300x600	4		Tump.	411.570	394.349	2640.469	6D25	2519.531	6D25	457.611	458.505
				Lap.	258.363	1632.656	4D25	310.041			
300x600	5		Tump.	390.810	369.013	2499.375	6D25	2358.281	5D25	458.654	383.081
				Lap.	256.001	1612.500	4D25	310.140			
300x600	6		Tump.	373.360	341.021	2378.438	5D25	2176.875	5D25	382.957	384.198
				Lap.	253.986	1612.500	4D25	310.140			
300x600	7		Tump.	345.180	306.060	2197.031	5D25	1955.156	4D25	384.074	309.451
				Lap.	251.115	1592.344	4D25	310.239			
300x600	8		Tump.	304.850	272.316	1935.000	4D25	1733.438	4D25	308.551	309.544
				Lap.	254.165	1612.500	4D25	310.140			
300x600	9		Tump.	267.330	217.949	1693.125	4D25	1370.625	3D25	309.743	233.489
				Lap.	248.868	1572.188	4D25	310.339			
300x600	10		Tump.	186.270	87.158	1169.063	3D25	624.844	2D25	234.244	157.504
				Lap.	143.130	143.130		156.808			

Tabel 6.14 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 6m pada portal as-A dengan menggunakan beban papan catur

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)	
			M_u^-	M_u^+	Asperlu	Terpasang	Asperlu	Terpasang	M_R^-	M_R^+
1	350x700	Tump.	442,233	196,535	2342,810	5D25	1171,410	3D25	463,778	281,978
		Lap.		103,524			557,813	2D25		189,281
2	350x700	Tump.	476,676	213,239	2538,050	6D25	1256,080	3D25	555,296	281,713
		Lap.		102,324			529,922	2D25		189,340
3	350x700	Tump.	475,435	202,300	2510,160	6D25	1255,080	3D25	555,473	281,713
		Lap.		102,336			557,813	2D25		189,281
4	350x700	Tump.	459,811	192,141	2426,480	5D25	1199,300	3D25	463,336	281,889
		Lap.		102,324			529,922	2D25		189,340
5	350x700	Tump.	454,776	165,009	2314,920	5D25	1143,520	3D25	463,925	262,066
		Lap.		103,896			557,813	2D25		189,281
6	350x700	Tump.	399,877	117,217	2119,690	5D25	1059,840	3D25	464,956	282,331
		Lap.		106,868			557,813	2D25		109,201
7	350x700	Tump.	356,188	78,596	1868,670	4D25	946,281	2D25	373,025	188,456
		Lap.		106,376			557,813	2D25		189,281
8	350x700	Tump.	303,274	36,422	1589,770	4D25	808,828	2D25	374,203	188,751
		Lap.		107,989			585,703	2D25		189,222
9	350x700	Tump.	244,886	35,472	1282,970	3D25	641,484	2D25	201,024	189,104
		Lap.		110,696			585,703	2D25		189,222
10	350x700	Tump.	144,225	-	613,594	2D25	306,797	2D25	189,163	189,811
		Lap.		53,208			278,906	2D25		189,870

Tabel 6.15 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 6m

pada portal as-D dengan menggunakan beban papan catur

Lantai	Balok	Dimensi (mm)	Posisi	Momen Perlu		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)	
				M _u	M _v	As _{perlu}	Tersasang	As _{perlu}	Tersasang		
1	350x700		Tump.	444,874	184,987	2342,810	5D25	1171,410	3D25	463,778	281,978
				Lap.	113,036		613,594	2D25	613,594	2D25	189,163
2	350x700		Tump.	480,089	204,668	2538,050	6D25	1255,080	3D25	555,296	281,713
				Lap.	111,720		585,703	2D25	585,703	2D25	189,222
3	350x700		Tump.	479,476	202,029	2538,050	6D25	1255,080	3D25	555,296	281,713
				Lap.	111,716		585,703	2D25	585,703	2D25	189,222
4	350x700		Tump.	464,431	188,387	2454,380	6D25	1227,190	3D25	555,826	281,801
				Lap.	111,692		585,703	2D25	585,703	2D25	189,222
5	350x700		Tump.	439,723	163,083	2314,920	6D25	1171,410	3D25	463,925	281,978
				Lap.	113,384		613,594	2D25	613,594	2D25	189,163
6	350x700		Tump.	405,324	117,816	2147,580	5D25	1059,840	3D25	464,808	282,331
				Lap.	116,552		613,594	2D25	613,594	2D25	189,163
7	350x700		Tump.	362,174	77,624	1924,450	4D25	948,281	2D25	372,789	188,456
				Lap.	116,020		613,594	2D25	613,594	2D25	189,163
8	350x700		Tump.	309,263	34,063	1617,660	4D25	808,828	2D25	374,085	188,781
				Lap.	117,796		613,594	2D25	613,594	2D25	189,163
9	350x700		Tump.	263,331	-	1338,760	3D25	669,375	2D25	281,447	189,046
				Lap.	119,972		641,484	2D25	641,484	2D25	189,104
10	350x700		Tump.	136,992	-	725,156	2D25	362,578	2D25	188,928	189,693
				Lap.	82,092		446,250	2D25	446,250	2D25	189,517

Tabel 6.16 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 6m

pada portal as-I dengan menggunakan bahan papan catur

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
			M _u ⁺ (kNm)	M _u ⁻ (kNm)	As _{perlu} Terpasang	As _{perlu} Terpasang	As _{perlu} Terpasang	M _u ⁻ Terpasang	
1	300x600	Lap.	114,339	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	385,067
		Tump.	320,577	2035,781	6D25	5D25	458,356	385,067	
2	300x600	Lap.	114,415	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	385,440
		Tump.	309,435	1975,313	5D25	5D25	458,952	385,440	
3	300x600	Lap.	114,328	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	308,849
		Tump.	295,211	1874,531	4D25	4D25	382,957	308,849	
4	300x600	Lap.	114,339	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	309,445
		Tump.	277,045	1753,594	4D25	4D25	383,702	309,445	
4	300x600	Lap.	114,339	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	309,445
		Tump.	277,045	1753,594	4D25	4D25	383,702	309,445	
4	300x600	Lap.	114,339	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	309,445
		Tump.	277,045	1753,594	4D25	4D25	383,702	309,445	
4	300x600	Lap.	114,339	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	309,445
		Tump.	277,045	1753,594	4D25	4D25	383,702	309,445	
5	300x600	Lap.	114,318	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	310,140
		Tump.	254,044	1612,500	4D25	4D25	384,696	310,140	
5	300x600	Lap.	114,318	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	310,140
		Tump.	254,044	1612,500	4D25	4D25	384,696	310,140	
5	300x600	Lap.	114,318	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	310,140
		Tump.	254,044	1612,500	4D25	4D25	384,696	310,140	
6	300x600	Lap.	114,273	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	233,201
		Tump.	229,145	1451,250	3D25	3D25	285,440	233,201	
6	300x600	Lap.	114,273	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	233,201
		Tump.	229,145	1451,250	3D25	3D25	285,440	233,201	
6	300x600	Lap.	114,273	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	233,201
		Tump.	229,145	1451,250	3D25	3D25	285,440	233,201	
7	300x600	Lap.	114,405	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	233,946
		Tump.	197,045	1249,668	3D25	3D25	309,445	233,946	
7	300x600	Lap.	114,405	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	233,946
		Tump.	197,045	1249,668	3D25	3D25	309,445	233,946	
7	300x600	Lap.	114,405	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	233,946
		Tump.	197,045	1249,668	3D25	3D25	309,445	233,946	
8	300x600	Lap.	114,349	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	234,840
		Tump.	160,149	1007,813	3D25	3D25	310,537	234,840	
8	300x600	Lap.	114,349	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	234,840
		Tump.	160,149	1007,813	3D25	3D25	310,537	234,840	
8	300x600	Lap.	114,210	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	157,305
		Tump.	112,109	705,469	2D25	2D25	233,946	157,305	
8	300x600	Lap.	114,210	709,406	3D19	3D19	137,505	137,505	157,305
		Tump.	112,109	705,469	2D25	2D25	233,946	157,305	
10	300x600	Lap.	113,349	567,058	2D19	2D19	91,968	91,968	158,149
		Tump.	53,341	362,813	2D25	2D25	157,255	158,149	

Tabel 6.17 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 6m

pada portal as-II dengan menggunakan beban papan catur

Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
		M _u ⁺	M _u ⁻	As _{perlu}	Tersasang	As _{perlu}	Tersasang	
300x600	Tump.	499,834	399,056	3225,000	7D25	2559,844	6D25	458,207
	Lap.		212,546			1350,469	3D25	233,573
300x600	Tump.	438,523	388,095	3144,375	7D25	2479,219	6D25	458,803
	Lap.		212,546			1350,469	3D25	233,573
300x600	Tump.	474,609	373,708	3063,750	7D25	2378,430	6D25	382,957
	Lap.		212,679			1350,469	3D25	233,573
300x600	Tump.	456,348	355,581	2942,813	7D25	2277,656	5D25	383,578
	Lap.		212,546			1350,469	3D25	233,573
300x600	Tump.	433,433	332,548	2781,563	6D25	2116,406	5D25	384,571
	Lap.		212,515			1350,469	3D25	233,573
300x600	Tump.	414,295	309,922	2660,625	6D25	1955,156	4D25	308,451
	Lap.		212,459			1350,469	3D25	233,573
300x600	Tump.	381,699	270,131	2438,906	5D25	1753,594	4D25	309,445
	Lap.		212,668			1350,469	3D25	233,573
300x600	Tump.	345,019	238,151	2197,031	5D25	1511,719	4D25	310,537
	Lap.		212,595			1350,469	3D25	233,573
300x600	Tump.	303,268	189,328	1936,000	4D25	1189,219	3D25	234,169
	Lap.		212,409			1350,469	3D25	233,573
300x600	Tump.	186,768	100,567	1169,063	3D25	645,000	2D25	157,454
	Lap.		143,139			907,031	2D25	156,808

Tabel 6.18 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang gm

pada portal as-A dengan menggunakan beban penuh

Dimensi	Lantai	Balok	Posisi	Momen Perlu		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan	
				M _r (kNm)	M _t	As _{perlu}	Terpasang	As _{perlu}	Terpasang	M _r (kNm)	M _t
350x700	1		Tump.	378.890	342.878	2008.130	5D25	1812.890	4D25	465.545	373.280
				Lap.	184.563	978.469	3D22		219.658		
350x700	2		Tump.	408.750	374.299	2175.470	5D25	1980.230	5D25	464.661	465.692
				Lap.	190.950	1004.060	3D25		282.508		
350x700	3		Tump.	406.570	365.644	2147.580	5D25	1924.450	4D25	454.808	372.789
				Lap.	190.420	1004.060	3D25		282.508		
350x700	4		Tump.	376.550	358.839	1980.230	5D25	1896.560	4D25	465.692	372.907
				Lap.	201.237	1059.840	3D25		282.331		
350x700	5		Tump.	403.500	373.231	2147.580	5D25	1980.230	5D25	464.808	465.692
				Lap.	247.838	1310.860	3D25		281.536		
350x700	6		Tump.	302.180	289.012	1589.770	4D25	1533.980	4D25	374.203	374.439
				Lap.	210.141	1115.630	3D25		282.154		
350x700	7		Tump.	264.830	220.042	1394.630	3D25	1171.410	3D25	281.271	281.978
				Lap.	195.184	1031.950	3D25		282.419		
350x700	8		Tump.	214.940	155.469	1143.620	3D25	808.828	2D25	282.088	188.751
				Lap.	185.719	978.172	2D25		188.397		
350x700	9		Tump.	172.960	70.867	920.391	2D25	447.890	2D22	188.515	147.307
				Lap.	162.730	864.608	3D25		188.633		
350x700	10		Tump.	97.060	18.712	603.213	2D22	251.606	2D22	147.216	147.627
				Lap.	85.213	447.300	2D22		147.307		

Tabel 6.19 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 8m pada portal as-D dengan menggunakan beban penuh

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)	
			M_u^+	M_u^-	As _{perlu}	Terpasang	As _{perlu}	Terpasang	M_k^+	M_k^-
1	350x700	Tump.	375,730	350,965	1980,230	5D25	1840,780	4D25	465,692	373,143
		Lap.		277,198			1450,310	3D25		281,094
2	350x700	Tump.	404,560	395,370	2147,580	5D25	2036,020	5D25	484,898	485,397
		Lap.		286,890			1506,090	4D25		374,556
3	350x700	Tump.	403,710	376,603	2147,580	5D25	1980,230	5D25	464,898	465,692
		Lap.		286,527			1506,090	4D25		374,556
4	350x700	Tump.	390,810	355,270	2063,910	5D25	1868,670	4D25	465,250	373,025
		Lap.		281,450			1478,200	4D25		374,674
5	350x700	Tump.	359,520	327,552	1896,560	4D25	1729,220	4D25	372,907	373,614
		Lap.		295,433			1506,090	4D25		374,556
6	350x700	Tump.	331,080	275,380	1757,110	4D25	1450,310	3D25	373,496	281,094
		Lap.		276,815			1450,310	3D25		281,094
7	350x700	Tump.	295,760	212,621	1561,860	4D25	1115,630	3D25	374,321	262,154
		Lap.		261,097			1366,040	3D25		281,359
8	350x700	Tump.	259,670	198,095	1366,640	3D25	725,156	2D25	281,359	188,928
		Lap.		237,272			1256,080	3D25		261,713
9	350x700	Tump.	227,380	43,788	1199,300	3D25	613,594	2D25	261,889	189,163
		Lap.		206,596			1087,730	3D25		282,243
10	350x700	Tump.	146,580	-	780,938	2D25	390,469	2D25	188,810	189,634
		Lap.		123,560			641,464	2D25		189,104

Tabel 6.20 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang gm

pada portal as-I dengan menggunakan bahan penuh

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
			M _u (kNm)	M _v (kNm)	As _{perlu}	As _{pasang}	As _{perlu}	As _{pasang}	
1	350x700	Tump.	438,750	424,590	2314,920	5D25	2259,140	5D25	464,219
		Lap.	203,485		1059,840	3D25			282,331
2	350x700	Tump.	437,630	2314,920	5D25	2231,250	5D25	463,925	464,367
		Lap.	203,377		1059,840	3D25			282,331
3	350x700	Tump.	424,430	2259,140	5D25	2147,580	5D25	464,219	464,808
		Lap.	200,853		1059,840	3D25			282,331
4	350x700	Tump.	405,640	2147,580	5D25	2008,130	5D25	464,808	465,545
		Lap.	197,540		1031,950	3D25			282,419
5	350x700	Tump.	372,910	1980,230	5D25	1896,560	4D25	465,692	372,907
		Lap.	202,280		1059,840	3D25			282,331
6	350x700	Tump.	351,860	1868,670	4D25	1673,440	4D25	373,025	373,850
		Lap.	197,936		1031,950	3D25			282,419
7	350x700	Tump.	319,550	1673,440	4D25	1450,310	3D25	373,850	281,094
		Lap.	191,474		1004,060	3D25			282,508
8	350x700	Tump.	273,340	1450,310	3D25	1227,190	3D25	281,094	281,801
		Lap.	194,033		1031,950	3D25			282,419
9	350x700	Tump.	217,220	1143,520	3D25	948,281	2D25	282,066	188,456
		Lap.	198,250		1031,950	3D25			282,419
10	350x700	Tump.	138,040	725,156	2D25	474,141	2D25	188,928	189,458
		Lap.	126,758		669,376	2D25			189,045

Tabel 6.21 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 8m

pada portal as-II dengan menggunakan beban penuh

Jantai	Dimensi	Balok	Posisi	Momen Perlu		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan	
				M _u	M _t	Aspas	Terpasang	Aspas	Terpasang	M _r	M _r
	(mm)		(kNm)								(kNm)
1	350x700	Lap.	555,460	510,870	2956,410	7D25	2705,390	6D25	644,753	554,236	
2	350x700	Tump.	556,270	511,364	2956,410	7D25	2705,390	644,753	554,236		
											Lap.
3	350x700	Tump.	506,070	2816,950	6D25	2677,500	6D25	553,529	554,413		
											Lap.
4	350x700	Tump.	511,820	480,880	2705,390	6D25	2538,050	6D25	554,236	555,296	
											Lap.
5	350x700	Tump.	483,160	454,765	2565,940	6D25	2398,690	6D25	555,119	463,483	
											Lap.
6	350x700	Tump.	465,170	418,450	2454,380	6D25	2203,360	6D25	555,826	464,514	
											Lap.
7	350x700	Tump.	424,260	364,811	2231,250	5D25	2036,020	6D25	464,367	465,397	
											Lap.
8	350x700	Tump.	450,220	427,838	2370,700	6D25	2259,140	6D25	463,630	464,219	
											Lap.
9	350x700	Tump.	364,760	270,055	1969,670	4D25	1422,420	3D25	373,026	281,162	
											Lap.
10	350x700	Tump.	295,570	157,813	1255,080	3D25	836,719	2D25	281,713	160,692	
											Lap.

Tabel 6.22 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 8m pada portal as-A dengan menggunakan beban payan catur

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)	
			M_u^-	M_u^+	As _{perlu}	Terpasang	As _{perlu}	Terpasang	M_k^-	M_k^+
1	350x700	Tump.	461.716	259.851	2A54.375	6D25	1366.641	3D25	555.826	281.359
		Lap.		89.836			474.141	2D25		189.458
2	350x700	Tump.	498.596	284.513	2649.609	6D25	1506.094	4D25	554.589	374.556
		Lap.		88.768			474.141	2D25		189.458
3	350x700	Tump.	495.601	276.427	2621.719	6D25	1460.313	3D25	554.766	281.094
		Lap.		66.760			474.141	2D25		169.458
4	350x700	Tump.	476.316	258.733	2538.047	6D25	1366.641	3D25	555.286	281.359
		Lap.		88.766			474.141	2D25		189.458
5	350x700	Tump.	447.951	228.662	1370.703	5D25	1199.297	3D25	463.630	281.889
		Lap.		90.092			474.141	2D25		189.458
6	350x700	Tump.	407.459	183.744	2147.578	5D25	1067.734	3D25	464.809	282.243
		Lap.		92.626			502.031	2D25		189.399
7	350x700	Tump.	355.341	129.859	1866.672	4D25	948.281	2D25	373.025	188.456
		Lap.		92.188			502.031	2D25		189.399
8	350x700	Tump.	284.866	72.747	1561.875	4D25	780.938	2D25	374.321	188.810
		Lap.		93.608			502.031	2D25		189.399
9	350x700	Tump.	228.383	3.601	1199.297	3D25	613.593	2D25	281.889	189.163
		Lap.		95.464			502.031	2D25		189.399
10	350x700	Tump.	116.522	-	613.594	2D25	306.797	2D25	189.163	189.011
		Lap.		60.948			334.668	2D25		169.752

Tabel 6.23 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang sim

pada portal as-D dengan menggunakan bahan payan catur

Dimensi	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
		M ₊	M ₋	As _{perlu}	Terpasang	As _{perlu}	Terpasang	
1	Lap.	131.060	2705.391	6D25	1338.750	3D25	554.236	188.980
	Tump.	509.991	216.704	6D25	1338.750	3D25	554.236	281.447
2	Lap.	129.524	2928.516	6D25	1450.313	3D25	552.822	188.986
	Tump.	549.695	240.337	6D25	1450.313	3D25	552.822	281.094
3	Lap.	129.524	2900.625	6D25	1450.313	3D25	552.999	188.986
	Tump.	548.232	232.158	6D25	1450.313	3D25	552.999	281.094
4	Lap.	129.472	2816.953	6D25	1394.531	3D25	553.529	188.986
	Tump.	530.168	215.719	6D25	1394.531	3D25	553.529	281.271
5	Lap.	131.360	2649.609	6D25	1310.859	3D25	554.589	188.986
	Tump.	601.225	165.976	6D25	1310.859	3D25	554.589	281.536
6	Lap.	134.924	2454.375	6D25	1227.188	3D25	555.826	188.928
	Tump.	460.828	141.908	6D25	1227.188	3D25	555.826	281.801
7	Lap.	134.300	2175.469	5D25	1067.734	3D25	464.661	188.986
	Tump.	410.181	66.054	5D25	1067.734	3D25	464.661	263.243
8	Lap.	136.298	1840.781	4D25	920.391	2D25	373.143	188.928
	Tump.	348.568	37.119	4D25	920.391	2D25	373.143	188.515
9	Lap.	138.672	1606.094	4D25	753.047	2D25	374.556	188.928
	Tump.	283.577	-	4D25	753.047	2D25	374.556	188.869
10	Lap.	138.672	092.500	2D25	446.260	2D25	188.574	188.928
	Tump.	167.372	-	2D25	446.260	2D25	188.574	189.517

Tabel 6.24 Tulangan longitudinal dan tahanan di muka kolom untuk bentang 8m

pada portal as-1 dengan menggunakan beban papan cat

Dimensi Lantai Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)
		M _u	M _v	As _{perlu}	Terpasang	As _{perlu}	Terpasang	
350x700	Lap.	125.927	669.375	2D25	2D25	4D25	4D25	189.045
350x700	Tump.	354.174	1868.672	6D25	6D25	4D25	4D25	373.025
350x700	Lap.	126.064	669.375	2D25	2D25	4D25	4D25	189.045
350x700	Tump.	2649.609	1785.000	6D25	6D25	4D25	4D25	373.378
350x700	Lap.	125.927	669.375	2D25	2D25	4D25	4D25	189.045
350x700	Tump.	476.410	1673.438	6D25	6D25	4D25	4D25	373.850
350x700	Lap.	126.937	669.375	2D25	2D25	4D25	4D25	189.045
350x700	Tump.	289.087	1533.984	5D25	5D25	4D25	4D25	374.439
350x700	Lap.	125.906	669.375	2D25	2D25	4D25	4D25	189.045
350x700	Tump.	423.524	1366.641	5D25	5D25	3D25	3D25	281.359
350x700	Lap.	125.871	669.375	2D25	2D25	4D25	4D25	189.045
350x700	Tump.	383.685	1143.516	5D25	5D25	3D25	3D25	262.066
350x700	Lap.	126.022	669.375	2D25	2D25	4D25	4D25	189.045
350x700	Tump.	340.755	920.391	4D25	4D25	2D25	2D25	188.515
350x700	Lap.	125.969	669.375	2D25	2D25	4D25	4D25	189.045
350x700	Tump.	289.443	753.047	4D25	4D25	2D25	2D25	189.045
350x700	Lap.	125.839	669.375	2D25	2D25	4D25	4D25	189.045
350x700	Tump.	177.609	306.797	2D25	2D25	2D25	2D25	189.811
350x700	Lap.	87.604	474.141	2D25	2D25	2D25	2D25	189.458

Tabel 6.25 Tulangan *longitudinal* dan tahanan di muka kolom untuk bentang 8m
pada portal as-II dengan menggunakan beban papan catur

Lantai	Dimensi Balok (mm)	Posisi	Momen Perlu (kNm)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen Tahanan (kNm)	
			M_u^-	M_u^+	A_{Sperlu}	Terpasang	A_{Sperlu}	Terpasang	M_R^-	M_R^+
1	350x700	Tump.	652.542	430.322	3503.194	6D29	2279.856	4D29	735.173	497.069
		Lap.		223.130			1195.534	2D29		251.616
2	350x700	Tump.	652.419	430.716	3503.194	6D29	2279.856	4D29	735.173	497.069
		Lap.		223.347			1195.534	2D29		251.616
3	350x700	Tump.	637.827	415.507	3419.784	6D29	2196.447	4D29	735.885	497.543
		Lap.		223.154			1195.534	2D29		251.616
4	350x700	Tump.	615.786	393.514	3308.572	6D29	2085.234	4D29	736.833	498.175
		Lap.		223.154			1195.534	2D29		251.616
5	350x700	Tump.	588.635	366.183	3141.753	5D29	1946.219	3D29	615.212	374.224
		Lap.		223.109			1195.534	2D29		251.616
6	350x700	Tump.	567.019	334.560	3030.541	5D29	1779.400	3D29	616.003	374.935
		Lap.		223.056			1195.534	2D29		251.616
7	350x700	Tump.	528.683	296.990	2835.919	5D29	1584.778	3D29	617.385	375.765
		Lap.		223.305			1195.534	2D29		251.616
8	350x700	Tump.	488.220	256.193	2613.494	4D29	1362.353	3D29	495.172	376.713
		Lap.		223.231			1195.534	2D29		251.616
9	350x700	Tump.	443.074	200.396	2363.266	4D29	1167.731	2D29	496.595	251.695
		Lap.		223.069			1195.534	2D29		251.616
10	350x700	Tump.	293.496	106.467	1556.975	3D29	778.488	2D29	375.883	252.801
		Lap.		158.661			834.094	2D29		252.643

6.1.2 Desain Senggang Balok

1. Momen Kapasitas Balok

Momen kapasitas balok adalah kuat momen nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau yang dikalikan dengan nilai tertentu. Nilai momen kapasitas didapat dari rumusan berikut :

$$M_{kap} = \phi \cdot M_{nak} \quad (\text{Pers. 3-36})$$

Dimana $\phi = 1,25$ untuk $f_y \leq 400$ Mpa.

Sebagai contoh hitungan ditinjau pada elemen balok lantai 2, di bawah ini :

$$M_{nak}^- = 327,042 \text{ kNm} ; M_{kap}^- = 1,25 \cdot 327,042 = 408,8025 \text{ kNm}$$

$$M_{nak}^+ = 327,25 \text{ kNm} ; M_{kap}^+ = 1,25 \cdot 327,25 = 409,0625 \text{ kNm}$$

1. Gaya Geser Rencana Balok.

Gaya geser rencana balok didapatkan dari nilai terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{u,b} = 0,70 \cdot \frac{M_{kap} + M_{kap}'}{ln} + 1,05 \cdot V_g \quad (\text{Pers. 3-39})$$

$$V_{u,b} = 1,05 \cdot (V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4,0}{K} \cdot V_{E,b}) \quad (\text{Pers. 3-40})$$

Sebagai contoh ditinjau pada lantai 2, di bawah ini :

$$M_{kap}^- = 408,8025 \text{ kNm} ; M_{kap}^+ = 409,0625 \text{ kNm}$$

$$V_D = 97,17 \text{ kN} ; V_L = -0,01 \text{ kN} ; V_E = 66,04 \text{ kN}$$

$$ln = 7,2 \text{ m}$$

$$V_{u,b,1} = 0,70 \cdot \frac{408,8025 + 409,0625}{7,2} + 1,05 \cdot 97,16 = 181,533 \text{ kN}$$

$$V_{u,b,2} = 1,05 \cdot (97,17 - 0,01 + \frac{4}{1} \cdot 66,04) = 379,386 \text{ kN}$$

dipakai

$$V_{u,b} = \left[1,05 \cdot V_g - 0,7 \cdot \phi_0 \left[\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b'}}{ln} \right] \right] + \frac{ln - d}{ln} \times \left[V_{u,b} - \left[1,05 \cdot V_g - 0,7 \cdot \phi_0 \left[\frac{M_{nak} + M_{nak,b'}}{ln} \right] \right] \right]$$

$$V_{u,b} = \left[102 - 0,7 \cdot \left[\frac{408,803 + 409,063}{7,2} \right] \right] + \frac{7,2 - 0,641}{7,2} \times \left[181,5 - \left[102 - 0,7 \cdot \left[\frac{408,803 + 409,063}{7,2} \right] \right] \right]$$

$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 167,386 \text{ kN}$$

2. Penulangan Geser Balok.

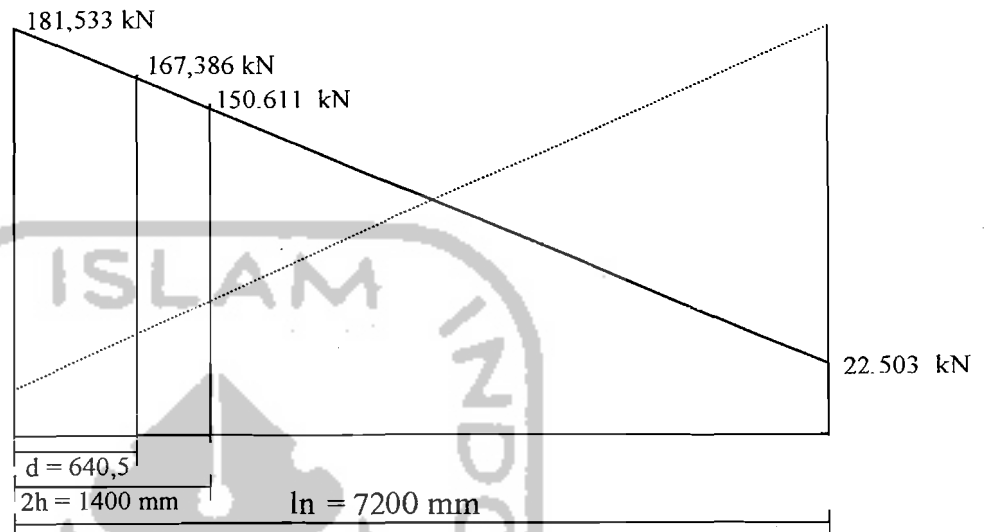
Ditinjau pada balok portal I pada lantai 1

a. Sepanjang daerah sendi plastis.

$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 167,386 \text{ kN}$$

$$V_c = 0$$

$$V_s = \frac{V_{u,b}}{0,6} = \frac{167,386}{0,6} = 278,977 \text{ kN}$$



Gambar 6.3 Gaya geser pada penampang kritis dan daerah sendi plastis

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \Pi \cdot 10^2 \cdot 240 \cdot 640,5}{278,977 \cdot 10^3} = 86,553 \text{ mm}$$

syarat :

$$S \leq \frac{1}{4} \cdot d = \frac{1}{4} \cdot 640,5 = 160,125 \text{ mm}$$

Dipakai $\emptyset 10 - 85$

a. Diluar daerah sendi plastis

$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 150,611 \text{ kN}$$

$$V_c = \left(\sqrt{f'_c / 6} \right) b \cdot d = \left(\sqrt{25 / 6} \right) 350 \cdot 640,5 = 186,8125 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{u,b}}{0,6} - V_c = \frac{150,611}{0,6} - 186,8125 = 64,205 \text{ kN}$$

$$S = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \Pi \cdot 10^2 \cdot 240 \cdot 640,5}{64,205 \cdot 10^3} = 376,0841 \text{ mm}$$

syarat :

$$S < \frac{1}{2}.d = \frac{1}{2}.640,5 = 320,25 \text{ mm}$$

Dipakai $\varnothing 10 - 320 \text{ mm}$

Tabel 6.26 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 4m pada portal as A

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vmaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	269	272.791	273.05	403.05	101.70	169.86	152.37	$\phi 10 - 85$	$\phi 10 - 320$
	277	272.79	273.05	404.13	103.08	171.24	153.75	$\phi 10 - 80$	$\phi 10 - 320$
2	306	327.042	327.25	430.92	103.32	185.03	164.06	$\phi 10 - 75$	$\phi 10 - 275$
	314	327.042	327.25	428.82	101.47	183.18	162.21	$\phi 10 - 75$	$\phi 10 - 285$
3	343	272.791	272.96	424.86	104.19	172.34	154.85	$\phi 10 - 80$	$\phi 10 - 320$
	351	272.791	272.96	421.05	100.59	167.29	150.73	$\phi 10 - 85$	$\phi 10 - 320$
4	380	272.962	273.39	405.65	104.97	171.75	155.17	$\phi 10 - 80$	$\phi 10 - 320$
	388	272.962	273.39	400.23	99.80	166.58	150.00	$\phi 10 - 85$	$\phi 10 - 320$
5	417	273.304	273.39	379.10	104.84	170.25	154.53	$\phi 10 - 85$	$\phi 10 - 320$
	425	273.304	273.39	374.00	99.95	165.37	149.64	$\phi 10 - 85$	$\phi 10 - 320$
6	454	218.917	219.53	332.58	104.06	156.52	143.91	$\phi 10 - 90$	$\phi 10 - 320$
	462	218.917	219.53	329.08	100.73	153.19	140.58	$\phi 10 - 90$	$\phi 10 - 320$
7	491	219.327	219.4	288.11	104.86	157.36	144.74	$\phi 10 - 90$	$\phi 10 - 320$
	499	219.327	219.4	282.95	99.91	152.41	139.79	$\phi 10 - 95$	$\phi 10 - 320$
8	528	164.803	164.8	238.71	104.44	143.87	134.39	$\phi 10 - 100$	$\phi 10 - 320$
	536	164.803	164.8	234.41	100.35	139.79	130.31	$\phi 10 - 100$	$\phi 10 - 320$
9	565	165.008	165.06	179.82	103.76	143.26	133.76	$\phi 10 - 100$	$\phi 10 - 320$
	573	165.008	165.06	177.33	101.01	140.51	131.02	$\phi 10 - 100$	$\phi 10 - 320$
10	602	110.381	110.59	92.56	61.44	87.26	80.97	$\phi 10 - 160$	$\phi 10 - 320$
	610	110.381	110.59	92.61	61.03	87.27	80.94	$\phi 10 - 160$	$\phi 10 - 320$

Tabel 6.27 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 4m pada portal as D

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	V _{umaks}	1.05V _g	V _{plastis}	V _{luar}	S _{plastis}	S _{luar}
1	272	326.939	327.04	444.07	142.72	224.39	203.43	φ10 - 60	φ10 - 155
	280	326.939	324.04	446.52	145.46	226.76	205.90	φ10 - 60	φ10 - 150
2	309	326.734	326.84	472.32	144.72	226.34	205.39	φ10 - 60	φ10 - 155
	317	326.734	326.84	470.80	143.45	225.07	204.12	φ10 - 60	φ10 - 155
3	346	326.939	326.94	466.39	145.72	227.38	206.43	φ10 - 60	φ10 - 150
	354	326.939	326.94	462.91	142.45	222.37	202.53	φ10 - 65	φ10 - 160
4	383	327.247	272.79	447.30	146.62	219.96	201.75	φ10 - 65	φ10 - 160
	391	327.247	272.79	441.98	141.55	214.89	196.68	φ10 - 65	φ10 - 170
5	420	272.962	273.05	420.56	146.30	211.63	195.93	φ10 - 65	φ10 - 170
	428	272.962	273.05	415.93	141.88	207.22	191.51	φ10 - 65	φ10 - 180
6	457	273.219	273.3	373.62	145.10	210.49	194.77	φ10 - 65	φ10 - 175
	465	273.219	273.3	371.42	143.07	208.47	192.75	φ10 - 65	φ10 - 175
7	491	218.917	218.99	329.34	146.09	198.49	185.90	φ10 - 70	φ10 - 195
	502	218.917	218.99	325.11	142.08	194.47	181.88	φ10 - 70	φ10 - 205
8	531	219.259	219.33	279.70	145.43	197.91	185.29	φ10 - 70	φ10 - 195
	538	219.259	219.33	276.82	142.75	195.23	182.62	φ10 - 70	φ10 - 205
9	568	219.532	164.7	220.70	144.63	190.61	179.56	φ10 - 75	φ10 - 210
	576	219.532	164.7	219.85	143.54	189.51	178.46	φ10 - 75	φ10 - 215
10	605	110.142	110.48	126.85	95.73	121.56	115.27	φ10 - 115	φ10 - 320
	613	110.142	110.48	131.49	99.91	126.16	119.83	φ10 - 110	φ10 - 320

Tabel 6.28 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 4m pada portal as I

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	V _{umaks}	1.05V _g	V _{plastis}	V _{luar}	S _{plastis}	S _{luar}
1	250	92.086	92.205	727.94	51.53	74.55	68.64	φ10 - 160	φ10 - 320
	251	92.086	92.205	726.29	51.56	74.58	68.67	φ10 - 160	φ10 - 320
2	287	92.116	92.205	682.41	51.49	74.50	68.60	φ10 - 160	φ10 - 320
	288	92.116	92.205	681.60	51.56	74.58	68.67	φ10 - 160	φ10 - 320
3	324	92.175	69.22	647.76	51.53	71.68	66.51	φ10 - 160	φ10 - 320
	325	92.175	69.22	647.16	51.56	71.29	66.39	φ10 - 160	φ10 - 320
4	361	69.22	69.332	605.28	51.51	68.44	64.24	φ10 - 160	φ10 - 320
	362	69.22	69.332	604.66	51.56	68.49	64.29	φ10 - 160	φ10 - 320
5	398	69.287	69.421	548.58	51.51	68.10	64.11	φ10 - 160	φ10 - 320
	399	69.287	69.421	548.00	51.56	68.16	64.17	φ10 - 160	φ10 - 320
6	435	69.443	46.369	477.32	51.53	65.39	62.05	φ10 - 160	φ10 - 320
	436	69.443	46.369	476.69	51.56	65.42	62.09	φ10 - 160	φ10 - 320
7	472	46.359	46.458	402.52	51.44	62.55	59.88	φ10 - 160	φ10 - 320
	473	46.369	46.458	401.55	51.56	62.67	60.00	φ10 - 160	φ10 - 320
8	509	46.444	46.462	309.77	51.47	62.59	59.92	φ10 - 160	φ10 - 320
	510	46.444	46.462	308.39	51.56	62.68	60.01	φ10 - 160	φ10 - 320
9	546	46.548	46.621	194.28	51.52	62.67	59.99	φ10 - 160	φ10 - 320
	547	46.548	46.621	193.23	51.56	62.71	60.03	φ10 - 160	φ10 - 320
10	583	46.607	46.651	89.48	38.78	49.94	47.26	φ10 - 160	φ10 - 320
	584	46.607	46.651	89.33	38.84	50.00	47.32	φ10 - 160	φ10 - 320

Tabel 6.29 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 4m pada portal as II

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vmaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	257	69.176	69.22	758.29	81.88	99.16	94.73	φ10 - 145	φ10 - 320
	258	69.176	69.22	756.67	81.94	99.23	94.79	φ10 - 145	φ10 - 320
2	294	69.22	69.265	712.74	81.81	99.11	94.67	φ10 - 145	φ10 - 320
	295	69.22	69.265	711.99	81.94	99.24	94.80	φ10 - 145	φ10 - 320
3	331	69.287	69.309	678.09	81.86	99.17	94.73	φ10 - 145	φ10 - 320
	332	69.287	69.309	677.55	81.94	98.88	94.68	φ10 - 145	φ10 - 320
4	368	69.354	69.421	635.60	81.83	98.80	94.59	φ10 - 145	φ10 - 320
	369	69.354	69.421	635.04	81.94	98.90	94.69	φ10 - 145	φ10 - 320
5	405	46.31	46.355	578.90	81.83	92.92	90.26	φ10 - 155	φ10 - 320
	406	46.31	46.355	578.38	81.94	93.03	90.37	φ10 - 155	φ10 - 320
6	442	46.325	46.458	507.67	81.87	92.97	90.31	φ10 - 155	φ10 - 320
	443	46.325	46.458	507.07	81.94	93.05	90.38	φ10 - 155	φ10 - 320
7	479	46.399	46.548	432.88	81.80	92.92	90.25	φ10 - 155	φ10 - 320
	480	46.399	46.548	431.93	81.94	93.07	90.39	φ10 - 155	φ10 - 320
8	516	46.458	46.577	340.17	81.87	93.01	90.33	φ10 - 155	φ10 - 320
	517	46.458	46.577	336.77	81.94	93.08	90.40	φ10 - 155	φ10 - 320
9	553	46.533	46.622	224.73	81.97	93.12	90.44	φ10 - 155	φ10 - 320
	554	46.533	46.622	223.61	81.94	93.09	90.41	φ10 - 155	φ10 - 320
10	590	46.533	46.622	116.23	65.53	76.68	74.00	φ10 - 160	φ10 - 320
	591	46.533	46.622	115.99	65.51	76.66	73.98	φ10 - 160	φ10 - 320

Tabel 6.30 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 6m pada portal as A

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vmaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	283	363.01	363.81	450.80	115.51	206.28	182.98	φ10 - 70	φ10 - 200
	298	363.01	363.81	453.22	116.63	207.40	184.11	φ10 - 65	φ10 - 200
2	355	362.439	363.24	481.95	117.47	208.09	184.84	φ10 - 65	φ10 - 195
	370	362.439	363.24	481.50	114.67	205.30	182.04	φ10 - 70	φ10 - 205
3	427	362.439	363.24	475.49	118.58	209.20	185.94	φ10 - 65	φ10 - 195
	442	362.439	363.24	473.76	113.57	202.26	180.24	φ10 - 70	φ10 - 210
4	499	362.667	363.58	454.58	119.54	208.31	186.27	φ10 - 65	φ10 - 195
	514	362.667	363.58	451.66	112.60	201.36	179.32	φ10 - 70	φ10 - 215
5	571	363.353	292.24	425.59	119.45	197.90	179.04	φ10 - 70	φ10 - 215
	586	363.353	292.24	423.41	112.69	191.14	172.28	φ10 - 75	φ10 - 240
6	643	291.231	292.15	374.78	118.62	188.43	171.65	φ10 - 75	φ10 - 240
	658	291.231	292.15	374.76	113.52	183.33	166.54	φ10 - 75	φ10 - 265
7	715	291.78	219.66	326.06	119.59	180.78	166.07	φ10 - 80	φ10 - 265
	730	291.78	219.66	324.61	112.56	173.75	159.04	φ10 - 80	φ10 - 305
8	787	219.315	219.52	271.84	119.13	171.64	159.01	φ10 - 80	φ10 - 305
	802	219.315	219.52	271.48	113.02	165.53	152.90	φ10 - 85	φ10 - 320
9	859	219.726	219.86	206.34	118.06	170.66	158.02	φ10 - 80	φ10 - 315
	874	219.726	219.86	208.71	114.08	166.68	154.04	φ10 - 85	φ10 - 320
10	931	147.262	147.63	92.16	55.74	85.51	77.63	φ10 - 160	φ10 - 320
	946	147.262	147.63	92.46	50.58	85.35	76.93	φ10 - 160	φ10 - 320

Tabel 6.31 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 6m pada portal as D

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vmaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	289	363.01	363.58	459.33	124.80	215.54	192.25	φ10 - 65	φ10 - 180
	304	363.01	363.58	463.85	126.50	217.24	193.95	φ10 - 65	φ10 - 175
2	361	362.553	363.01	489.99	126.77	217.38	194.13	φ10 - 65	φ10 - 175
	376	362.553	363.01	492.62	124.54	215.15	191.89	φ10 - 65	φ10 - 180
3	433	362.553	363.01	483.11	127.84	218.45	195.19	φ10 - 65	φ10 - 170
	448	362.553	363.01	485.30	123.47	212.15	190.14	φ10 - 65	φ10 - 185
4	505	362.781	363.35	461.79	128.78	217.52	195.49	φ10 - 65	φ10 - 170
	520	362.781	363.35	463.60	122.52	211.27	189.24	φ10 - 65	φ10 - 185
5	577	363.124	291.96	432.48	128.61	207.00	188.16	φ10 - 65	φ10 - 190
	592	363.124	291.96	435.68	122.70	201.08	182.24	φ10 - 70	φ10 - 205
6	649	363.81	292.05	381.36	127.68	206.16	187.29	φ10 - 70	φ10 - 190
	664	363.81	292.05	387.35	123.64	202.11	183.25	φ10 - 70	φ10 - 200
7	721	291.505	292.33	332.44	128.66	198.52	181.73	φ10 - 70	φ10 - 205
	736	291.505	292.33	337.44	122.65	192.51	175.72	φ10 - 75	φ10 - 225
8	793	292.146	219.38	278.03	128.13	189.34	174.62	φ10 - 75	φ10 - 230
	808	292.146	219.38	284.45	123.17	184.38	169.66	φ10 - 75	φ10 - 250
9	865	219.521	219.66	212.79	127.44	179.99	167.36	φ10 - 80	φ10 - 260
	879	219.521	219.66	221.43	123.87	176.42	163.78	φ10 - 80	φ10 - 280
10	937	147.079	147.54	115.32	81.38	108.88	101.25	φ10 - 130	φ10 - 320
	952	147.079	147.54	126.28	81.93	117.18	108.71	φ10 - 120	φ10 - 320

Tabel 6.32 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 6m pada portal as I

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vmaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	246	382.708	384.45	686.11	49.06	144.86	120.28	φ10 - 100	φ10 - 320
	247	382.708	384.45	684.78	49.07	144.87	120.29	φ10 - 100	φ10 - 320
2	318	383.205	384.82	669.09	49.00	144.91	120.30	φ10 - 95	φ10 - 320
	319	383.205	384.82	667.56	49.07	144.98	120.37	φ10 - 95	φ10 - 320
3	390	383.702	385.44	647.00	49.05	145.10	120.45	φ10 - 95	φ10 - 320
	391	383.702	385.44	645.97	49.07	143.07	119.74	φ10 - 100	φ10 - 320
4	462	384.447	308.95	619.10	49.04	133.78	112.74	φ10 - 105	φ10 - 320
	463	384.447	308.95	617.92	49.07	133.81	112.78	φ10 - 105	φ10 - 320
5	534	385.316	309.74	583.67	49.05	132.22	112.22	φ10 - 105	φ10 - 320
	535	385.316	309.74	582.59	49.07	132.24	112.24	φ10 - 105	φ10 - 320
6	606	309.147	310.24	538.62	49.07	123.18	105.37	φ10 - 115	φ10 - 320
	607	309.147	310.24	537.74	49.07	123.18	105.37	φ10 - 115	φ10 - 320
7	678	233.499	234.47	491.35	48.97	104.96	91.50	φ10 - 135	φ10 - 320
	679	233.499	234.47	489.73	49.07	105.06	91.60	φ10 - 135	φ10 - 320
8	750	233.499	234.32	436.58	49.00	104.98	91.52	φ10 - 135	φ10 - 320
	751	233.499	234.32	435.30	49.07	105.05	91.59	φ10 - 135	φ10 - 320
9	822	234.467	157.01	365.13	49.04	95.88	84.62	φ10 - 150	φ10 - 320
	823	234.467	157.01	364.78	49.07	95.91	84.65	φ10 - 150	φ10 - 320
10	894	157.355	158.15	219.16	33.86	71.61	62.53	φ10 - 160	φ10 - 320
	895	157.355	158.15	219.74	33.93	71.68	62.61	φ10 - 160	φ10 - 320

Tabel 6.33 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 6m pada portal as II

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vumaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	260	455.67	456.1	928.03	66.06	179.93	150.71	φ10 - 80	φ10 - 320
	261	455.67	456.1	926.63	66.09	179.96	150.74	φ10 - 80	φ10 - 320
2	332	456.27	456.7	911.29	65.99	180.01	150.75	φ10 - 80	φ10 - 320
	333	456.27	456.7	859.72	66.09	180.11	150.85	φ10 - 80	φ10 - 320
3	404	456.87	457.5	888.93	66.06	180.25	150.94	φ10 - 80	φ10 - 320
	405	456.87	457.5	887.82	66.09	177.84	150.10	φ10 - 80	φ10 - 320
4	476	457.61	458.5	861.06	66.04	178.01	150.21	φ10 - 80	φ10 - 320
	477	457.61	458.5	779.55	66.09	178.06	150.26	φ10 - 80	φ10 - 320
5	548	458.65	383.1	825.59	66.06	166.78	142.57	φ10 - 85	φ10 - 320
	549	458.65	383.1	824.44	66.09	166.81	142.60	φ10 - 85	φ10 - 320
6	620	382.96	384.2	780.43	66.09	157.89	135.82	φ10 - 90	φ10 - 320
	621	382.96	384.2	677.11	66.09	157.89	135.82	φ10 - 90	φ10 - 320
7	692	384.07	310.2	733.73	65.97	149.05	129.08	φ10 - 95	φ10 - 320
	693	384.07	310.2	731.54	66.09	149.17	129.20	φ10 - 95	φ10 - 320
8	764	308.55	310.1	678.75	66.01	140.04	122.25	φ10 - 100	φ10 - 320
	765	308.55	310.1	677.11	66.09	140.12	122.33	φ10 - 100	φ10 - 320
9	836	309.74	310.3	607.10	66.05	140.25	122.41	φ10 - 100	φ10 - 320
	837	309.74	310.3	606.63	66.09	140.29	122.45	φ10 - 100	φ10 - 320
10	908	234.24	157.5	386.56	48.29	95.17	83.90	φ10 - 150	φ10 - 320
	909	234.24	157.5	386.92	48.40	95.27	84.00	φ10 - 150	φ10 - 320

Tabel 6.34 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 8m pada portal as A

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vumaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	283	465.545	373.26	487.84	101.65	206.41	179.52	φ10 - 70	φ10 - 210
	298	465.55	373.26	491.53	103.07	207.82	180.94	φ10 - 65	φ10 - 210
2	355	464.661	465.692	522.75	103.21	219.39	189.58	φ10 - 65	φ10 - 185
	370	464.661	465.692	524.96	101.40	217.06	187.84	φ10 - 65	φ10 - 190
3	427	464.808	372.789	514.61	104.06	208.66	181.02	φ10 - 65	φ10 - 205
	442	464.81	372.789	516.55	100.62	202.99	177.58	φ10 - 70	φ10 - 220
4	499	465.692	372.907	489.84	104.82	207.31	181.87	φ10 - 65	φ10 - 205
	514	465.692	372.907	491.51	99.86	202.36	176.91	φ10 - 70	φ10 - 220
5	571	464.808	465.692	456.08	104.67	216.01	189.24	φ10 - 65	φ10 - 185
	586	464.808	465.692	458.94	100.01	211.35	184.59	φ10 - 65	φ10 - 195
6	643	374.203	374.439	397.31	103.89	193.47	171.94	φ10 - 70	φ10 - 240
	658	374.203	374.439	402.45	100.80	190.38	168.85	φ10 - 75	φ10 - 255
7	715	281.271	281.978	340.22	104.68	172.08	155.88	φ10 - 80	φ10 - 320
	730	281.271	281.978	344.56	100.00	167.39	151.19	φ10 - 85	φ10 - 320
8	787	282.066	188.751	277.29	104.25	160.59	147.04	φ10 - 90	φ10 - 320
	802	282.066	188.751	282.80	100.44	156.78	143.23	φ10 - 90	φ10 - 320
9	859	188.515	188.633	201.68	103.57	148.70	137.85	φ10 - 95	φ10 - 320
	874	188.515	188.633	209.36	101.12	146.25	135.40	φ10 - 95	φ10 - 320
10	931	147.216	147.627	100.43	61.33	93.56	85.42	φ10 - 150	φ10 - 320
	946	147.216	147.627	108.93	61.05	96.33	87.85	φ10 - 150	φ10 - 320

Tabel 6.35 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 8m pada portal as D

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vmaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	289	465.692	373.143	527.93	142.46	247.21	220.33	φ10 – 55	φ10 – 130
	304	465.692	373.143	534.31	145.18	249.93	223.05	φ10 – 55	φ10 – 130
2	361	464.808	465.397	562.82	144.46	260.63	230.81	φ10 – 55	φ10 – 120
	376	464.808	465.397	567.83	143.16	259.33	229.52	φ10 – 55	φ10 – 120
3	433	464.808	465.692	554.46	145.47	261.67	231.85	φ10 – 55	φ10 – 120
	448	464.808	465.692	559.65	142.17	255.89	227.66	φ10 – 55	φ10 – 125
4	505	465.25	374.674	529.53	146.36	249.02	223.53	φ10 – 55	φ10 – 125
	520	465.25	374.674	534.76	141.26	243.92	218.43	φ10 – 55	φ10 – 135
5	577	372.907	374.556	495.40	146.04	235.48	213.98	φ10 – 60	φ10 – 140
	592	372.907	374.556	502.62	141.58	231.02	209.52	φ10 – 60	φ10 – 145
6	649	373.496	281.094	435.96	144.85	223.18	204.35	φ10 – 60	φ10 – 155
	664	373.496	281.094	446.68	142.77	221.10	202.27	φ10 – 65	φ10 – 160
7	721	374.321	282.154	378.87	145.85	224.40	205.52	φ10 – 60	φ10 – 155
	736	374.321	282.154	388.91	141.78	220.33	201.45	φ10 – 65	φ10 – 160
8	793	281.359	281.713	315.58	145.19	212.57	196.37	φ10 – 65	φ10 – 170
	808	281.359	281.713	327.41	142.44	209.82	193.62	φ10 – 65	φ10 – 175
9	865	281.889	282.243	239.73	144.39	211.90	195.67	φ10 – 65	φ10 – 170
	879	281.889	282.243	254.23	143.23	210.73	194.50	φ10 – 65	φ10 – 175
10	937	188.81	189.634	132.33	95.54	124.64	115.52	φ10 – 115	φ10 – 320
	952	188.81	189.634	149.82	99.63	141.00	130.54	φ10 – 100	φ10 – 320

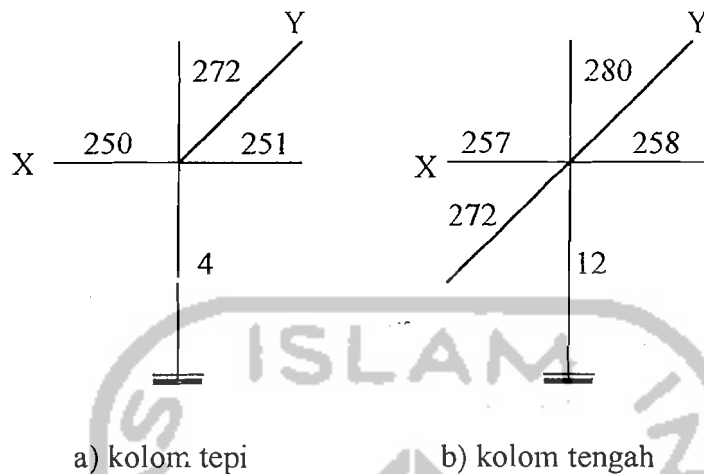
Tabel 6.36 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 8m pada portal as I

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vmaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	246	463.925	464.219	607.62	72.96	188.87	159.12	φ10 – 75	φ10 – 305
	247	463.925	464.219	606.58	72.97	188.88	159.13	φ10 – 75	φ10 – 305
2	318	463.925	464.367	605.66	72.89	188.82	159.07	φ10 – 75	φ10 – 305
	319	463.925	464.367	604.27	72.97	188.90	159.15	φ10 – 75	φ10 – 305
3	390	464.219	464.808	588.55	72.96	188.98	159.21	φ10 – 75	φ10 – 305
	391	464.219	464.808	587.72	72.97	186.51	158.33	φ10 – 75	φ10 – 310
4	462	464.808	465.545	563.98	72.96	186.67	158.44	φ10 – 75	φ10 – 310
	463	464.808	465.545	563.11	72.97	186.68	158.45	φ10 – 75	φ10 – 310
5	534	465.692	372.907	533.01	72.98	173.33	149.20	φ10 – 80	φ10 – 320
	535	465.692	372.907	532.28	72.97	173.32	149.19	φ10 – 80	φ10 – 320
6	606	373.025	373.85	493.01	73.01	162.38	140.89	φ10 – 85	φ10 – 320
	607	373.025	373.85	492.42	72.97	162.34	140.86	φ10 – 85	φ10 – 320
7	678	373.85	282.508	450.67	72.92	151.46	132.58	φ10 – 95	φ10 – 320
	679	373.85	282.508	449.58	72.97	151.51	132.63	φ10 – 95	φ10 – 320
8	750	281.094	282.419	403.90	72.94	140.37	124.16	φ10 – 100	φ10 – 320
	751	281.094	282.419	403.17	72.97	140.40	124.19	φ10 – 100	φ10 – 320
9	822	282.066	282.419	340.14	72.93	140.48	124.24	φ10 – 100	φ10 – 320
	823	282.066	282.419	340.22	72.97	140.52	124.28	φ10 – 100	φ10 – 320
10	894	188.928	189.458	215.66	51.11	96.38	85.50	φ10 – 150	φ10 – 320
	895	188.928	189.458	215.91	51.23	96.51	85.62	φ10 – 150	φ10 – 320

Tabel 6.37 Tulangan geser di muka kolom untuk bentang 8m pada portal as II

Ltn	Elm	Mn-	Mn+	Vmaks	1.05Vg	Vplastis	Vluar	Splastis	Sluar
1	260	644.753	554.236	806.87	103.04	252.77	214.35	φ10 - 55	φ10 - 140
	261	644.753	554.236	805.79	103.05	252.78	214.36	φ10 - 55	φ10 - 140
2	332	644.753	554.236	807.20	102.94	252.67	214.25	φ10 - 55	φ10 - 140
	333	644.753	554.236	805.50	103.05	252.78	214.36	φ10 - 55	φ10 - 140
3	404	553.529	554.413	789.91	103.04	241.40	205.89	φ10 - 60	φ10 - 150
	405	553.529	554.413	789.04	103.05	238.46	204.84	φ10 - 60	φ10 - 155
4	476	554.236	555.296	765.46	103.04	238.64	204.98	φ10 - 60	φ10 - 155
	477	554.236	555.296	764.55	103.05	238.65	204.99	φ10 - 60	φ10 - 155
5	548	555.119	463.483	735.04	103.07	224.95	195.65	φ10 - 60	φ10 - 170
	549	555.119	463.483	734.31	103.05	224.93	195.63	φ10 - 60	φ10 - 170
6	620	555.826	464.514	696.05	103.10	225.19	195.84	φ10 - 60	φ10 - 170
	621	555.826	464.514	695.63	103.05	225.14	195.79	φ10 - 60	φ10 - 170
7	692	464.367	465.397	655.71	102.99	214.24	187.50	φ10 - 65	φ10 - 190
	693	464.367	465.397	654.34	103.05	214.30	187.56	φ10 - 65	φ10 - 190
8	764	463.63	464.219	611.34	103.02	214.04	187.35	φ10 - 65	φ10 - 190
	765	463.63	464.219	610.41	103.05	214.07	187.38	φ10 - 65	φ10 - 190
9	836	373.025	373.967	669.63	103.01	192.39	170.91	φ10 - 75	φ10 - 245
	837	373.025	373.967	669.80	103.05	192.43	170.95	φ10 - 75	φ10 - 245
10	908	281.713	282.066	506.53	77.46	144.92	128.70	φ10 - 95	φ10 - 320
	909	281.713	282.066	507.12	77.67	145.13	128.91	φ10 - 95	φ10 - 320

6.1.3 Desain Penulangan Kolom akibat Beban Lentur dan Aksial



Momen rencana kolom dihitung berdasarkan pada anggapan bahwa sendi plastis terjadi pada muka ujung-ujung balok pertemuan antara balok dan kolom. Dalam hal ini momen kapasitas balok diperhitungkan sebagai momen rencana yang bekerja pada kolom setelah sebelumnya dikalikan dengan beberapa faktor.

Dalam tugas akhir ini, karena gempa arah X maupun arah Y ditahan oleh struktur portal rangka terbuka, maka menurut Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987, gaya aksial dan momen rencana untuk kolom harus diperhitungkan pula 30 % arah tegak lurus nya. Oleh karena itu, untuk menyederhanakan perhitungan pada tugas akhir ini, 30 % arah tegak lurus dari sumbu utama yang ditinjau dijumlahkan secara aljabar agar tetap dapat digunakan rumus-rumus uniaksial yang ada.

1. Momen rencana kolom

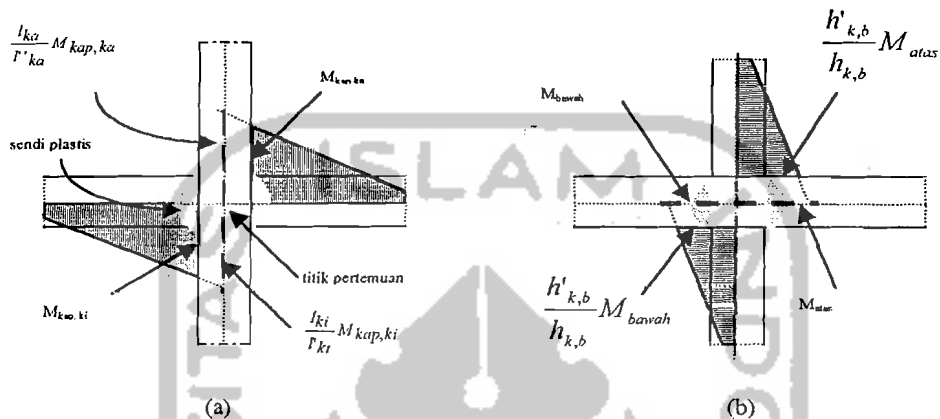
a. Momen rencana kolom lantai 1 portal as-A untuk bentang 4m (elemen 1)

$$\phi_0 = 1,25 \text{ untuk } f_y \leq 400 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$\omega_d = 1$$

karena momen kapasitas pada hitungan ini didesain pada as kolom, maka momen perlu kolom dihitung dengan cara berikut :



$$M_{u,k} = \frac{h_u}{h} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot \phi_0 \cdot \alpha_k \cdot \left[\frac{I_{kx}}{I_{nkx}} \cdot M_{nak,b_{kx}} + \frac{I_{ky}}{I_{nky}} \cdot M_{nak,b_{ky}} \cdot 30\% \right]$$

$$\begin{aligned} M_{u, kx \text{ ltl, atas}} &= 0,93 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 25 \cdot 0,387 \cdot [1,176 \cdot 78,989 + 1,1111 \cdot 0,3 \cdot 272,877] \\ &= 59,140 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u, ky \text{ ltl, atas}} &= 0,93 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 25 \cdot 0,387 \cdot [1,176 \cdot 0,3 \cdot 78,989 + 1,1111 \cdot 272,877] \\ &= 104,167 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Khusus untuk kolom lantai 1 bawah (dasar) dimana sendi plastis dimungkinkan terjadi, maka $\alpha_{k \text{ bawah}} = 0$. Untuk itu momen rencana kolom lantai 1 bawah hanya dihitung berdasarkan besar gaya gempa yang diperoleh dari hasil analisis struktur dengan program bantu SAP90, yang besarnya,

$$M_{u, k \text{ ltl bawah } x} = M_{E, kx} + 0,3 \cdot M_{E, ky} \quad (6.1)$$

$$M_{u, k \text{ ltl bawah } x} = 429,79 + 0,3 \cdot 527,91 = 588,163 \text{ kN-m}$$

$$M_{u, k \text{ ltl bawah } y} = 429,79 \cdot 0,3 + 527,91 = 656,847 \text{ kN-m}$$

2. Momen maksimum kolom

a. Momen maksimum kolom atas 1 atas dan bawah arah x

$$M_{u,k1}^{maks} = 1,05 [5,2 + 1,1 + 4 (429,79 + 0,3,527,91)] - 2476,9 \text{ KN-m}$$

$$M_{u,k1}^{min} = 1,05 [5,2 + 1,1 - 4 (429,79 + 0,3,527,91)] - 2463,67 \text{ KN-m}$$

b. Momen maksimum kolom 1 atas dan bawah arah y

$$M_{u,k1}^{maks} = 1,05 [24,19 + 0,01 + 4 (0,3,429,79 + 527,91)] = 2784,17 \text{ KN-m}$$

$$M_{u,k1}^{min} = 1,05 [24,19 + 0,01 - 4 (0,3,429,79 + 527,91)] = -2733,347 \text{ KN-m}$$

Perhitungan momen maksimal kolom yang lainnya dilakukan dengan cara

ditabelkan

Tabel 6.38 Momen rencana kolom A-1 dan A-2 untuk bentang 4m

Klm	Posisi	ok	okb	Mmak,b-x (kN-m)		Mmak,b-y (kN-m)		Mu, k-x (kN-m)		Mu, k-y (kN-m)	
				Pos	Neg	Pos	Neg	Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	Tepi	0,387	-	92,116	272,877	273,048	64,107	588,163	105,626	656,847	
1	Tengah	0,287	-	92,116	272,877	273,048	64,107	502,710	105,626	705,337	
2	Tepi	0,5	0,624	92,086	327,145	327,247	81,485	101,734	138,471	172,876	
2	Tengah	0,5	0,624	92,057	327,145	327,247	81,473	101,734	138,468	172,876	
3	Tepi	0,5	0,5	92,146	272,791	272,877	74,719	74,730	117,362	117,399	
3	Tengah	0,5	0,5	92,116	272,791	272,877	74,706	74,730	117,359	117,399	
4	Tepi	0,5	0,5	69,176	273,048	273,304	64,623	64,667	114,625	114,732	
4	Tengah	0,5	0,5	69,176	273,048	273,304	64,623	64,647	114,625	114,727	
5	Tepi	0,703	0,5	69,243	273,39	273,39	90,962	64,717	161,361	114,777	
5	Tengah	0,703	0,5	69,265	273,39	273,39	90,976	64,707	161,365	114,774	
6	Tepi	0,5	0,297	69,376	218,985	219,464	57,956	34,466	93,646	55,739	
6	Tengah	0,5	0,297	69,376	218,985	219,464	57,956	34,466	93,646	55,739	
7	Tepi	0,5	0,5	46,325	219,532	219,532	47,843	47,864	90,955	91,016	
7	Tengah	0,5	0,5	46,443	219,395	219,532	58,036	47,877	93,813	91,020	
8	Tepi	0,6	0,6	46,414	164,854	164,905	49,260	41,052	83,735	69,805	
8	Tengah	0,6	0,6	46,369	164,854	164,905	49,256	41,096	83,729	69,808	
9	Tepi	0,5	0,4	46,503	165,111	165,111	41,138	32,939	69,890	55,922	
9	Tengah	0,5	0,4	46,458	165,111	165,111	41,118	32,928	69,885	55,920	
10	Tepi	1	0,5	46,607	110,381	110,381	68,688	34,386	97,281	48,726	
10	Tengah	1	0,5	46,562	110,381	110,381	68,649	34,379	97,270	48,724	

Ket : - * = $M_{u,k-x} = M_{u,b-x} + (0,3, M_{u,b-y}$
 $\sqrt{} = M_{u,k-y} = 0,3, M_{u,b-x} + M_{u,b-y}$

Tabel 6.39 Momen rencana kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 4m

Ltm	Posisi	aka	okd	Mnak,b-x (kN-m)		Mnak,b-y (kN-m)		Mu, k-x (kN-m)		Mu, k-y (kN-m)	
				Neg	Pos	Neg	Pos	Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	Tepi	0.387	-	92.116	92.175	327.042	327.145	69.914	637.253	124.560	671.574
2	Tepi	0.624	0.624	92.086	92.175	326.837	326.939	81.447	101.686	138.952	172.726
3	Tepi	0.5	0.5	92.146	92.175	327.042	327.042	81.486	81.492	138.435	138.442
4	Tepi	0.5	0.5	69.176	69.243	272.791	272.877	64.591	64.614	114.525	114.566
5	Tepi	0.703	0.5	69.243	69.332	273.048	273.133	64.685	64.885	161.174	114.677
6	Tepi	0.5	0.297	69.376	69.421	273.304	273.390	64.744	64.744	114.749	68.184
7	Tepi	0.5	0.5	46.325	46.369	219.054	219.054	47.800	47.804	90.825	90.831
8	Tepi	0.6	0.5	46.414	46.458	219.395	219.395	57.459	47.886	109.162	90.974
9	Tepi	0.5	0.4	46.503	46.507	164.752	164.752	41.093	32.903	69.751	55.611
10	Tepi	1	0.5	46.607	46.651	110.176	110.176	68.637	34.373	97.122	48.686

Tabel 6.40 Momen rencana kolom A-1 dan A-2 untuk bentang 6m

Ltm	Posisi	aka	okd	Mnak,b-x (kN-m)		Mnak,b-y (kN-m)		Mu, k-x (kN-m)		Mu, k-y (kN-m)	
				Neg	Pos	Neg	Pos	Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	Tepi	0.387	-	458.356	463.067	463.778	281.978	213.35	612.28	210.19	719.128
2	Tepi	0.624	0.624	458.952	458.952	463.778	281.978	238.52	630.21	217.53	773.902
3	Tepi	0.5	0.5	382.957	382.957	555.473	281.713	228.73	163.71	260.43	145.442
4	Tepi	0.5	0.5	383.702	383.702	463.336	281.889	217.54	163.98	224.73	145.58
5	Tepi	0.703	0.5	384.695	310.14	463.925	282.066	306.54	164.29	316.45	145.729
6	Tepi	0.5	0.297	265.44	233.201	464.956	282.331	176.65	78.589	213.9	81.2979
7	Tepi	0.5	0.5	309.445	233.946	373.025	189.281	175.36	121	180.99	100.802
8	Tepi	0.6	0.5	310.537	234.84	374.203	189.222	211.15	152.42	189.51	109.601
9	Tepi	0.5	0.4	233.946	157.305	281.624	189.222	132.53	71.274	136.68	73.4773
10	Tepi	1	0.5	157.255	158.149	189.163	189.87	178.13	89.525	183.64	92.1968

Tabel 6.41 Momen rencana kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 6m

Klm	Posisi	Momen rencana (kNm)	Mnak, D-x (kNm)		Mnak, D-y (kNm)		Mnak, k-x (kNm)		Mnak, k-y (kNm)	
			Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos
1	Tepi	0.387	-	458.356	385.067	463.778	281.978	213.352	640.24	210.19
	Tengah	0.387	-	528.839	458.207	463.778	281.978	238.52	640.13	217.88
2	Tepi	0.5	0.624	458.952	385.44	555.296	281.713	260.338	244.09	269.22
	Tengah	0.5	0.624	529.524	458.802	555.296	281.713	289.713	282.2	277.45
3	Tepi	0.5	0.5	362.957	308.849	555.296	281.713	228.71	163.71	260.37
	Tengah	0.5	0.5	530.229	382.957	555.296	281.713	290.002	194.55	277.53
4	Tepi	0.5	0.5	383.702	309.446	555.826	281.801	229.087	163.97	260.66
	Tengah	0.5	0.5	531.272	383.578	555.826	281.801	290.502	194.82	277.86
5	Tepi	0.703	0.5	384.695	310.14	463.925	281.978	306.544	164.28	316.45
	Tengah	0.703	0.5	456.568	384.571	463.925	281.978	348.6	195.26	328.23
6	Tepi	0.5	0.297	285.44	233.261	464.808	282.331	176.828	78.589	213.85
	Tengah	0.5	0.297	457.452	308.451	464.808	282.331	248.42	97.191	233.9
7	Tepi	0.5	0.5	309.445	233.946	372.789	189.163	175.329	120.98	180.89
	Tengah	0.5	0.5	382.582	309.445	372.789	189.163	205.767	152.4	189.42
8	Tepi	0.6	0.6	310.537	234.84	374.085	189.163	211.135	121.35	217.83
	Tengah	0.6	0.5	384.074	310.637	374.085	189.163	247.86	152.9	228.12
9	Tepi	0.5	0.4	233.946	157.305	281.447	189.104	132.504	71.262	138.61
	Tengah	0.5	0.4	308.551	234.169	281.447	189.104	163.553	96.854	145.3
10	Tepi	1	0.5	157.255	158.149	188.928	189.693	178.07	89.503	183.45
	Tengah	1	0.5	234.244	157.454	188.928	189.693	242.153	89.213	201.4

Tabel 6.42 Momen rencana kolom A-1 dan A-2 untuk bentang 8m

Klm	Posisi	Momen rencana (kNm)	Mnak, D-x (kNm)		Mnak, D-y (kNm)		Mnak, k-x (kNm)		Mnak, k-y (kNm)	
			Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos
1	Tepi	0.387	-	554.059	373.025	555.826	281.359	252.217	743.790	242.422
	Tengah	0.387	-	735.173	497.069	555.826	281.359	315.199	759.834	281.415
2	Tepi	0.5	0.624	554.059	373.025	554.589	374.556	293.807	247.047	268.969
	Tengah	0.5	0.624	735.173	497.069	554.589	374.556	367.214	309.792	290.078
3	Tepi	0.5	0.5	554.589	373.878	554.766	281.094	294.044	180.429	269.036
	Tengah	0.5	0.5	735.885	497.543	554.766	281.094	367.525	236.754	290.226
4	Tepi	0.5	0.5	555.206	373.850	555.296	281.359	294.387	188.653	269.374
	Tengah	0.5	0.5	736.033	498.175	555.296	281.359	367.975	237.043	290.532
5	Tepi	0.703	0.5	463.630	374.439	463.630	281.889	345.693	189.958	316.219
	Tengah	0.703	0.5	615.212	374.224	463.630	281.889	431.974	188.871	341.059
6	Tepi	0.5	0.297	464.367	281.359	464.809	282.243	246.245	88.670	225.427
	Tengah	0.5	0.297	616.003	374.935	464.809	282.243	307.704	111.189	243.101
7	Tepi	0.5	0.5	465.398	282.066	373.025	189.399	235.203	137.971	191.721
	Tengah	0.5	0.5	617.385	375.765	373.025	189.399	296.804	175.948	209.435
8	Tepi	0.6	0.6	373.378	189.045	374.321	189.399	237.682	100.269	217.768
	Tengah	0.6	0.5	495.172	376.713	374.321	189.399	296.919	176.332	234.802
9	Tepi	0.5	0.4	374.439	189.045	281.889	189.399	186.958	60.215	147.531
	Tengah	0.5	0.4	496.595	251.695	281.889	189.399	236.469	100.529	161.768
10	Tepi	1	0.5	158.456	189.811	189.163	189.811	200.001	100.631	183.361
	Tengah	1	0.5	234.863	189.811	189.163	189.811	351.932	126.161	227.050

Tabel 6.43 Momen rencana kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 8m

Lmt Kim	Posisi	aka	akb	Mnak,b-x (kN-m)		Mnak,b-y (kN-m)		Mu, k-x (kN-m)	Mu, k-y (kN-m)
				Neg	Pos	Neg	Pos		
1	Tepi	0.387	-	554.059	373.025	281.447	252.047	766.663	241.895
	Tengah	0.387	-	735.173	497.069	281.447	316.029	751.444	260.858
2	Tepi	0.624	0.624	554.059	373.025	281.094	293.686	232.484	268.318
	Tengah	0.624	0.624	735.173	497.069	281.094	366.993	295.229	289.427
3	Tepi	0.5	0.5	554.589	373.378	281.094	293.823	186.429	268.445
	Tengah	0.5	0.5	735.885	497.543	281.094	367.304	236.754	289.575
4	Tepi	0.6	0.6	553.296	373.660	281.271	294.176	186.642	268.723
	Tengah	0.6	0.6	736.833	498.175	281.271	367.754	237.032	289.881
5	Tepi	0.703	0.5	463.630	374.439	281.536	361.561	186.914	363.352
	Tengah	0.703	0.5	616.212	374.224	281.536	447.941	186.627	388.192
6	Tepi	0.297	0.5	464.667	281.359	281.801	257.609	88.637	258.972
	Tengah	0.297	0.5	616.003	374.935	281.801	319.068	111.166	276.645
7	Tepi	0.5	0.5	465.398	282.066	283.243	246.644	149.688	225.493
	Tengah	0.5	0.5	617.385	375.765	283.243	308.246	187.664	243.207
8	Tepi	0.6	0.5	373.378	189.045	188.928	237.508	100.210	217.247
	Tengah	0.6	0.5	495.172	376.713	188.928	296.742	176.273	234.281
9	Tepi	0.6	0.4	374.439	189.045	188.928	196.526	80.168	181.683
	Tengah	0.5	0.4	496.595	251.695	188.928	248.039	100.482	195.921
10	Tepi	1	0.5	188.456	189.811	188.574	189.517	199.864	182.927
	Tengah	1	0.5	376.883	252.801	188.574	189.517	361.785	126.124

Tabel 6.44 Momen maksimum kolom A-1 dan A-2 untuk bentang 4m

Lmt Kim	Posisi	Mokx (kN-m)	Moky (kN-m)	Mlx (kN-m)	Mly (kN-m)	Mmx (kN-m)	Mmy (kN-m)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)	Mlx (kN-m)	Mly (kN-m)	Mmx (kN-m)	Mmy (kN-m)	Mux (kN-m)	Muy (kN-m)
1	Tepi	5.2	24.19	1.1	0.01	429.79	527.91	2470.9	-2400.07	2764.167	-2733.35	2962.415	-2962.42	1118.321	-975.269
	Tengah	7.31	0	2.14	0	429.79	576.4	2541.305	-2521.46	2962.415	-2962.42	1118.321	-975.269	1118.321	-975.269
2	Tepi	15.23	68.04	-0.39	0.08	166.59	199.26	966.3276	-935.164	1118.321	-975.269	1118.321	-975.269	1118.321	-975.269
	Tengah	21.52	0	-0.77	0	166.59	366.86	1183.709	-1140.42	1118.321	-975.269	1118.321	-975.269	1118.321	-975.269
3	Tepi	14.38	61.66	1.59	0.12	157.17	172.84	894.6609	-861.124	988.8312	-859.093	1543.252	-1543.25	988.8312	-859.093
	Tengah	19.49	0	3.08	0	157.17	320.29	1087.378	-1039.98	1543.252	-1543.25	1543.252	-1543.25	988.8312	-859.093
4	Tepi	15.1	62.56	-1.24	0.18	145.51	175.45	846.762	-817.656	986.1096	-854.356	1488.619	-1488.62	986.1096	-854.356
	Tengah	19.92	0	-2.38	0	145.51	310.78	1021.142	-964.308	1488.619	-1488.62	1488.619	-1488.62	986.1096	-854.356
5	Tepi	15.73	64.78	2	0.22	124.62	153.86	735.8841	-698.651	871.4832	-734.983	1455.661	-1455.66	871.4832	-734.983
	Tengah	20.33	0	3.9	0	124.62	309.2	938.4376	-887.555	1455.661	-1455.66	1455.661	-1455.66	871.4832	-734.983
6	Tepi	14.54	50.06	-0.77	0.15	116.23	143.58	683.6353	-654.618	802.2063	-696.765	1162.934	-1162.93	802.2063	-696.765
	Tengah	18.36	0	-1.42	0	116.23	242.02	810.9982	-775.324	1162.934	-1162.93	1162.934	-1162.93	802.2063	-696.765
7	Tepi	15.66	62.87	2.18	0.16	96.56	122.95	579.432	-541.506	704.2581	-571.653	993.2076	-993.208	704.2581	-571.653
	Tengah	19.73	0	4.26	0	96.56	207.51	692.2041	-641.825	993.2076	-993.208	993.2076	-993.208	704.2581	-571.653
8	Tepi	16.63	63.54	-1.02	0.21	59.33	97.16	367.9881	-365.217	649.7663	-415.69	828.1728	-731.961	649.7663	-415.69
	Tengah	20.54	0	-1.82	0.21	59.33	167.93	480.4338	-441.122	828.1728	-731.961	828.1728	-731.961	649.7663	-415.69
9	Tepi	9.29	54.03	1.35	0.1	55.31	69.89	331.5354	-309.191	420.0551	-306.392	511.5306	-511.531	420.0551	-306.392
	Tengah	11.21	0	2.6	0	55.31	105.2	379.3545	-350.364	511.5306	-511.531	511.5306	-511.531	420.0551	-306.392
10	Tepi	11.84	61.33	0.88	0.3	11.24	31.76	100.5816	-73.8696	212.2659	-82.8429	246.5064	-246.506	100.5816	-73.8696
	Tengah	14.59	0	1.77	0	11.24	55.32	134.0892	-99.7332	246.5064	-246.506	246.5064	-246.506	100.5816	-73.8696

Tabel 6.45 Momen maksimum kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 4m

Lnt Klm	Mok _x (kN-m)	Mok _y (kN-m)	Mok _x (kN-m)	Mok _y (kN-m)	Mok _x (kN-m)	Mok _y (kN-m)	Mok _x (kN-m)		Mok _y (kN-m)	
							Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	0.12	62.5	6.85	6.85	478.88	527.91	2683.78	-2669.14	2893.428	-2747.79
	0.14	0	4.94	0	478.88	576.4	2742.89	-2732.23	3024.269	-3024.27
2	0.15	90.93	2.17	9.92	299.48	199.26	1511.32	-1506.45	1320.129	-1108.34
	0.23	0	4.22	0	299.48	366.86	1724.73	-1715.39	1918.157	-1918.16
3	0.02	82.04	2.04	8.84	287.89	172.84	1429.5	-1425.17	1184.219	-993.371
	0.06	0	4	0	287.89	320.29	1617.39	-1608.86	1709.085	-1708.09
4	0.01	82.92	2.16	8.84	269.49	175.45	1355.2	-1350.65	1172.795	-980.099
	0.06	0	4.19	0	269.49	310.78	1527.9	-1518.98	1644.833	-1644.83
5	0.07	100.12	2.3	10.57	261.39	153.88	1294.19	-1289.21	1091.786	-859.339
	0.14	0	4.5	0	261.39	309.2	1492.3	-1482.56	1627.991	-1627.99
6	0.02	77.33	1.99	8.1	226.73	143.58	1135.29	-1131.07	978.4173	-759.014
	0.06	0	3.85	0	226.73	242.02	1261.32	-1253.11	1302.164	-1302.16
7	0.02	82.41	1.89	8.6	194.22	122.95	972.647	-968.636	856.6677	-665.547
	0.09	0	3.68	0	194.22	207.51	1081.15	-1073.23	1116.259	-1116.26
8	0.19	89.73	2.55	9.25	159.18	97.16	793.855	-788.101	712.5678	-504.71
	0.26	0	4.69	0	159.18	167.93	885.545	-874.751	905.6728	-905.673
9	0.06	74.61	0.94	8.2	92.86	69.89	479.123	-477.023	497.4921	-323.591
	0.04	0	1.81	0	92.86	105.2	524.507	-520.622	559.8436	-558.844
10	0.11	95.35	1.16	7.51	47.68	31.95	241.847	-239.18	302.2698	-88.2638
	0.13	0	2.24	0	47.68	55.32	272.448	-267.471	292.4208	-292.421

Tabel 6.46 Momen maksimum kolom A-1 dan A-2 untuk bentang 6m

Lnt Klm	Mok _x (kN-m)	Mok _y (kN-m)	Mok _x (kN-m)	Mok _y (kN-m)	Mok _x (kN-m)	Mok _y (kN-m)	Mok _x (kN-m)		Mok _y (kN-m)	
							Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	16.84	52.17	37.2	0.22	435.76	586.4	2627.793	-2515.36	3075.347	-2865.33
	20.78	0	50.57	0	437.44	642.57	2721.751	-2572.02	3249.968	-3249.97
2	23.93	76.08	37.87	0.7	123.49	222.41	868.7846	-734.005	1170.338	-1009.1
	30.37	0	51.21	0	117.27	337.03	1002.851	-831.533	1563.286	-1563.29
3	23.2	69.36	40.41	0.87	152.97	191.95	951.1341	-817.553	1072.716	-925.233
	29.13	0	55.08	0	149.98	357.13	1168.32	-991.479	1688.921	-1688.92
4	24.25	70.35	40.94	1.2	123.02	195.02	830.8587	-693.96	1049.217	-898.992
	30.26	0	55.9	0	119.2	347.07	1028.416	-847.48	1607.886	-1607.89
5	26.42	85.45	46.89	1.75	126.64	171.15	824.5125	-670.362	939.5564	-736.835
	32.81	0	64.13	0	123.85	346.32	1058.32	-854.746	1610.595	-1610.6
6	24.84	66.28	36.47	1.59	93.53	160.84	659.8599	-531.109	864.6393	-722.112
	30.65	0	49.96	0	86.76	272.6	792.5095	-623.228	1254.238	-1254.24
7	25.49	70.78	43.27	1.87	99.17	138.3	682.97	-518.574	782.0757	-629.553
	31.35	0	59.25	0	94.64	235.15	788.307	-598.647	1106.876	-1106.88
8	31.45	77.03	40.4	2.28	40.62	109.88	385.3353	-234.45	596.2047	-429.654
	38.5	0	55.43	0	38.29	192.21	501.6291	-304.376	855.5274	-855.527
9	18.7	66.69	26.84	2.07	51.91	80.64	367.4454	-271.811	476.1876	-332.002
	22.67	0	34.98	0	44.44	123.17	402.2697	-281.415	573.3084	-573.308
10	19.88	66.24	39.69	3.77	18.97	39	191.3625	-66.2655	261.2127	-114.192
	26.44	0	66.25	0	18.3	68.91	261.0111	-66.3621	312.48	-312.48

Tabel 6.47 Momen maksimum kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 6m

Lnt Kim	M _{ok-x} (kN-m)	M _{ok-y} (kN-m)	M _{lx-x} (kN-m)	M _{ly-y} (kN-m)	M _{rx-x} (kN-m)	M _{ry-y} (kN-m)	M _{uk-x} (kN-m)		M _{uk-y} (kN-m)	
							Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	0.28	56.67	37.23	9.84	463.7	593.32	2728.19	-2649.46	3123.992	-2936.42
	0.32	0	51.49	0	447.36	642.57	2742.95	-2634.15	3262.468	-3262.47
2	0.29	81.12	31.65	14.49	258.81	222.15	1400.44	-1333.38	1359.521	-1159.74
	0.35	0	43.72	0	352.59	409.58	2043.22	-1950.68	2164.499	-2164.5
3	0.04	73.66	31.04	13.78	297.54	191.56	1523.67	-1458.4	1271.264	-1087.64
	0.05	0	42.87	0	324.27	357.13	1856.98	-1766.85	1908.526	-1908.53
4	0.01	74.61	31.61	14.25	296.67	194.54	1524.34	-1457.93	1284.175	-1097.57
	0.01	0	43.63	0	324.81	347.07	1847.33	-1755.69	1866.955	-1866.95
5	0.1	90.43	35.76	17.66	253.04	170.46	1315.2	-1239.89	1148.257	-921.266
	0.12	0	49.3	0	279.28	346.32	1661.23	-1557.45	1806.437	-1806.44
6	0.05	70.03	29.73	13.93	243.39	160.25	1255.42	-1192.88	1067.879	-891.563
	0.06	0	40.91	0	269.54	272.6	1518.56	-1432.53	1484.54	-1484.54
7	0.04	74.73	30.28	15.01	187.38	137.62	992.233	-928.561	908.3298	-719.876
	0.06	0	41.59	0	211.03	236.15	1226.35	-1138.88	1253.528	-1253.53
8	0.33	81.52	38.39	16.6	187.82	109.07	967.978	-884.566	787.7732	-591.721
	0.38	0	53.71	0	222.56	192.21	1233.62	-1120.23	1087.733	-1087.73
9	0.14	68.05	12.94	14.84	89.7	79.95	491.211	-463.743	536.8465	-361.778
	0.17	0	19.5	0	97.5	123.17	582.198	-547.191	640.164	-640.164
10	0.22	84.51	30.89	14.1	20.98	37.78	168.384	-103.053	288.6513	-81.5703
	0.26	0	47.99	0	16.15	68.91	205.319	-103.994	309.771	-309.771

Tabel 6.48 Momen maksimum kolom A-1 dan A-2 untuk bentang 8m

Lnt Kim	M _{ok-x} (kN-m)	M _{ok-y} (kN-m)	M _{lx-x} (kN-m)	M _{ly-y} (kN-m)	M _{rx-x} (kN-m)	M _{ry-y} (kN-m)	M _{uk-x} (kN-m)		M _{uk-y} (kN-m)	
							Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	31.85	46.56	62.34	0.55	540.27	678.4	3222.818	-3025.02	3579.486	-3480.55
	42.26	0	90.94	0	537.57	740.86	3331.163	-3051.44	3789.094	-3789.03
2	44.35	67.83	55.07	1	157.04	256.27	1086.859	-878.077	1346.476	-1201.93
	58.92	0	79.63	0	182.12	472.15	1379.291	-1088.34	2174.701	-2174.7
3	41.15	61.54	59.39	1.42	187.86	221.24	1173.299	-962.165	1332.007	-1099.79
	54.18	0	86.21	0	186.74	411.77	1450.548	-1155.73	1864.726	-1964.73
4	41.7	62.32	59.45	1.73	148.94	224.71	1014.89	-802.475	1198.699	-1084.19
	54.5	0	86.31	0	146.87	400.09	1268.818	-873.117	1665.434	-1865.43
5	44.59	75.54	67.63	2.33	163.67	197.07	1053.553	-817.891	1115.882	-951.945
	57.87	0	97.84	0	164.9	399.1	1358.942	-1031.95	1863.994	-1883.99
6	41.45	58.55	50.92	2.24	112.93	136.14	804.5709	-610.594	983.7993	-856.05
	53.42	0	73.84	0	106.41	313.94	976.1094	-708.863	1452.626	-1452.62
7	42.09	62.48	61.11	2.66	131.87	159.95	862.491	-645.771	902.1432	-765.349
	54.09	0	86.18	0	130.31	270.4	1037.39	-738.623	1299.871	-1299.87
8	51.72	68.09	55.77	3.25	54.49	125.93	500.3943	-274.665	672.4704	-522.656
	66.19	0	79.98	0	77.87	220.41	758.1441	-451.397	1023.838	-1023.84
9	32.08	57.6	37.25	2.91	67.14	91.98	470.6793	-325.086	534.4479	-407.377
	40.38	0	50.77	0	58.33	140.31	517.4841	-326.069	662.7878	-662.798
10	37.23	66.62	60.45	6.52	33.5	42.83	297.2298	-92.1016	297.843	-146.349
	49.26	0	105.08	0	39.07	76.62	422.6922	-98.5782	371.0322	-371.032

$$N_{ult} = 1,05 N_{gk} + 0,7 R_{\phi} \left(0,3 \sum M_{ult, bx} + \sum M_{ult, by} \right)$$

Persamaan yang digunakan adalah

1. Gaya aksial rencana kolom

akibat beban gempa

Gaya aksial maksimum merupakan fungsi dari gaya gravitasi ditambah gaya aksial

dan momen kapasitas balok setelah sebelumnya dikalikan dengan faktor reduksi, Rn.

Gaya aksial rencana merupakan fungsi dari gaya aksial akibat beban gravitasi

(100% sumbu utama + 30% arah tegak lurus sumbu utama)

momen rencana kolom diatas, dengan tetap menggunakan rumus uniaxial yang ada

Gaya aksial kolom dihitung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan

6.1.4 Gaya aksial rencana dan gaya aksial maksimum kolom

Lmt	Kim	Mokx (kN-m)		Moky (kN-m)		Mlx (kN-m)		Mly (kN-m)		Mlx (kN-m)		Mly (kN-m)		Mokx (kN-m)		Moky (kN-m)		
		Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	
1	1	0,5	62,4	0,5	62,4	7,53	563,17	678,31	3279,09	-3160,88	3631,923	-3485,07	3778,463	-3778,46	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
1	2	0,53	90,8	0,53	90,8	11,14	381,11	259,98	1976,39	-1870	1662,352	-1448,28	2506,396	-2506,4	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
2	1	0,69	77,36	0,69	77,36	0	415,37	472,15	2421,42	-2257,51	2506,396	-2506,4	2506,396	-2506,4	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
2	2	0,09	72,68	0,09	72,68	0	385,48	411,77	2214,25	-2061,44	2215,139	-2215,14	2215,139	-2215,14	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
3	1	0,07	81,94	0,07	81,94	10,76	353,49	220,81	1815,49	-1710,26	1470,134	-1275,46	1470,134	-1275,46	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
3	2	0,09	72,68	0,09	72,68	0	385,48	411,77	2214,25	-2061,44	2215,139	-2215,14	2215,139	-2215,14	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
4	1	0,04	82,81	0,04	82,81	11,22	326,96	224,19	1707,66	-1603,66	1452,299	-1254,84	1452,299	-1254,84	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
4	2	0,06	76,87	0,06	76,87	0	390,96	362,67	2179,77	-2018,22	2015,824	-2015,82	2015,824	-2015,82	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
5	1	0,11	100	0,11	100	13,96	297,56	196,31	1558,28	-1435,93	1319,086	-1079,77	1319,086	-1079,77	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
5	2	0,12	80,73	0,12	80,73	0	328,77	399,1	1968,59	-1798,81	2090,47	-2090,47	2090,47	-2090,47	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
6	1	0,11	77,25	0,11	77,25	11,09	295,44	184,5	1523,49	-1423,15	1239,911	-1054,4	1239,911	-1054,4	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
6	2	0,15	73,44	0,15	73,44	0	327,48	313,94	1848,25	-1693,71	1731,173	-1731,17	1731,173	-1731,17	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
7	1	0,13	82,32	0,13	82,32	11,98	220,01	158,19	1176,93	-1070,79	1040,626	-842,696	1040,626	-842,696	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
7	2	0,17	68,91	0,17	68,91	0	249,16	270,4	1459,71	-1314,64	1449,622	-1449,62	1449,622	-1449,62	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
8	1	0,4	69,64	0,4	69,64	13,32	234,6	125,01	1212,65	-1073,02	928,746	-712,53	928,746	-712,53	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
8	2	0,47	98,62	0,47	98,62	0	282,61	220,41	1568,72	-1360,63	1281,811	-1281,81	1281,811	-1281,81	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
9	1	0,25	74,64	0,25	74,64	11,54	103,12	91,16	571,538	-524,393	603,1872	-422,419	603,1872	-422,419	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
9	2	0,31	27,59	0,31	27,59	0	110,9	140,31	671,666	-613,276	729,036	-729,036	729,036	-729,036	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
10	1	0,37	95,24	0,37	95,24	12,39	13,93	41,36	166,406	-54,8331	304,2753	-78,2523	304,2753	-78,2523	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523
10	2	0,5	84,4	0,5	84,4	0	35,46	76,62	334,618	-156,328	366,4836	-366,484	366,4836	-366,484	366,4836	-366,4836	304,2753	-78,2523

Tabel 6.49 Momen maksimum kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 8m

dimana,

$$\phi_0 = 1,25 \text{ untuk } f_y \leq 400 \text{ Mpa}$$

$$l_{bk-x} = 4,00 \text{ m}$$

$$l_{bk-y} = 8,00 \text{ m}$$

$$R_v = 1,1 - 0,025.9 = 1,1 - 0,025.9 = 0,875$$

a. Gaya aksial rencana kolom tengah lantai 10 arah x

$$N_{g, k} = N_{D,k} + N_{L,k} + \Sigma \text{ berat sendiri kolom}$$

$$= 32,67 + 2,99 + 237,300 = 272,96 \text{ kN}$$

$$N_{u,kl-x-\text{maks}} = (1,05.272,96) + 0,7.0,875.1,25. (110,381 + 110,586)/0,8.0,3$$

$$= 292,952 \text{ kN}$$

$$N_{u,kl-x-\text{min}} = (1,05.272,96) - 0,7.0,875.1,25. (110,381 + 110,586)/0,8.0,3$$

$$= 280,264 \text{ kN}$$

b. Gaya aksial rencana kolom tengah lantai 10 arah y

$$N_{u,kl-y-\text{maks}} = (1,05.272,960) + 0,7.0,875.1,25. (110,381 + 110,580)/0,8$$

$$= 307,755 \text{ kN}$$

$$N_{u,kl-y-\text{min}} = (1,05.272,960) - 0,7.0,875.0,1,25. (110,381 + 110,580)/0,8$$

$$= 265,461 \text{ kN}$$

2. Gaya aksial maksimum kolom

a. Gaya aksial maksimum kolom tengah lantai 10 arah x

$$N_{u, kl-x \text{ atas}} = 1,05.(272,960 + 4.(1,69 + 0,3.7,41)) = 303,043 \text{ kN}$$

$$N_{u, kl-x \text{ bawah}} = 1,05.(272,960 - 4.(1,69 + 0,3.7,41)) = 270,173 \text{ kN}$$

b. Gaya aksial maksimum kolom tengah lantai 10 arah y

$$N_{u, kl-y \text{ atas}} = 1,05.(272,960 + 4.(1,69.0,3 + 7,41)) = 319,859 \text{ kN}$$

$$N_{u, kl-y \text{ bawah}} = 1,05.(272,960 - 4.(1,69.0,3 + 7,41)) = 253,357 \text{ kN}$$

Tabel 6.50 Gaya aksial rencana kolom A-1 dan A-2 untuk bentang 4m

Lmt	Kim	Ngk	Mnak,b-x (kN-m)		Mnak,b-y (kN-m)		Nuk-x (kN)		Nuk-y (kN)	
			Neg	Pos	Neg	Pos	Max	Min	Max	Min
1	1	1734.600	92.116	92.175	272.877	273.048	1644.824	2261.319	1485.916	2490.243
			92.057	92.175	327.145	327.247	1839.352	1606.706	2110.772	1439.943
2	1	1640.980	92.086	92.175	272.877	273.048	2490.243	2490.243	1485.916	2490.243
			92.057	92.175	327.145	327.247	1839.352	1606.706	2110.772	1439.943
3	1	1545.780	92.146	92.175	272.791	272.877	1525.534	1948.184	1381.875	2142.032
			92.116	92.175	272.791	272.877	1525.534	1948.184	1381.875	2142.032
4	1	1461.130	69.176	69.243	273.048	273.304	1616.054	1452.319	1807.080	1345.307
			69.176	69.243	273.048	273.304	1616.054	1452.319	1807.080	1345.307
5	1	1366.350	69.243	69.332	273.39	273.39	1600.849	1368.486	1655.273	1277.180
			69.265	69.309	273.39	273.39	1816.049	1816.049	1816.049	1816.049
6	1	1049.990	69.376	69.421	219.985	219.464	1152.973	1052.006	1270.767	997.419
			69.376	69.421	219.985	219.464	1421.238	1421.238	1421.238	1421.238
7	1	966.690	46.325	46.369	219.395	219.532	1258.100	977.025	1141.236	930.696
			69.443	46.399	219.395	219.532	1258.100	1258.100	1258.100	1258.100
8	1	893.370	46.414	46.458	164.654	164.905	963.331	912.746	1022.348	853.729
			46.369	46.488	164.654	164.905	1118.754	1118.754	1118.754	1118.754
9	1	576.130	46.503	46.607	165.111	165.111	621.077	589.426	658.002	552.501
			46.458	46.577	165.111	165.111	711.186	711.186	711.186	711.186
10	1	272.960	46.607	46.651	110.381	110.586	292.952	280.264	307.755	265.461
			46.562	46.637	110.381	110.586	326.361	326.361	326.361	326.361

Tabel 6.51 Gaya aksial rencana kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 4m

Lmt	Kim	Ngk	Mnak,b-x (kN-m)		Mnak,b-y (kN-m)		Nuk-x (kN)		Nuk-y (kN)	
			Neg	Pos	Neg	Pos	Max	Min	Max	Min
1	1	1635.220	92.116	92.175	327.042	327.145	1661.330	1528.285	2198.143	1340.263
			92.116	92.175	327.042	327.145	2477.864	2477.864	2477.864	2477.864
2	1	1550.230	92.086	92.175	326.837	326.939	1753.308	1502.175	2046.296	1313.730
			92.057	92.175	326.837	326.939	2302.146	2302.146	2302.146	2302.146
3	1	1471.890	92.146	92.175	327.042	327.042	1652.280	1438.689	1901.470	1294.139
			92.116	92.175	327.042	327.042	2139.312	2139.312	2139.312	2139.312
4	1	1392.570	69.176	69.243	272.791	272.877	1550.215	1374.182	1755.696	1252.667
			69.176	69.198	272.791	272.877	1978.452	1978.452	1978.452	1978.452
5	1	1312.410	69.243	69.332	273.048	273.133	1450.380	1305.681	1619.196	1220.852
			69.265	69.309	273.048	273.133	1819.388	1819.388	1819.388	1819.388
6	1	1000.210	69.376	69.421	273.304	273.390	1106.889	993.652	1239.115	924.395
			69.376	69.421	273.304	273.390	1415.726	1415.726	1415.726	1415.726
7	1	931.340	46.325	46.369	219.054	219.054	1018.879	936.935	1114.481	883.568
			69.443	46.399	219.054	219.054	1264.064	1264.064	1264.064	1264.064
8	1	861.610	46.414	46.458	219.395	219.395	933.084	876.297	999.336	810.045
			46.369	46.488	219.395	219.395	1114.407	1114.407	1114.407	1114.407
9	1	559.990	46.503	46.607	164.752	164.752	603.785	572.194	640.642	535.337
			46.458	46.577	164.752	164.752	719.250	719.250	719.250	719.250
10	1	264.080	46.607	46.651	110.176	110.176	283.619	270.949	298.402	256.166
			46.562	46.637	110.176	110.484	327.789	327.789	327.789	327.789

Tabel 6.52 Gaya aksial rencana kolom A-1 dan A-2 untuk bentang 6m

Lmt	Klm	Ngk	Mnak,b-x (kN-m)		Mnak,b-y (kN-m)		Nuk-x (kN)		Nuk-y (kN)		
			Neg	Pos	Neg	Pos	Max	Min	Max	Min	
1	1	2	2106,300	458,356	385,067	463,778	281,978	2402,085	1944,968	2846,516	1719,355
			2965,210	528,839	458,207	463,778	281,978	2418,498	1956,253	2009,008	1742,164
2	1	1	1946,500	458,952	385,44	555,296	281,713	2212,884	1874,766	2607,354	1623,083
			2697,320	529,534	458,803	555,296	281,713	2832,186	2832,186	2607,354	2632,186
3	1	1	1856,040	382,957	308,849	555,473	281,713	2093,870	1803,814	2432,267	1608,452
			2530,010	530,229	382,957	555,473	281,713	2656,511	2656,511	2656,511	2656,511
4	1	1	1701,640	383,702	309,445	463,336	281,889	1907,713	1665,731	2190,026	1491,047
			2275,560	531,272	383,578	463,336	281,889	2389,338	2389,338	2389,338	2389,338
5	1	1	1609,160	384,695	310,14	463,925	282,066	1789,213	1590,023	2021,601	1465,478
			2111,820	458,568	384,571	463,925	282,066	2217,411	2217,411	2217,411	2217,411
6	1	2	1221,290	285,44	283,201	464,666	282,331	1360,531	1204,178	1542,944	1111,888
			1626,350	457,462	308,451	464,666	282,331	1707,668	1707,668	1707,668	1707,668
7	1	1	1139,420	309,445	233,946	373,025	189,281	1253,113	1139,669	1385,463	1079,668
			1471,100	382,682	309,445	373,025	189,281	1544,655	1544,655	1544,655	1544,655
8	1	1	993,350	310,537	234,84	374,203	189,222	1083,595	1002,440	1178,275	907,760
			1228,060	384,074	310,637	374,203	189,222	1289,463	1289,463	1289,463	1289,463
9	1	1	678,430	233,946	157,305	281,624	189,222	736,752	687,951	793,688	631,015
			841,650	308,551	234,169	281,624	189,222	883,733	883,733	883,733	883,733
10	1	2	305,830	157,255	158,149	189,163	189,87	332,004	310,239	357,396	284,847
			369,020	234,244	157,454	189,163	189,87	387,471	387,471	387,471	387,471

Tabel 6.53 Gaya aksial rencana kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 6m

Lmt	Klm	Ngk	Mnak,b-x (kN-m)		Mnak,b-y (kN-m)		Nuk-x (kN)		Nuk-y (kN)		
			Neg	Pos	Neg	Pos	Max	Min	Max	Min	
1	1	2	2119,460	458,356	385,067	463,778	281,978	2418,498	1956,253	2009,008	1742,164
			3129,870	528,839	458,207	463,778	281,978	3286,364	3286,364	3286,364	3286,364
2	1	1	1985,720	458,952	385,44	555,296	281,713	2256,670	1913,342	2657,221	1655,562
			2882,020	529,534	458,803	555,296	281,713	3026,121	3026,121	3026,121	3026,121
3	1	1	1856,040	382,957	308,849	555,296	281,713	2098,743	1803,477	2443,220	1602,007
			2647,040	530,229	382,957	555,296	281,713	2779,392	2779,392	2779,392	2779,392
4	1	1	1729,400	383,702	309,445	463,336	281,801	1939,472	1692,268	2227,876	1511,425
			2414,730	531,272	383,578	463,336	281,801	2535,467	2535,467	2535,467	2535,467
5	1	1	1599,400	384,695	310,14	463,925	281,978	1778,923	1579,817	2011,212	1458,337
			2184,640	458,568	384,571	463,925	281,978	2293,872	2293,872	2293,872	2293,872
6	1	2	1237,110	285,44	283,201	464,608	282,331	1277,103	1220,828	1559,423	1128,575
			1722,230	457,462	308,451	464,608	282,331	1808,342	1808,342	1808,342	1808,342
7	1	1	1117,790	309,445	233,946	372,789	189,163	1230,366	1116,993	1362,633	1057,196
			1500,390	382,682	309,445	372,789	189,163	1575,410	1575,410	1575,410	1575,410
8	1	2	997,420	310,537	234,84	374,085	189,163	1087,843	1006,739	1182,464	912,118
			1280,930	384,074	310,637	374,085	189,163	1344,977	1344,977	1344,977	1344,977
9	1	1	644,940	233,946	157,305	281,447	189,104	701,568	652,806	758,455	695,919
			828,070	308,551	234,169	281,447	189,104	869,474	869,474	869,474	869,474
10	1	2	298,210	157,255	158,149	188,928	189,693	323,981	302,250	349,356	276,885
			379,030	234,244	157,454	188,928	189,693	397,962	397,962	397,962	397,962

Lmt	Klm	Ngk	Mnak,b-x (kN-m)		Mnak,b-y (kN-m)		Nuk-x (kN)		Nuk-y (kN)		
			Neg	Pos	Neg	Pos	Min	Max	Min	Max	
1	1	1	1818,080	554,059	373,025	554,236	281,447	2115,413	1622,325	2607,031	1371,481
			2	2759,160	735,173	497,069	554,236	281,447	2897,118	2697,118	2897,118
2	1	1	4732,880	554,059	373,025	552,822	281,094	2004,081	1634,967	2434,714	1364,373
			2	2578,020	735,173	497,069	552,822	281,094	2706,921	2706,921	2706,921
3	1	1	1611,900	554,589	373,378	552,999	281,094	1653,110	1531,880	2227,877	1317,440
			2	2346,650	735,865	497,543	552,999	281,094	2463,983	2463,983	2463,983
4	1	1	1533,530	555,296	373,850	553,529	281,271	1746,873	1473,540	2066,763	1297,803
			2	2180,400	736,833	498,175	553,529	281,271	2289,420	2289,420	2289,420
5	1	1	1409,930	463,630	374,439	554,589	281,536	1593,126	1367,727	1866,090	1212,347
			2	1953,170	615,212	374,224	554,589	281,536	2050,829	2050,829	2050,829
6	1	1	1097,960	464,367	281,359	555,826	281,801	1241,561	1064,166	1448,502	965,068
			2	1558,060	616,003	374,935	555,826	281,801	1633,863	1633,863	1633,863
7	1	1	985,030	465,398	282,066	464,661	283,243	1098,926	969,637	1249,762	891,170
			2	1336,060	617,385	375,765	464,661	283,243	1402,863	1402,863	1402,863
8	1	1	914,810	373,378	189,045	373,143	188,928	1003,722	917,379	1104,454	816,647
			2	1180,930	495,172	376,713	373,143	188,928	1239,977	1239,977	1239,977
9	1	1	568,600	374,439	189,045	374,566	188,928	623,669	569,891	687,037	506,813
			2	729,040	496,595	251,695	374,566	188,928	765,492	765,492	765,492
10	1	1	271,430	189,456	189,811	189,574	189,517	295,857	274,146	321,186	248,817
			2	343,220	375,863	252,801	189,574	189,517	360,381	360,381	360,381

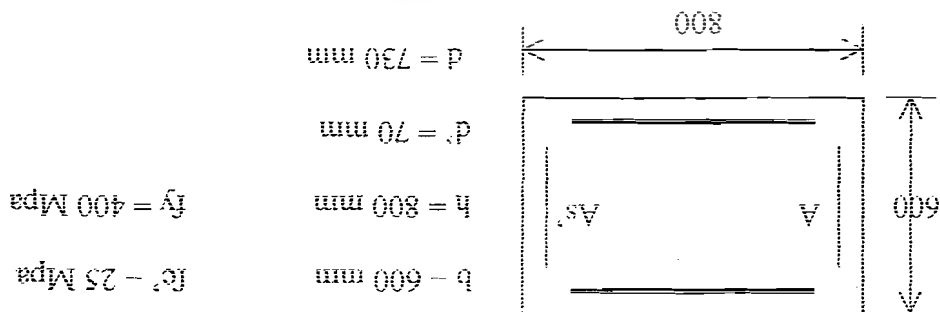
Tabel 6.55 Gaya aksial rencana kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 8m

Lmt	Klm	Ngk	Mnak,b-x (kN-m)		Mnak,b-y (kN-m)		Nuk-x (kN)		Nuk-y (kN)		
			Neg	Pos	Neg	Pos	Min	Max	Min	Max	
1	1	1	1930,860	554,059	373,025	555,826	281,359	2225,733	1752,908	2688,503	1526,444
			2	2691,290	735,173	497,069	555,826	281,359	2625,855	2625,855	2625,855
2	1	1	1776,240	554,059	373,025	554,589	2039,346	1690,758	2446,031	1426,770	2554,461
			2	2432,820	735,173	497,069	554,589	374,566	2554,461	2554,461	2554,461
3	1	1	1723,910	554,589	373,378	554,766	281,094	1957,723	1662,488	2302,162	1461,039
			2	2328,170	735,865	497,543	554,766	281,094	2444,579	2444,579	2444,579
4	1	1	1675,970	555,296	373,850	555,296	281,359	1778,387	1531,150	2066,831	1350,358
			2	2084,060	736,833	498,175	555,296	281,359	2188,263	2188,263	2188,263
5	1	1	1622,270	463,630	374,439	463,630	281,889	1697,981	1498,786	1930,376	1374,291
			2	1983,270	615,212	374,224	463,630	281,889	2082,434	2082,434	2082,434
6	1	1	1141,160	464,367	281,359	464,809	262,249	1276,411	1120,025	1458,661	1027,762
			2	1508,380	616,003	374,935	464,809	282,243	1583,799	1583,799	1583,799
7	1	1	1097,970	465,398	282,066	373,025	189,399	1209,613	1096,124	1342,017	1036,258
			2	1416,480	617,385	375,765	373,025	189,399	1487,304	1487,304	1487,304
8	1	1	958,720	373,378	189,045	374,321	189,399	1047,268	966,059	1141,978	871,334
			2	1184,440	495,172	376,713	374,321	189,399	1243,662	1243,662	1243,662
9	1	1	682,090	374,439	189,045	281,889	189,399	740,606	691,783	797,567	634,822
			2	861,060	496,595	251,695	281,889	189,399	904,134	904,134	904,134
10	1	1	315,190	188,456	189,811	189,163	189,811	341,830	320,069	367,218	294,681
			2	399,740	375,863	252,801	189,163	189,811	419,727	419,727	419,727

Tabel 6.54 Gaya aksial rencana kolom A-1 dan A-2 untuk bentang 8m

6.1.5 Grafik interaksi kolom dan contoh perhitungan

Mutu bahan dan dimensi kolom tengah adalah



Luas tulangan total yang digunakan disebat ke 4 sisi kolom sesuai dengan persyaratan ketahanan gempa. Karena kolom menahan beban secara siklis yang arahnya merupakan kombinasi dari arah x dan y, sehingga $A_s = A_s' = 0,25 A_{st}$.

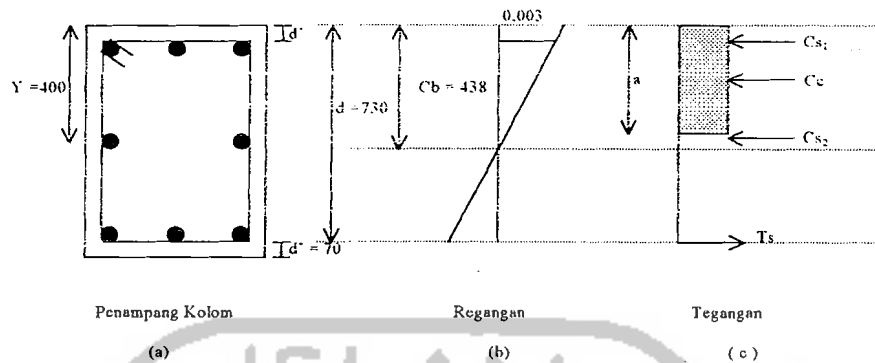
Dicoba luas tulangan minimum 1% dari luas bruto, A_g .
 $A_{st} = 1\% \cdot 600 \cdot 800 = 4800 \text{ mm}^2$

1. Kondisi beban sentris

Gaya desak, P berimpit dengan sumbu memanjang kolom sehingga tegangan desak terjadi diseluruh penampang kolom yang mengakibatkan seluruh tulangan mengalami gaya desak. Karena itu, luas tulangan yang digunakan adalah tulangan total (A_{st}).

$$\begin{aligned}
 P_o &= 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\
 &= 0,85 \cdot 25 \cdot (480000 - 4800) \cdot 10^{-3} + 400 \cdot 4800 \cdot 10^{-3} = 12018 \text{ kN} \\
 P_n (\text{max}) &= 0,8 \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}) \\
 &= 0,8 \cdot (12018) = 9614,4 \text{ kN} \\
 \phi P_n &= 0,65 \cdot 9614,4 = 6249,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Kondisi balance



Gambar 6.4 Diagram tegangan dan regangan

Letak garis netral dalam kondisi seimbang adalah,

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 730}{600 + 400} = 438 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = 0,85 \cdot 438 = 372,3 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi,

Untuk baja mutu $f_y = 400$ Mpa, regangan lelehnya adalah,

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,0020$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{c_b - a''}{c_b} \cdot 0,003 = \frac{438 - 70}{438} \cdot 0,003 = 0,00252 > \varepsilon_y = 0,0020, \text{ baja desak leleh}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{c_b - y}{c_b} \cdot 0,003 = \frac{438 - 400}{438} \cdot 0,003 = 0,00026 < \varepsilon_y = 0,0020, \text{ baja desak belum}$$

leleh

$$\varepsilon_s = \frac{d - c_b}{c_b} \cdot 0,003 = \frac{730 - 438}{438} \cdot 0,003 = 0,002 = \varepsilon_y = 0,0020; \text{ baja tarik leleh}$$

Tegangan pada bagian baja desak yang belum leleh adalah,

$$f'_{s2} = E_s \cdot \frac{c_b - y}{c_b} \cdot 0,003 = E_s \cdot \varepsilon_{s2} = 200000 \cdot 0,00026 = 52 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b \cdot 10^{-3} = 0,85 \cdot 25 \cdot 372 \cdot 3 \cdot 600 \cdot 10^{-3} = 4746,825 \text{ kN}$$

Tulangan yang berada dekat garis netral mempunyai tegangan-tegangan yang lebih kecil dari tegangan luluh baja, sehingga dari sumbu netral C dapat dicari regangan baja yang terjadi pada penampang kolom tersebut. Berdasarkan gambar diatas, maka luas tulangan $A_s = A_s'$

$$A_s = A_s' = 0,25 + (0,25/2) \cdot A_{st} = 0,375 \cdot 4800 = 1800 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pada sisi } A_{s_{ki}} = A_{s_{ka}} = 0,25 \cdot 4800 = 1200 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tegangan desak baja, } C_{s1} = A_s' \cdot f_y = 1800 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 720 \text{ kN}$$

$$C_{s2} = A_{s_{ki}} = A_{s_{ka}} \cdot f_s' \cdot 2 = 1200 \cdot 52 \cdot 10^{-3} = 62,4 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 1800 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 720 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_{n_b} &= C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s \\ &= 4746,825 + 720 + 62,4 - 720 = 4809,225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{n_b} &= C_c \cdot (y - a_b/2) + C_{s1} \cdot (y - d') + C_{s2} \cdot (0) + T_s \cdot (d - y) \\ &= \{4746,825 \cdot (400 - 372 \cdot 3/2) + 720 \cdot (400 - 70) + 62,4 \cdot (0) + 720 \cdot (730 - 400)\} \\ &= 1490,309 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{n_b}}{P_{n_b}} = \frac{1490,309}{4809,225} = 0,30989 \text{ m} = 309,9 \text{ mm}$$

$$\phi P_{n_b} = 0,65 \cdot 4809,225 = 3125,996 \text{ kN}$$

$$\phi M_{n_b} = 0,65 \cdot 1490,309 = 968,701 \text{ kN-m}$$

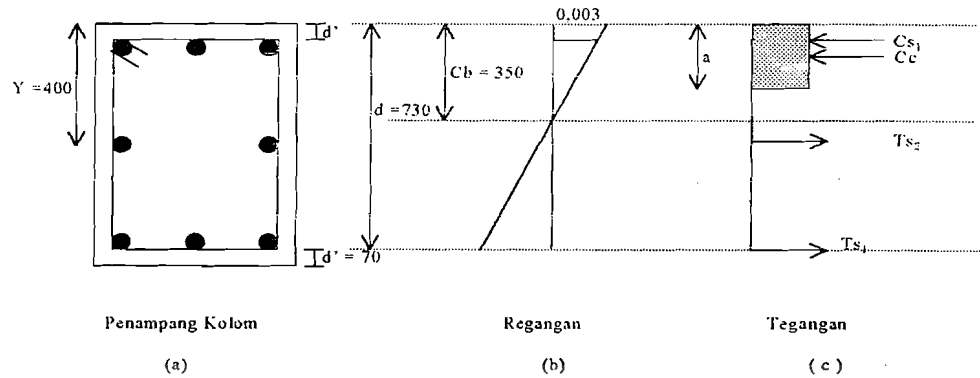
3. Kondisi patah tarik (keruntuhan tarik)

Syarat keruntuhan tarik, $e > e_b$ atau $P_n < P_{n_b}$

a. Diambil $c = 350 \text{ mm} < c_b = 438 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 350 = 297,5 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi



Gambar 6.5 Diagram tegangan dan regangan

$$\varepsilon_{s1}' = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{350 - 70}{350} \cdot 0,003 = 0,0024 > \varepsilon_y = 0,0020$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{d - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{730 - 350}{350} \cdot 0,003 = 0,0033 > \varepsilon_y = 0,002$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{y - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{400 - 350}{350} \cdot 0,003 = 0,00043 < \varepsilon_y = 0,002$$

$$f_{s2} = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 0,00043 \cdot 200000 = 86 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 25 \cdot 297,5 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 2528,75 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_s' \cdot f_y = 1800 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 720 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = A_{s_{ki}} \cdot f_{s_{ki}} = A_{s_{ka}} \cdot f_{s2} = 1200 \cdot 86 \cdot 10^{-3} = 103,2 \text{ kN}$$

$$T_{s1} = A_s \cdot f_y = 1800 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 720 \text{ kN}$$

$$P_n = C_c + C_{s1} - T_{s1} - T_{s2}$$

$$= 2528,75 + 720 - 103,2 - 720 = 2425,55 \text{ kN} < P_{n_t} = 4809,225 \text{ kN}$$

$$M_n = C_c \cdot (y - a/2) + C_{s1} \cdot (y - d') + T_{s1} \cdot (0) + T_{s2} \cdot (y - d')$$

$$= 2528,75 \cdot (400 - 297,5/2) + 720 \cdot (400 - 70) + 103,2 \cdot (0) + 720 \cdot (400 - 70)$$

$$= 1110,55 \text{ kN-m}$$

$$e = \frac{Mn}{Pn} = \frac{1110,55}{2425,55} = 0,458 = 458 \text{ mm} > e_b = 309,9 \text{ mm}$$

Cek

Faktor reduksi yang digunakan dengan persamaan ($0,1.Ag.fc'$), sehingga apabila ($0,1.Ag.fc'$) $>$ P_n , maka faktor reduksi (ϕ) yang digunakan $>$ $0,65$.

$$0,1.480000.25.10^{-3} = 1200 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65.2425,55 = 1576,61 \text{ kN} > 0,1.Ag.fc', \text{ sehingga faktor } \phi \text{ tetap} = 0,65$$

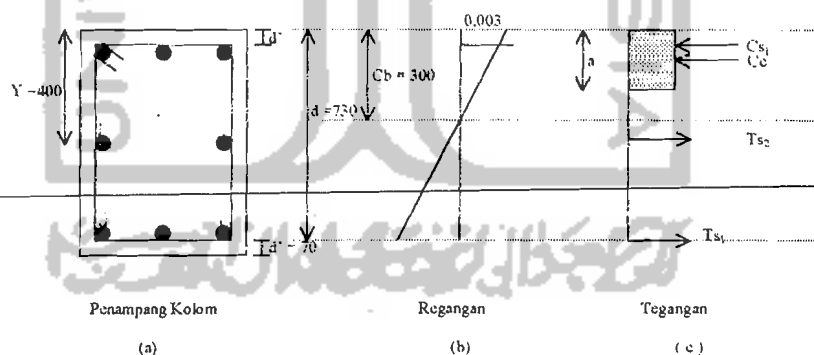
$$\phi M_n = 0,65.1110,55 = 721,86 \text{ kN-m}$$

b. Diambil $c = 300 \text{ mm} < c_b = 438 \text{ mm}$

$$a = \beta_1.c = 0,85.300 = 255 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi,

$$\varepsilon_{s'} = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{300 - 70}{300} \cdot 0,003 = 0,0023 > \varepsilon_y = 0,0020$$



Gambar 6.6 Diagram tegangan dan regangan

$$\varepsilon_{s1} = \frac{d - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{730 - 300}{300} \cdot 0,003 = 0,0043 > \varepsilon_y = 0,0020$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{y - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{400 - 300}{300} \cdot 0,003 = 0,001 < \varepsilon_y, \text{ baja tarik belum luluh}$$

$$f_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 0,001.200000 = 200 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 225 \cdot 600 \cdot 10^{-3} = 2868,75 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_s' \cdot f_y = 1800 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 720 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = A_{s_{ki}} = A_{s_{ka}} \cdot f_{s2} = 1200 \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 300 \text{ kN}$$

$$T_{s1} = A_s \cdot f_y = 1800 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 720 \text{ kN}$$

$$P_n = C_c + C_{s1} - T_{s1} - T_{s2} = 2868,75 + 720 - 720 - 300 = 2568,75 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot (y - a/2) + C_{s1} \cdot (y - d') + T_{s2} \cdot (0) + T_{s1} \cdot (y - d') \\ &= 2868,75 \cdot (400 - 225/2) + 720 \cdot (400 - 70) + 300 \cdot (0) + 720 \cdot (400 - 70) \\ &= 1299,97 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{1299,97}{2568,75} = 0,506 \text{ m} = 506 \text{ mm} > e_b = 309,9 \text{ mm}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 2568,75 = 1669,69 \text{ kN} > 0,1 \cdot A_g \cdot f_c' = 1200 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 1299,97 = 844,98 \text{ kN-m}$$

4. Kondisi patah tekan (keruntuhan tekan)

Syarat keruntuhan tekan, $e < e_b$ atau $P_n > P_{nb}$

a. Diambil $c = 500 \text{ mm} > c_b = 438 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 500 = 425 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi,

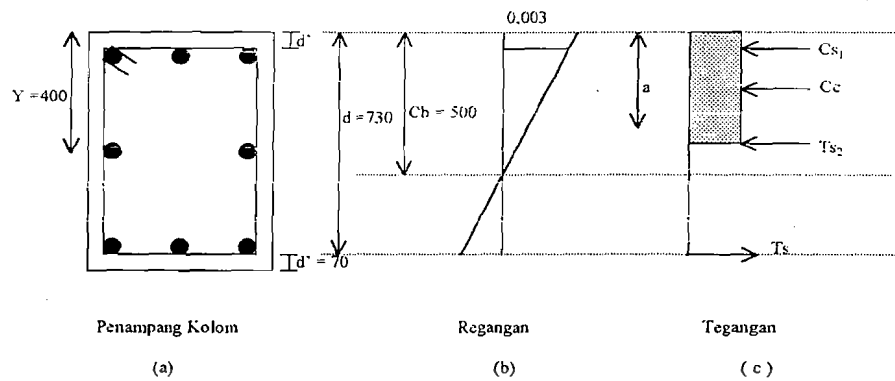
$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{500 - 70}{500} \cdot 0,003 = 0,00258 > \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{c - y}{c} \cdot 0,003 = \frac{500 - 400}{500} \cdot 0,003 = 0,0006 < \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} = \frac{730 - 500}{500} \cdot 0,003 = 0,00138 < \epsilon_y = 0,0020$$

$$f_s' = \epsilon_{s2} \cdot E_s = 0,0006 \cdot 200000 = 120 \text{ Mpa}$$

$$f_s = \epsilon_s \cdot E_s = 0,00138 \cdot 200000 = 276 \text{ Mpa}$$



Gambar 6.7 Diagram tegangan dan regangan

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 425 \cdot 600 \cdot 10^{-3} = 5418,75 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_s \cdot f_y = 1800 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 720 \text{ kN}$$

$$C_{s2} = 0,25 \cdot A_{st} \cdot f_s' = 1200 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 144 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s = 1800 \cdot 276 \cdot 10^{-3} = 496,8 \text{ kN}$$

Tabel 6.56 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom untuk ukuran 600/800

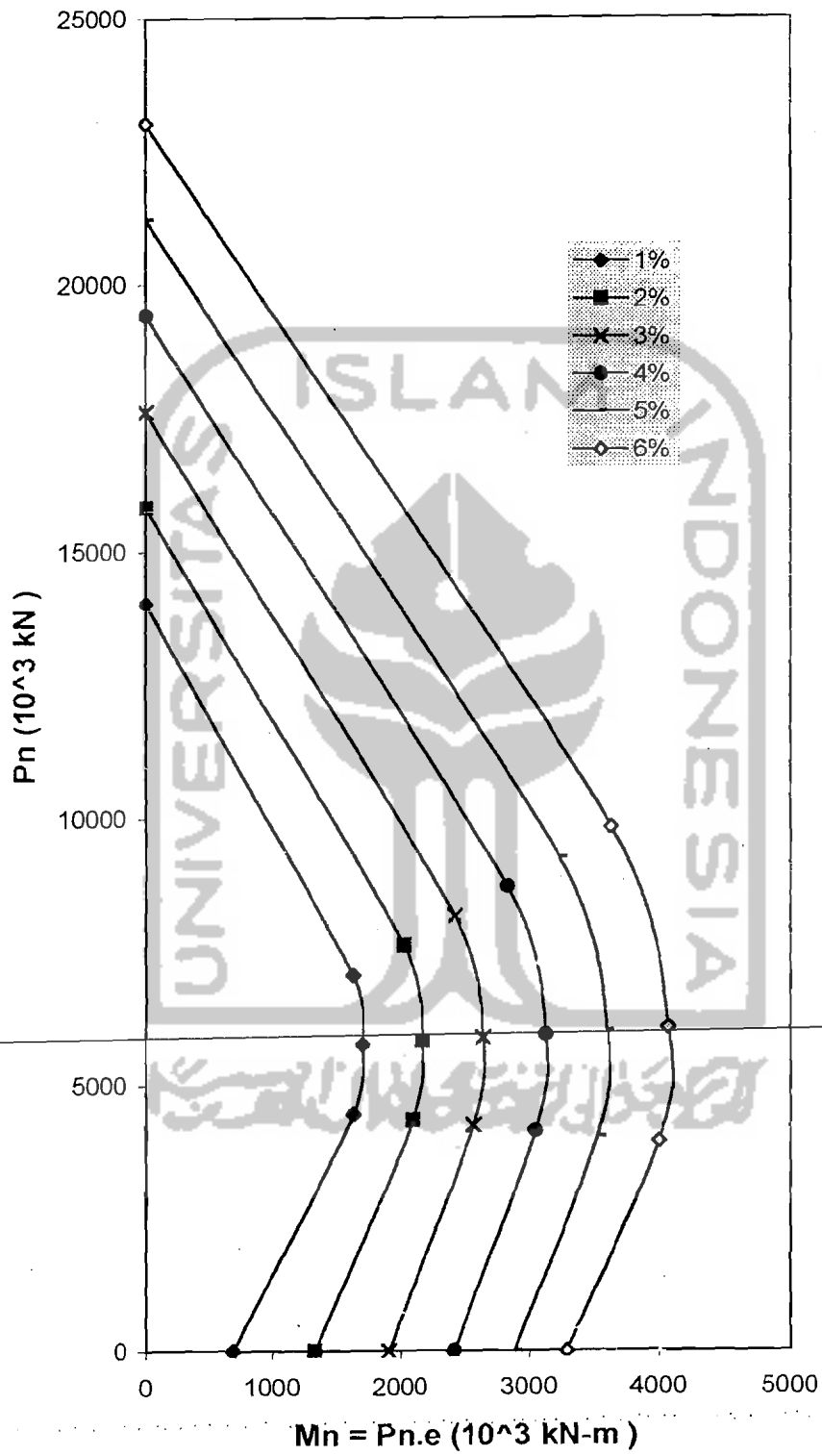
R (%)	P _o (kN)	P _u (maks) (kN)	P _u (min) (kN)	M _u (min) (kNm)	M _u (tarik) (kN)	M _u (tarik) (kNm)	P _u (tekan) (kN)	M _u (tekan) (kNm)	M _o (kNm)
1	14037,6	11230,08	5758,66	1693,33	4448,89	1618,83	7056,9	1620,76	689,365
2	15835,2	12668,16	5821,12	2168,53	4346,04	2094,03	7611,3	2022,31	1322,26
3	17632,8	14106,24	5883,59	2643,73	4243,18	2569,23	8165,7	2423,85	1898,68
4	19430,4	15544,32	5946,05	3118,93	4140,32	3044,43	8720,1	2825,40	2418,64
5	21228	16982,4	6008,52	3594,13	4037,46	3519,63	9274,5	3226,94	2882,12
6	23025,6	18420,48	6070,99	4069,33	3934,61	3994,83	9828,9	3628,48	3289,13

Tabel 6.57 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom untuk ukuran 600/600

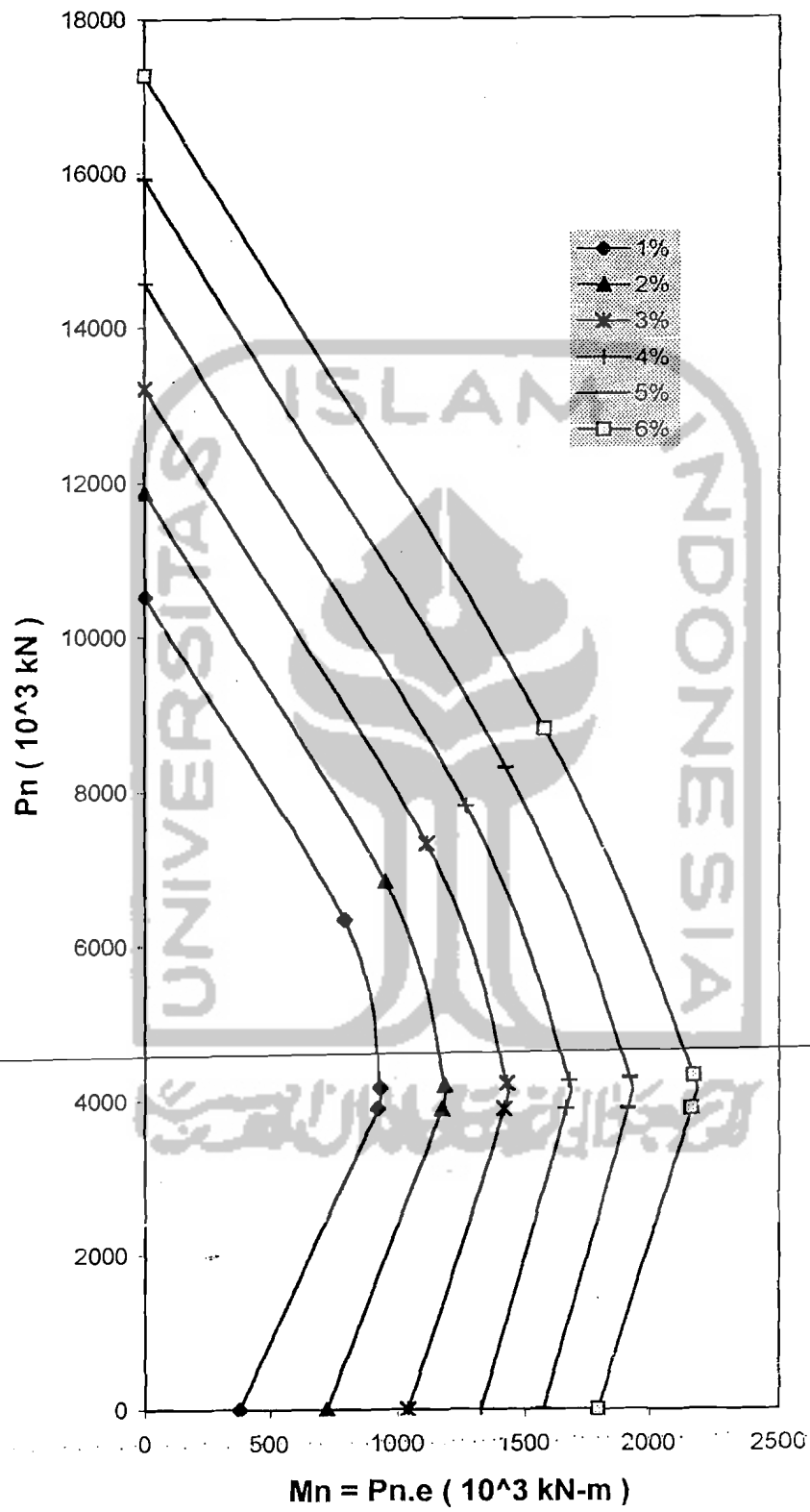
R (%)	Po (kN)	Pn (maks) (kN)	Pnb (kN)	Mnb (kNm)	Pntarik (kN)	Mntarik (kNm)	Pntekan (kN)	Mntekan (kNm)	Mo (kNm)
1	10528,2	8422,56	4166,16	930,152	3901,5	921,41	6344,25	793,32	378,32
2	11876,4	9501,12	4196,72	1178,55	3901,5	1169,81	6836,25	951,07	724,87
3	13224,6	10579,68	4227,29	1426,95	3901,5	1418,21	7328,25	1108,39	1039,66
4	14572,8	11658,24	4257,85	1675,35	3901,5	1666,61	7820,25	1265,71	1322,68
5	15921	12736,8	4288,42	1923,75	3901,5	1915,01	8312,25	1423,03	1573,94
6	17269,2	13815,36	4318,36	2172,15	3901,5	2163,41	8804,25	1580,35	1793,44

Tabel 6.58 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom untuk ukuran 600/400

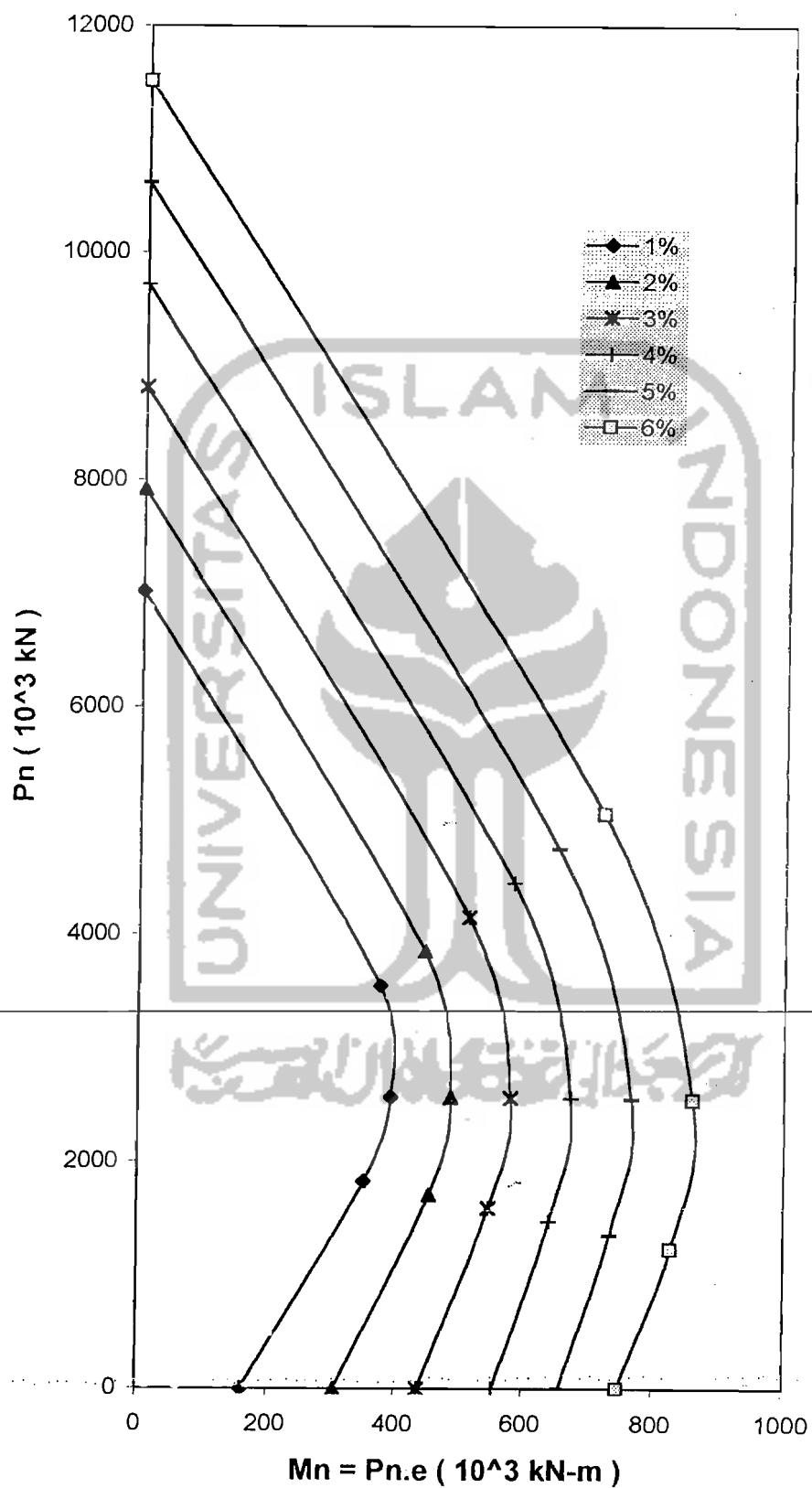
R (%)	Po (kN)	Pn (maks) (kN)	Pnb (kN)	Mnb (kNm)	Pntarik (kN)	Mntarik (kNm)	Pntekan (kN)	Mntekan (kNm)	Mo (kNm)
1	7018,8	5615,04	2571,35	391,91	1830,75	350,39	3553,65	374,07	159,74
2	7917,6	6334,08	2567,72	485,51	1710,75	452,99	3856,05	443,33	305,36
3	8816,4	7053,12	2564,08	579,11	1590,75	546,59	4158,45	512,60	436,87
4	9715,5	7772,16	2560,45	672,71	1470,75	640,19	4460,85	581,86	554,26
5	10614	8491,2	2556,81	766,31	1350,75	733,79	4763,25	651,12	657,53
6	11512,8	9210,24	2553,17	859,91	1230,75	827,39	5065,65	720,39	746,68



Gambar 6.8 Grafik interaksi kolom untuk ukuran 600/800



Gambar 6.9 Grafik interaksi kolom untuk ukuran 600/600



Gambar 6.10 Grafik interaksi kolom untuk ukuran 600/400

6.1.6 Penulangan kolom biaksial

6.1.6.1 Penulangan kolom tepi

1. Metode Bresler

$$M_{ux} = 637,253 \text{ kN-m}$$

$$M_{uy} = 671,574 \text{ kN-m}$$

$$P_u = 2198,143 \text{ kN}$$

$$M_{nx} = \frac{M_{ux}}{0,7} = \frac{637,253}{0,7} = 910,361 \text{ kN-m}$$

$$M_{ny} = \frac{M_{uy}}{0,7} = \frac{671,574}{0,7} = 959,391 \text{ kN-m}$$

$$P_n = \frac{P_u}{0,7} = \frac{2198,143}{0,7} = 3140,204 \text{ kN}$$

$$\beta = 0,65$$

Mencentukan persamaan momen uniaksial yang digunakan

$$\frac{M_{ny}}{M_{nx}} = \frac{959,391}{910,361} = 1,05 > \frac{b}{h} = \frac{60}{80} = 0,75 \text{ maka persamaan yang digunakan}$$

adalah

$$\begin{aligned} M_{noy} &= M_{ny} + M_{nx} \left(\frac{b}{h} \right) \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) \\ &= 959,391 + 910,361 \left(\frac{60}{80} \right) \left(\frac{1-0,65}{0,65} \right) = 1327,037 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\text{hitung } \frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c'} = \frac{2198,143}{0,65 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 10^3} = 0,33$$

$$\frac{M_{oy}}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot h} = \frac{1327,037 \cdot 0,7}{0,65 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 0,6} = 0,23$$

dari tabel Gideon dengan dan $d'/h' = 0,1$ (Lampiran) didapat bahwa $p = 0,026$

maka,

$$A_s' = p \cdot b \cdot h$$

$$= 0,026 \cdot 600 \cdot 800$$

$$= 12480 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan yang dipakai adalah 26D25, $A_s = 12762,720 \text{ mm}^2$

Dicari gaya aksial yang terjadi dengan menggunakan metode Bresler

$$\text{Chek } P_n \geq 0,1 f_c' A_g$$

$$3140,204 > 0,1 \cdot 25 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 10^3 = 1200 \text{ kN}$$

$$\text{dicari } P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

$$= 0,85 \cdot 25 \cdot 10^3 (0,48 - 0,01276272) + 0,01276272 \cdot 400 \cdot 10^3$$

$$= 15019,301 \text{ kN}$$

= Untuk arah X (Px)

$$P_u = 2198,143 \text{ kN}$$

$$M_u = 637,253 \text{ kN-m}$$

$$e_x = \frac{M_u}{P_u} = \frac{637,253}{2198,143} = 0,29 \text{ m}, \frac{h}{e_x} = \frac{0,8}{0,29} = 0,36$$

dari tabel Gideon (Lampiran) dengan $e_y/h = 0,36$ dan $p = 0,026$ didapat

$$\frac{P_{ox}}{e_y} = \left(\frac{h}{e_y} \right)^{\phi A_g \cdot 0,85 f_c'} = 0,30$$

$$P_{ox} = 0,30 \cdot 0,65 \cdot 480000 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 10^3 / (0,36 \cdot 0,7) = 7892,857 \text{ kN}$$

= Untuk arah Y (Py)

$$P_u = 2198,143 \text{ kN}$$

$$M_u = 671,574 \text{ kN-m}$$

$$e_x = \frac{M_u}{P_u} = \frac{671,574}{2198,143} = 0,31 \text{ m}, \frac{h}{e_x} = \frac{0,6}{0,31} = 0,51$$

dari tabel Gideon (Lampiran) untuk $e_y/h = 0,51$ dan $p = 0,026$ didapat

$$\frac{P_{oy}}{e_x} \left(\frac{b}{0,85 f_c'} \right) = 0,32$$

$$P_{oy} = 0,32 \cdot 0,65 \cdot 480000 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 10^{-3} / (0,51 \cdot 0,7) = 5942,857 \text{ KN}$$

Maka untuk mencari gaya aksialnya menggunakan rumus Bresler

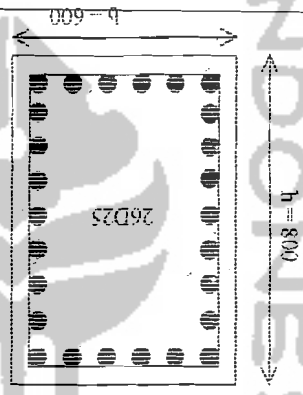
$$\frac{P_n}{P_o} = \frac{P_{ox}}{P_o} + \frac{P_{oy}}{P_o}$$

$$\frac{P_n}{1} = \frac{7892,857}{1} + \frac{5942,857}{15033,88}$$

$$P_n - 4377,332 \text{ KN}$$

$$\phi P_n = 0,7 \cdot 4377,857 = 3064,133 \text{ KN} > P_u = 2189,143 \text{ KN} \quad \text{OK!!!}$$

Dipakai 26D25, $A_s = 12762,720 \text{ mm}^2$ disebat merata pada keempat sisi



6.1.6.2 Penulangan kolom tengah

1. Metode Bresler

$$M_{ux} = 651,800 \text{ KN-m}$$

$$M_{uy} = 720,064 \text{ KN-m}$$

$$P_u = 2477,879 \text{ KN}$$

$$M_{ux} - \frac{M_{uy}}{0,7} = \frac{651,800}{0,7} = 931,143 \text{ KN-m}$$

$$M_{uy} = \frac{M_{iy}}{0,7} = \frac{720,064}{0,7} = 1028,663 \text{ kN-m}$$

$$P_n = \frac{P_u}{0,7} = \frac{2477,879}{0,7} = 3539,827 \text{ kN}$$

$$\beta = 0,65$$

Menentukan persamaan momen uniaksial yang digunakan

$$\frac{M_{ny}}{M_{nx}} = \frac{1028,663}{931,43} = 1,10 > \frac{b}{h} = \frac{60}{80} = 0,75 \text{ maka persamaan yang digunakan}$$

adalah

$$\begin{aligned} M_{noy} &= M_{ny} + M_{nx} \cdot \left(\frac{b}{h}\right) \cdot \left(\frac{1-\beta}{\beta}\right) \\ &= 1028,663 + 931,43 \cdot \left(\frac{60}{80}\right) \cdot \left(\frac{1-0,65}{0,65}\right) = 1404,817 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\text{hitung } \frac{P_u}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c'} = \frac{2477,879}{0,65 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 10^3} = 0,37$$

$$\frac{M_{oy}}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot h} = \frac{1404,817}{0,65 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 0,6} = 0,35$$

dari tabel Gideon dengan dan $d'/h' = 0,1$ (Lampiran) didapat bahwa $\rho = 0,026 \%$

maka,

$$A_{st} = \rho \cdot b \cdot h$$

$$= 0,026 \cdot 600 \cdot 800$$

$$= 12480 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan yang dipakai adalah 26D25, $A_s = 12762,720 \text{ mm}^2$

Dicari gaya aksial yang terjadi dengan menggunakan metode Bresler

$$\text{Chek } P_n \geq 0,1 \cdot f_c' \cdot A_g$$

$$3539,827 > 0,1 \cdot 25 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 10^3 = 1200 \text{ kN}$$

dicari $P_o = 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y$

$$= 0,85 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot (0,48 - 0,000,01276272) + 0,01276272 \cdot 400 \cdot 10^3$$

$$= 15033,8802 \text{ kN}$$

- Untuk arah X (P_x)

$$P_u = 2477,879 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 651,800 \text{ kN-m}$$

$$e_y = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{651,800}{2477,879} = 0,26 \text{ m}, \quad \frac{e_y}{h} = \frac{0,26}{0,8} = 0,33$$

dari tabel Gideon (Lampiran) dengan $e_y/h = 0,33$ dan $\rho = 0,026$ didapat

$$\frac{P_{ox}}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot \left(\frac{e}{h}\right)} = 0,3$$

$$P_{ox} = 0,3 \cdot 0,65 \cdot 480000 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 10^{-3} / (0,33 \cdot 0,7) = 8642 \text{ kN}$$

- Untuk arah Y (P_y)

$$P_n = 2477,879 \text{ kN}$$

$$M_{uy} = 720,084 \text{ kN-m}$$

$$e_x = \frac{M_{uy}}{P_u} = \frac{720,084}{2477,084} = 0,29 \text{ m}, \quad \frac{e_x}{h} = \frac{0,29}{0,6} = 0,48$$

dari tabel Gideon (lampiran) untuk $e_x/h = 0,48$ dan $\rho = 0,026$ didapat

$$\frac{P_{oy}}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot \left(\frac{e}{h}\right)} = 0,32$$

$$P_{oy} = 0,32 \cdot 0,65 \cdot 480000 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 10^{-3} / (0,48 \cdot 0,7) = 6257,86 \text{ kN}$$

Maka untuk mencari gaya aksialnya menggunakan rumus Bresler

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{ox}} + \frac{1}{P_{oy}} - \frac{1}{P_o}$$

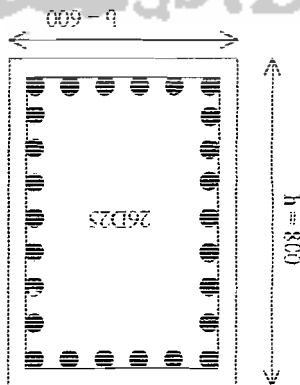
$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{8642} + \frac{1}{6257,86} - \frac{1}{15033,8802}$$

$$P_n = 4784,634 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot P_n = 0,7 \cdot 4784,634 = 3349,2438 \text{ kN} > P_u = 2508,335 \text{ kN}$$

OK!!!

Dipakai 26D25, $A_s = 12762,72 \text{ mm}^2$ disebarkan merata pada keempat sisi



Tabel 6.59 Penulangan kolom biaskial D-1 dan D-2 untuk bentang 4m dengan

metode Bresler

Ln	Kim	Dimensi	Pu terpakai (kN)	Mux (kN-m)	ey/h	Muy (kN-m)	ex/b	p (%)	As total (mm ²)	Tulangan terpasang
1	1	800 x 600	2198,143	637,253	0,36	671,574	0,51	2,6	12480	26D25
	2	800 x 600	2477,864	651,800	0,33	720,064	0,46	2,6	12480	26D25
2	1	800 x 600	2046,296	94,441	0,06	170,697	0,14	2,2	10560	22D25
	2	800 x 600	2302,146	94,441	0,06	170,697	0,12	2	9600	20D25
3	1	800 x 600	1901,470	75,698	0,06	136,820	0,12	2	9600	20D25
	2	800 x 600	2139,312	75,698	0,04	136,817	0,11	1,8	8640	18D25
4	1	800 x 600	1755,586	68,958	0,05	115,783	0,11	1,8	8640	18D25
	2	800 x 600	1978,462	68,947	0,04	115,780	0,10	1,6	7680	16D25
5	1	800 x 600	1619,196	97,007	0,07	162,884	0,17	1,8	8640	18D25
	2	800 x 600	1819,388	97,022	0,07	162,889	0,15	1,4	6720	14D25
6	1	600 x 600	1239,115	69,071	0,09	116,961	0,16	1,6	5760	12D25
	2	600 x 600	1416,726	69,071	0,08	116,961	0,14	1,6	5760	12D25
7	1	600 x 600	1114,401	50,675	0,08	91,635	0,14	1,8	6780	12D25
	2	600 x 600	1264,064	50,689	0,07	91,639	0,12	1,4	5040	11D25
8	1	600 x 600	889,336	60,896	0,10	110,125	0,18	1,8	6480	14D25
	2	600 x 600	1114,407	60,887	0,09	110,123	0,16	1,8	6480	14D25
9	1	600 x 400	640,642	43,947	0,11	70,551	0,28	1	2400	6D25
	2	600 x 400	719,250	44,308	0,10	71,712	0,25	1	2400	6D25
10	1	600 x 400	298,402	74,329	0,42	98,716	0,83	0,8	1920	4D25
	2	600 x 400	327,789	74,300	0,38	98,708	0,75	0,8	1920	4D25

Tabel 6.60 Penulangan kolom biaksial D-1 dan D-2 untuk bentang 6m dengan metode Bresler

Ltm	Klm	Dimensi	Fu terpakai (kN)	Mux (kN-m)	ey/h	Muy (kN-m)	ex/b	p (%)	As _{total} (mm ²)	Tulangan terpasang
1	1	800 x 600	2869.008	640.200	0.28	727.430	0.42	3	14400	30D25
	2	800 x 600	3286.364	640.130	0.24	776.778	0.39	3	14400	30D25
2	1	800 x 600	2657.221	260.338	0.12	269.220	0.17	2.6	12480	26D25
	2	800 x 600	3026.121	289.713	0.12	277.450	0.15	2.4	11520	24D25
3	1	800 x 600	2443.220	228.710	0.12	260.370	0.18	2.4	11520	24D25
	2	800 x 600	2779.392	290.002	0.13	277.530	0.17	2.2	10560	22D25
4	1	800 x 600	2227.876	229.087	0.13	260.660	0.19	2.4	11520	24D25
	2	800 x 600	2535.467	290.502	0.14	277.860	0.18	2.2	10560	22D25
5	1	800 x 600	2011.212	306.644	0.19	316.460	0.26	2.4	11520	24D25
	2	800 x 600	2293.872	348.600	0.19	328.230	0.24	2.2	10560	22D25
6	1	600 x 600	1559.423	176.828	0.19	213.850	0.23	2.8	10080	22D25
	2	600 x 600	1808.342	248.420	0.23	233.900	0.22	2.8	10080	22D25
7	1	600 x 600	1362.635	175.329	0.21	180.890	0.22	2.6	9360	20D25
	2	600 x 600	1575.410	205.767	0.22	189.420	0.20	2.6	9360	20D25
8	1	600 x 600	1182.464	211.135	0.30	217.630	0.31	2.4	8640	18D25
	2	600 x 600	1344.977	247.860	0.31	228.120	0.28	2.4	8640	18D25
9	1	600 x 400	758.455	132.504	0.29	136.610	0.45	1.4	3360	8D25
	2	600 x 400	869.474	163.553	0.31	146.300	0.42	1.4	3360	8D25
10	1	600 x 400	349.358	178.070	0.65	183.450	1.31	1.2	2880	6D25
	2	600 x 400	397.982	242.153	1.01	201.400	1.27	1.2	2880	6D25

Tabel 6.61 Penulangan kolom biaksial D-1 dan D-2 untuk bentang 8m dengan metode Bresler

Ltm	Klm	Dimensi	Fu terpakai (kN)	Mux (kN-m)	ey/h	Muy (kN-m)	ex/b	p (%)	As _{total} (mm ²)	Tulangan terpasang
1	1	800 x 600	2602.031	766.663	0.37	847.261	0.54	3.4	16320	34D25
	2	800 x 600	2897.118	751.444	0.32	899.634	0.52	3.4	16320	34D25
2	1	800 x 600	2434.714	293.586	0.15	268.318	0.16	3	14400	30D25
	2	800 x 600	2706.921	366.993	0.17	289.427	0.18	3	14400	30D25
3	1	600 x 600	2227.977	260.023	0.16	263.445	0.20	2.8	13440	28D25
	2	800 x 600	2483.963	367.304	0.19	289.575	0.20	2.8	13440	28D25
4	1	800 x 600	2065.763	294.178	0.18	268.723	0.22	2.6	12480	26D25
	2	800 x 600	2289.420	367.754	0.20	289.881	0.21	2.6	12480	26D25
5	1	800 x 600	1856.090	361.561	0.24	363.352	0.33	2.4	11520	24D25
	2	800 x 600	2050.829	447.941	0.27	388.192	0.32	2.4	11520	24D25
6	1	600 x 600	1448.502	257.609	0.30	258.972	0.30	1.8	6480	14D25
	2	600 x 600	1633.863	319.068	0.33	276.645	0.28	1.8	6480	14D25
7	1	600 x 600	1249.762	246.644	0.33	225.493	0.30	1.8	6480	14D25
	2	600 x 600	1402.863	308.246	0.37	243.207	0.29	1.8	6480	14D25
8	1	600 x 600	1104.454	237.506	0.36	217.247	0.33	1.8	6480	14D25
	2	600 x 600	1239.977	296.742	0.40	234.281	0.31	1.8	6480	14D25
9	1	600 x 400	687.037	196.528	0.48	181.683	0.66	1.8	4320	10D25
	2	600 x 400	765.492	248.039	0.54	195.921	0.64	1.8	4320	10D25
10	1	600 x 400	321.186	199.854	1.04	182.927	1.42	1	2400	8D25
	2	600 x 400	360.381	351.785	1.63	226.616	1.57	1	2400	8D25

6.1.7 Gaya geser dan tulangan geser kolom

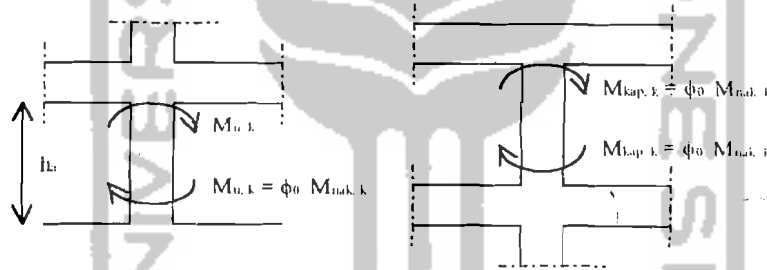
Gaya geser kolom diperoleh dari persamaan,

$$V_{u,k} = (M_{u,k \text{ atas}} + M_{u,k \text{ bawah}})/l_n$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari

$$V_{u,k} = 1,05.(V_{D,k} + V_{L,k} + 4/K.V_{E,k}), \text{ dengan harga } K = 1$$

Akan tetapi pada lantai dasar dan paling atas yang memperbolehkan terjadinya sendi plastis pada kolom, gaya geser rencana kolom dihitung berdasarkan momen kapasitas dari kolom yaitu momen nominal aktual dari kolom yang dikalikan dengan faktor penambah kekuatan (*over strength factor*), ϕ_0 sebesar 1,25.



Gambar 6.11 Momen kapasitas kolom lantai dasar dan lantai paling atas

$$V_{u,k \text{ lantai } 1} = (M_{u,k \text{ atas } l_1} + \phi_0 . M_{nak,k \text{ l } 1})/h_n$$

$$V_{u,k \text{ lantai } 10} = (\phi_0 . 2.M_{nak,k \text{ l } 10})/l_n$$

Besar gaya geser yang disumbangkan oleh beton (V_c), dihitung dengan persamaan,

$$V_c = (1 + Nu/14.A_g). (\sqrt{f_c}'/6)b.d$$

Dengan,

Nu = gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau

Tulangan geser kolom harus dipasang pada seluruh tinggi kolom dengan jarak maksimal sebagai berikut (SK-SNI 1991)

1. $1/4$ dimensi komponen struktur terkecil,

Khusus untuk daerah ujung kolom yang diharapkan akan terjadi sendi plastis, kemampuan geser oleh beton diabaikan sehingga semua gaya geser yang dipikul oleh tulangan geser ($V_c = 0$), sedangkan pada daerah-daerah lain V_c tetap diperhitungkan dalam menahan gaya geser ($V_c \neq 0$) (SK-SNI 1991)

Pada setiap muka join dan pada kedua sisi setiap penampang yang berpotensi mengalami sendi plastis akibat terjadinya perpindahan lateral *inertiasis* dari struktur, harus dipasang tulang transversal (sengkang) sepanjang l_0 dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari:

1. tinggi komponen dimensi struktur, h , untuk $Nu < 0,3 \cdot Ag \cdot fc'$ (kN)
2. $1,5 \cdot h$ untuk $Nu > 0,3 \cdot Ag \cdot fc'$ (kN),
3. $l_0/6$ bentang bersih komponen struktur,
4. lebih besar dari 450 mm.

6.1.7.1 Gaya geser rencana dan geser maksimum kolom

a. Momen kapasitas kolom

Untuk mencari momen kapasitas kolom dilakukan interpolasi linear berdasarkan las tulangan aktual yang terpasang pada kolom. Setelah momen kapasitas kolom diperoleh, maka momen nominal aktual kolom dikalikan dengan faktor penambah kekuatan atau dengan kata lain,

$$M \text{ kapasitas kolom} = \phi_c \cdot M \text{ nominal kolom}$$

1. Kolom lantai I tengah,

Tulangan yang digunakan 26D25 dengan luas, $A_{stabil} = 12762,720 \text{ mm}^2$

$$\text{Rasio tulangan, } p = A_{stabil} / Ag = 12762,720 / (600 \cdot 800) = 2,66 \%$$

P_{k} yang dianggap bekerja = $P_{k} / \phi = 2198,143 / 0,65 = 3381,758 \text{ kN}$

Dari grafik interaksi kolom diperoleh nilai batas untuk rasio penulangan dan momen adalah sebagai berikut,

= rasio 2% - 2168,53 kN-m

= rasio 3% - 2643,73 kN-m

= dengan interpolasi didapat rasio 2,66% = 2482,162 kN-m

Momental kolom = 2482,162 kN-m > $M_{u,k} / \phi = 366,969 / 0,65 = 564,568 \text{ kN-m}$

Mkapasitas kolom = 1,25.2482,162 = 3102,703 kN-m

b. Gaya geser rencana kolom

Untuk kolom lantai atas,

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,katas} + M_{u,kbawah}}{h_c}$$

untuk lantai bawah,

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,katas} + M_{u,katas-kolom}}{h_c}$$

$$V_{u,k} \text{ kolom lantai 1 tengah} = \frac{124,560 + 3102,703}{4,65} = 645,4526 \text{ kN}$$

c. Gaya geser maksimum kolom

Gaya geser maksimum yang dihitung merupakan penjumlahan dari gaya geser

akibat beban mati, gaya geser akibat beban hidup dan gaya geser akibat

beban gempa yang dikalikan dengan faktor daktilitas yang direncanakan.

1. Gaya geser maksimum kolom lantai tengah arah X

$$V_{u,kx} = 1,05(0,05 + 0,75 + 4)(164,51 + 0,3.124,4) = 848,526 \text{ kN}$$

2. Gaya geser maksimum kolom lantai 1 tengah arah Y

$$V_{u,kx} = 1,05(0,05 + 0,75 + 4)(0,3.164,51 + 124,4) = 730,603 \text{ kN}$$

Gaya geser rencana kolom yang lain untuk arah X dan arah Y dihitung dengan cara

yang sama dan hasilnya disusun dalam bentuk tabel

Tabel 6.62 Gaya geser rencana kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 4m

Lmt	Klm	Muk atas (kN-m)		Muk bawah (kN-m)		Vok (kN)		Vlk (kN)		Vekx (kN)		Veky (kN)		Vuk (kN)		Vukx maks (kN)		Vuky maks (kN)			
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1	1	124.560	3102.703*	0.050	0.750	164.510	124.400	645.453	848.526	730.603											
	2	124.560	3102.703*	0.050	1.460	164.510	154.140	922.075	886.754	856.267											
2	1	138.352	172.726	0.080	0.120	174.790	100.310	88.879	860.719	641.747											
	2	138.348	172.726	0.120	0.220	174.790	191.260	88.878	975.463	1023.884											
3	1	138.439	138.442	0.000	0.000	167.390	96.540	79.109	824.678	616.379											
	2	138.436	138.442	0.020	0.010	167.390	180.530	79.108	930.537	969.169											
4	1	114.525	114.566	0.000	0.050	157.470	89.430	65.455	774.108	574.071											
	2	114.525	114.561	0.030	0.080	157.470	168.930	65.453	874.341	908.034											
5	1	161.174	114.677	0.030	0.080	144.730	76.880	78.815	704.850	505.371											
	2	161.178	114.674	0.070	0.170	144.730	160.680	78.815	810.575	857.468											
6	1	114.749	68.184	0.010	0.140	125.800	73.340	52.267	620.926	466.694											
	2	114.749	68.184	0.030	0.260	125.180	126.710	52.267	685.715	690.213											
7	1	90.825	90.831	0.000	0.020	106.370	58.530	51.902	520.523	379.873											
	2	90.834	90.834	0.040	0.050	106.370	109.990	52.719	585.436	596.079											
8	1	109.162	90.974	0.110	0.280	85.230	44.100	57.182	413.942	293.019											
	2	109.150	90.978	0.140	0.510	85.230	85.170	57.181	465.963	465.786											
9	1	69.751	55.811	0.030	0.110	50.960	30.220	35.875	252.256	191.281											
	2	70.911	55.808	0.020	0.210	50.960	52.160	36.205	279.986	283.623											
10	1	97.122	46.666	0.060	0.290	25.990	10.750	41.639	121.991	77.761											
	2	97.111	46.684	0.070	0.580	25.990	25.310	41.656	140.051	139.278											

Ket : - * = Mkapasitas kolom = $\phi_c M_{nuk}$ kolom



Tabel 6.63 Gaya geser rencana kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 6m

Lmt	Klm	Muk atas (kN-m)		Muk bawah (kN-m)		Vdk (kN)	Vlk (kN)	Vekx (kN)	Veky (kN)	Vuk (kN)	Vukx maks (kN)	Vuky maks (kN)
		1	2	1	2							
1	1	213,352	3304,663*	3304,663*	0,130	0,000	2,990	146,540	138,510	703,603	793,235	769,627
	2	238,520	3304,663*	0,130	0,000	0,130	0,000	136,520	171,780	1012,338	789,663	893,628
2	1	269,090	244,090	0,140	1,490	1,490	166,530	111,550	146,623	841,691	680,049	680,049
	2	289,713	282,200	0,170	2,040	168,040	213,320	163,404	976,872	1109,995	1109,995	1109,995
3	1	260,370	163,710	0,000	0,310	157,400	107,390	121,166	796,717	649,688	649,688	649,688
	2	290,002	194,550	0,000	0,430	157,150	201,650	138,443	914,561	1045,991	1045,991	1045,991
4	1	260,660	163,970	0,000	0,360	147,910	99,580	121,323	747,071	604,981	604,981	604,981
	2	290,502	194,820	0,000	0,490	148,210	159,110	138,663	861,275	981,521	981,521	981,521
5	1	316,544	164,280	0,050	1,870	133,270	85,700	137,378	669,732	529,876	529,876	529,876
	2	348,600	195,260	0,050	2,560	131,750	160,490	155,389	733,560	926,827	926,827	926,827
6	1	213,850	81,298	0,020	1,850	118,880	82,280	84,328	604,932	497,328	497,328	497,328
	2	248,420	97,191	0,030	2,510	120,400	143,090	98,746	688,640	755,349	755,349	755,349
7	1	160,890	120,980	0,000	1,050	97,880	65,830	86,249	495,564	401,043	401,043	401,043
	2	205,767	152,400	0,010	1,400	97,130	125,040	102,333	566,977	649,032	649,032	649,032
8	1	217,830	121,350	0,180	4,190	82,830	49,910	96,909	415,361	318,576	318,576	318,576
	2	247,660	152,900	0,210	5,580	86,630	97,980	114,503	493,380	526,749	526,749	526,749
9	1	136,610	73,441	0,080	1,090	48,030	35,000	60,014	247,055	208,746	208,746	208,746
	2	163,553	96,854	0,090	0,998	47,020	61,560	74,402	275,247	317,995	317,995	317,995
10	1	183,450	92,128	0,120	7,660	8,900	13,180	78,737	62,156	74,739	74,739	74,739
	2	242,163	92,047	0,140	0,000	6,360	31,970	95,486	62,899	141,162	141,162	141,162

Tabel 6.64 Gaya geser rencana kolom D-1 dan D-2 untuk bentang 8m

Lmt	Klm	Muk atas (kN-m)		Muk bawah (kN-m)		Vdk (kN)	Vlk (kN)	Vekx (kN)	Veky (kN)	Vuk (kN)	Vukx maks (kN)	Vuky maks (kN)
		1	2	1	2							
1	1	252,047	3542,263	0,200	2,290	166,230	159,700	758,862	902,003	882,804	882,804	882,804
	2	315,029	3542,263	0,260	0,000	146,810	198,070	1102,083	866,443	1017,148	1017,148	1017,148
2	1	230,586	232,184	0,250	1,960	192,980	128,570	150,205	974,925	785,469	785,469	785,469
	2	368,993	295,229	0,330	5,170	190,550	245,940	189,206	1115,969	1278,816	1278,816	1278,816
3	1	293,823	186,429	0,000	0,960	182,170	123,740	137,215	922,034	750,250	750,250	750,250
	2	367,304	236,754	0,000	1,020	176,900	232,440	172,588	1035,925	1200,213	1200,213	1200,213
4	1	294,178	186,642	0,020	0,180	171,010	114,670	137,377	862,936	697,297	697,297	697,297
	2	367,754	237,032	0,030	2,650	166,490	217,990	172,796	976,664	1127,897	1127,897	1127,897
5	1	363,352	186,914	0,050	3,520	152,610	98,600	157,219	768,947	610,157	610,157	610,157
	2	447,941	186,327	0,060	2,710	145,210	207,900	181,362	874,745	1059,053	1059,053	1059,053
6	1	258,972	88,637	0,060	2,900	137,710	94,630	99,317	700,724	574,069	574,069	574,069
	2	319,068	111,166	0,080	6,360	136,590	164,700	122,924	783,762	869,335	869,335	869,335
7	1	246,644	149,688	0,030	2,090	111,500	75,500	113,238	565,656	459,816	459,816	459,816
	2	308,248	167,664	0,050	0,910	105,790	143,660	141,689	626,338	737,675	737,675	737,675
8	1	237,606	100,210	0,220	7,650	96,160	57,000	96,490	483,656	368,825	368,825	368,825
	2	296,742	176,273	0,260	12,530	98,810	112,180	135,147	569,778	609,086	609,086	609,086
9	1	198,528	80,168	0,140	2,210	53,710	39,660	79,627	278,021	236,714	236,714	236,714
	2	248,039	100,482	0,180	1,000	49,430	69,930	99,577	296,957	357,227	357,227	357,227
10	1	199,654	100,694	0,210	6,930	0,410	14,040	85,842	26,909	66,982	66,982	66,982
	2	351,785	126,124	0,280	0,000	25,840	35,360	136,545	153,376	181,364	181,364	181,364

Kel : - * Mkapasitas kolom $\phi_c M_{maks}$ kolom

6.1.7.2 Gaya geser dan tulangan geser kolom

Pada tugas akhir ini tulangan geser yang digunakan untuk kolom adalah sengkang *deform* sehingga kemampuan sengkang sebagai tulangan geser dalam menahan gaya geser yang terjadi sangat dipengaruhi oleh,

1. luas sengkang yang digunakan,
2. mutu baja sengkang yang digunakan,
3. besarnya gaya geser yang terjadi,
4. tinggi efektif dari penampang kolom yang digunakan,
5. spasi atau tingkat kerapatan sengkang yang digunakan dalam menahan gaya geser.

Kolom sebagai bagian dari suatu elemen struktur yang memikul beban kombinasi berupa momen dan gaya aksial yang besar akibat dari pengaruh beban gempa siklis, kemampuan beton dalam menahan geser akibat sifat pembebanan seperti diatas tidak dapat diharapkan (V_c berkurang secara *signifikan*). Untuk menghindari keruntuhan getas akibat beban geser yang besar, pada seluruh tinggi kolom harus dipasang sengkang dengan jarak spasi yang tidak terlalu besar.

Jarak spasi yang diperlukan dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_{uk} \cdot \phi)}$$

sedangkan gaya geser yang dapat disumbangkan oleh sengkang adalah,

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

dengan,

S = jarak spasi sengkang yang dibutuhkan (mm),

A_v = luas sengkang yang digunakan (mm²),

f_y = mutu baja sengkang yang digunakan (Mpa),

d = tinggi efektif penampang kolom,

$V_{u,k}$ = gaya geser ultimit rencana (kN),

ϕ = faktor reduksi kekuatan untuk beban geser = 0,60,

V_s = gaya geser yang mampu ditahan oleh sengkang (kN).

a. Tulangan sengkang kolom tengah lantai 1

Digunakan sengkang *deform* D₁₂ dengan mutu baja, $f_y = 400$ Mpa, dengan luas 1 sengkang (A_v) menurut SK-SNI 1991 adalah 2 kali luas dari diameter tulangan sengkang yang digunakan, sehingga

$$A_v = 2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) = 2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 12^2) = 226,2 \text{ mm}^2$$

Pada lantai 1_{bawah}, $V_c = 0$, sehingga seluruh gaya geser yang terjadi ditahan oleh tulangan sengkang yang berarti $V_{u,k}$ desain tidak direduksi dengan nilai V_c .

$$V_{u,k} \text{ desain} = V_{u,k} / \phi$$

$$V_{u,k} = 472,891 / 0,6 = 788,152 \text{ kN}$$

Jarak sengkang perlu adalah,

$$S = \frac{226,2 \cdot 240 \cdot 735,5}{788,152 \cdot 10^3} = 50,661 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

digunakan jarak spasi sengkang, $S = 50$ mm, sehingga gaya geser yang mampu ditahan oleh sengkang adalah,

$$V = \frac{226,2 \cdot 240 \cdot 735,5}{50} = 798,576 \text{ kN} > V_{u,k} / \phi = 788,152 \text{ kN}$$

jarak spasi antar sengkang yang digunakan, $S = 50$ mm telah memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh SK-SNI 1991.

sehingga gaya geser aktual yang mampu ditahan oleh sengkang dan beton adalah,

$$V_s = \frac{226,2240,735,5}{55} = 725,979 \text{ kN}$$

gaya geser yang mampu ditahan,

$$S = \frac{226,2240,735,5}{707,915,10^3} = 56,403 \approx 55 \text{ mm}$$

Jarak sengkang perlu adalah,

$$V_{u,k} = (645,453 / 0,6) - 367,84 = 707,915 \text{ kN}$$

mampu disumbangkan oleh beton (V_c), sehingga,

didapat dari pengurangan gaya geser rencana ($V_{u,k}$) dengan gaya geser yang

Gaya geser yang digunakan dalam perhitungan adalah gaya geser yang

$$V_c = \left\{ 1 + \left(\frac{1716,992}{(14.600.800)} \right) \cdot \left(\frac{\sqrt{f_c}}{6} \right) \right\} \cdot (14.600.735,5 \cdot 10^3) = 367,84 \text{ kN}$$

$$\text{nilai terkecil } N_u = 1716,992 \text{ kN}$$

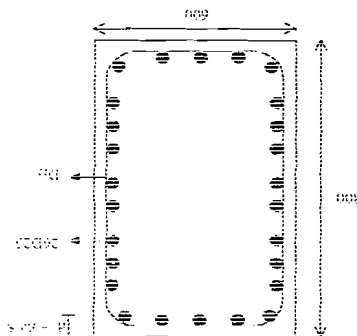
Gaya aksial (N_u) yang digunakan diambil nilai terkecil dari Tabel diperoleh

$$V_c = \left(1 + N_u / 14 A_g \right) \cdot \left(\frac{\sqrt{f_c}}{6} \right) \cdot b \cdot d$$

geser. Kemampuan beton dalam menahan geser, V_c dihitung dengan persamaan,

Pada kolom lantai I_{atas} konstitusi V_c diperhitungkan dalam memberikan tahanan

b. Tulangan geser kolom lantai I_{atas}



$$V_o + V_s > V_{uk} / \phi$$

$$367,84 + 725,979 = 1093,823 \text{ kN} > V_{uk} / \phi = 1075,754 \text{ kN}$$

Dengan cara yang sama tulangan geser dan jarak spasi yang digunakan untuk kolom

yang lain diperoleh dan hasilnya disusun dalam tabel dibawah ini,

Tabel 6.65 Gaya geser rencana dan tulangan geser kolom D-1 dan D-2 untuk

bentang 4m

Lantai	Kolom	V _{uk} (kN)	N _{uk} (kN)	V _g (kN)	Tul Geser	V _s (kN)	Cek
1	1a	645,453	1716,992	367,844	D12-55	725,979	1093,823 > 1075,754
	1b	472,891	1716,992	0,000	D12-50	798,576	798,576 > 788,151
	2a	922,075	2477,879	367,8856	D12-30	1330,961	1698,846 > 1536,762
	2b	674,226	2477,879	0,000	D12-35	1140,624	1140,624 > 1123,713
2	1	88,879	1627,757	367,8391	D12-350	114,082	481,921 > 148,132
	2	88,878	2302,161	367,876	D12-350	114,082	481,958 > 148,130
3	1	79,109	1545,494	367,8346	D12-350	114,082	481,917 > 131,848
	2	79,108	2139,317	367,8671	D12-350	114,082	481,949 > 131,846
4	1	65,455	1462,213	367,83	D12-350	114,082	481,912 > 109,091
	2	65,453	1978,462	367,8563	D12-350	114,082	481,941 > 109,089
5	1	78,815	1378,050	367,8254	D12-350	114,082	481,908 > 131,358
	2	78,815	1819,397	367,8496	D12-350	114,082	481,932 > 131,358
6	1	52,267	1055,266	267,8061	D12-250	159,715	427,521 > 87,111
	2	52,267	1420,767	267,8256	D12-250	159,715	427,541 > 87,111
7	1	51,902	977,913	267,802	D12-250	159,715	427,517 > 86,503
	2	52,719	1264,079	267,8172	D12-250	159,715	427,532 > 87,864
8	1	57,182	904,697	267,7981	D12-250	159,715	427,513 > 95,303
	2	57,181	1114,423	267,8092	D12-250	159,715	427,524 > 95,302
9	1	35,875	588,006	167,7794	D12-250	159,715	433,972 > 59,791
	2	36,205	719,534	167,7859	D12-250	159,715	433,972 > 60,342
10	1	41,659	277,314	167,7638	D12-250	159,715	700,148 > 69,432
	2	41,656	327,816	167,7664	D12-250	159,715	700,151 > 69,426

Tabel 6.66 (Taya geser rencana dan tulangan geser kolom D-1 dan D-2 untuk

bcayang cm

Lantai	Kolom	Vu/k (kN)	Nu/k (kN)	Vc (kN)	Tul Geser	Vs (kN)	Cek Vc + Vs > Vu,k / f
1	1a	709,609	2249,890	367,879	D12-45	887,907	1255,180 > 1172,672
	1b	471,716	2249,890	0,000	D12-50	798,576	798,576 > 786,191
	2a	1012,338	3310,322	367,931	D12-30	1330,961	1698,892 > 1687,230
	2b	673,976	3310,322	0,000	D12-35	1140,824	1174,977 > 1123,125
	2	146,628	2114,766	367,666	D12-350	114,082	653,070 > 393,406
		163,404	3065,369	367,917	D12-350	114,082	653,121 > 367,552
	3	121,166	1981,004	367,858	D12-350	114,082	653,063 > 325,467
		136,449	2629,290	367,906	D12-350	114,082	653,108 > 367,764
	4	121,328	1845,818	367,851	D12-350	114,082	653,056 > 298,853
		138,663	2579,471	367,891	D12-350	114,082	653,095 > 333,114
5	137,378	1704,088	367,849	D12-350	114,082	653,048 > 248,161	
	155,389	2318,100	367,877	D12-350	114,082	653,061 > 290,106	
6	84,328	1319,443	267,820	D12-250	159,715	667,107 > 268,605	
	98,746	1847,341	267,848	D12-250	159,715	667,134 > 305,504	
7	86,249	1198,676	267,814	D12-250	159,715	667,100 > 226,933	
	102,333	1599,953	267,835	D12-250	159,715	667,122 > 263,580	
8	96,909	1072,398	267,807	D12-250	159,715	667,094 > 153,483	
	114,503	1369,661	267,823	D12-250	159,715	667,110 > 203,716	
9	60,014	697,159	167,766	D12-150	266,192	833,264 > 175,042	
	74,402	889,013	167,794	D12-150	266,192	833,274 > 228,540	
10	78,737	312,906	167,766	D12-150	266,192	833,246 > 645,025	
	96,486	412,636	167,771	D12-150	266,192	833,250 > 643,881	

Titik buhul diantara batang-batang seperti panel pertemuan balok dan kolom sangat peka terhadap corakan awal dibandingkan dengan bidang yang didukungnya akibat kerusakan pada semua titik buhulnya. Untuk menghindari hal itu, maka perencanaan titik buhul dilakukan dengan konsep desain kapasitas dengan 2 mekanisme yang terjadi yakni mekanisme *start* beton diagonal yang melewati daerah tukan ujung titik buhul dan mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horizontal dan *start* diagonal beton daerah tarik titik buhul.

6.1.8 Pertemuan balok kolom

Lantai	Kolom	Vuk (kN)	Nuk (kN)	Vc (kN)	Tul Geser	Vs (kN)	Cek $Vc + Vs > Vuk / f$
1	1a	758,862	1957,178	367,857	D12-40	998,221	1366,078 > 1264,770
	1b	478,997	1957,178	0,000	D12-50	798,576	798,576 > 794,986
	2a	1102,083	2958,357	367,912	D12-25	1697,153	1965,065 > 1836,805
2b	2b	681,427	2958,357	0,000	D12-35	1140,824	1174,377 > 1135,712
	1	150,306	1869,778	367,852	D12-350	114,082	653,055 > 333,300
2	2	189,208	2768,099	367,901	D12-350	114,082	653,104 > 419,205
	3	137,215	1742,793	367,845	D12-350	114,082	653,049 > 333,564
3	3	172,588	2525,216	367,888	D12-350	114,082	653,091 > 419,554
	4	137,377	1660,570	367,841	D12-350	114,082	653,044 > 333,957
4	4	172,798	2350,734	367,879	D12-350	114,082	653,081 > 420,060
	5	157,219	1513,177	367,833	D12-350	114,082	653,037 > 297,132
5	5	181,862	2112,534	367,866	D12-350	114,082	653,068 > 314,330
	6	99,817	1203,622	267,814	D12-250	159,715	667,099 > 288,780
6	6	122,924	1695,740	267,840	D12-250	159,715	667,125 > 349,700
	7	113,238	1079,790	267,807	D12-250	159,715	667,093 > 273,814
7	7	141,669	1459,528	267,828	D12-250	159,715	667,112 > 342,745
	8	96,490	1006,411	267,803	D12-250	159,715	667,089 > 152,242
8	8	135,147	1273,228	267,818	D12-250	159,715	667,104 > 254,083
	9	79,627	643,070	167,782	D12-150	266,192	833,260 > 200,896
9	9	99,577	823,027	167,791	D12-150	266,192	833,269 > 251,550
	10	85,842	285,315	167,764	D12-150	266,192	833,245 > 630,001
10	2	136,545	383,886	167,769	D12-150	266,192	833,248 > 248

benang 8m

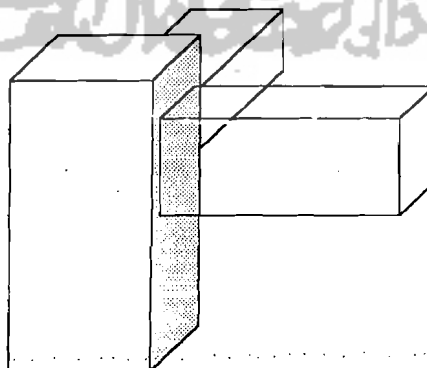
Tabel 6.67 Gaya geser rencana dan tulangan geser kolom D-1 dan D-2 untuk

Secara singkat kriteria perencanaan titik buhul balok kolom untuk struktur beton bertulang portal terbuka harus memenuhi ketentuan SK-SNI 1991 sebagai berikut ini,

1. Kekuatan titik buhul tidak boleh lebih kecil dari kekuatan komponen struktur yang dihubungkan,
2. Titik buhul harus tetap dalam keadaan elastis karena kesulitan dalam perbaikan dan penurunan kemampuan memancarkan energi pada mekanisme keruntuhan titik buhul,
3. Kekuatan kolom tidak boleh diperlemah oleh perilaku titik buhul yang berdekatan,
4. Deformasi titik buhul tidak boleh memperbesar simpangan antar tingkat.

a. Titik buhul 1 luar (tipe a)

Data-data umum meliputi lebar kolom, $b_k = 600$ mm, tinggi kolom, $h_k = 800$ mm, lebar balok, $b_b = 350$ mm, tinggi balok, $h_b = 700$ mm dengan mutu baja sengkang, $f_y = 240$ Mpa.



Gambar 6.12 Titik buhul kolom luar tipe a

Lebar titik buhul yang digunakan harus memenuhi persamaan dibawah ini dan diambil nilai yang minimum

$$b_{\text{titik buhul}} = b_k = 600 \text{ mm}$$

$$b_{\text{titik buhul}} = b_b + \frac{1}{2} \cdot h_k = 350 + \frac{1}{2} \cdot 800 = 750 \text{ mm}$$

$$\text{lebar titik buhul, } b_j = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$$

1. Perhitungan gaya-gaya dalam titik buhul (arah sumbu X)

Gaya geser kolom pada titik buhul diperoleh dari persamaan,

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{nki}} \cdot M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l_{nka}} \cdot M_{kap,ka} \right)}{\frac{1}{2} \cdot (H_{k,a} + H_{k,b})}$$

dengan,

l_{ki} dan l_{ka} = bentang as ke as balok kiri dan kanan titik buhul,

l_{nki} dan l_{nka} = bentang bersih balok kiri dan kanan titik buhul,

$H_{k,a}$ dan $H_{k,b}$ = bentang bersih as ke as kolom diatas dan dibawah titik buhul

$$l_{ki} = 8,00 \text{ m}$$

$$l_{nki} = 7,40 \text{ m}$$

$$H_{kb} = 5,00 \text{ m}$$

$$H_{ka} = 3,50 \text{ m}$$

Karena pertemuan dengan kolom luar, maka $M_{nak,ki} = 0$

$$M_{nak,ka} = 463,925 \text{ kN-m}$$

$$M_{kap,ka} = \phi_0 \cdot M_{nak,ka} = 1,25 \cdot 463,925 = 579,906 \text{ kN-m}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \cdot \left(\frac{8}{7,4} \cdot 579,906 + 0 \right)}{\frac{1}{2} \cdot (5 + 3,5)} = 103,258 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7.M_{kop}.ka}{Z_{ka}}$$

dengan Z_{ka} = jarak dari titik berat tulangan ke resultan bagian desak beton,

$$Z_{ka} = d - a/2 = 639 - 73,516 = 565,484 \text{ mm} = 0,5655 \text{ m}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7.579,906}{0,5655} = 717,832 \text{ kN}$$

$$V_{j,h} = T_{ka} - V_{kol} = 717,832 - 103,258 = 614,574 \text{ kN}$$

$$V_{j,v} = (b_j / h_k) \cdot V_{j,h} = (0,6/0,8) \cdot 614,574 = 460,931 \text{ kN}$$

2. Kontrol tegangan geser horisontal minimum

$$v_{j,h} = \frac{V_{j,h}}{b_j \cdot h_k} < 1,5 \cdot \sqrt{f'_c}$$

Dengan lebar efektif pertemuan (b_j) diambil sebagai berikut,

a. bila $b_c > b_b$, maka diambil nilai terkecil diantara,

$$b_j = b_c \text{ atau } b_j = b_b - 0,5 \cdot h_k$$

b. bila $b_b > b_c$, maka diambil nilai terkecil diantara,

$$b_j = b_b \text{ atau } b_j = b_c + 0,5 \cdot h_k$$

sehingga $b_k = 600 \text{ mm}$ dan $b_b = 350 \text{ mm}$, berarti $b_c > b_b$, maka

$$b_j = b_c = 600 \text{ mm} \text{ atau } b_j = 350 + 0,5 \cdot 800 = 750 \text{ mm}$$

dipakai $b_j = 600 \text{ mm}$

$$v_{j,h} = \frac{614,574 \cdot 10^3}{600 \cdot 800} = 1,28 < 1,5 \cdot \sqrt{25} = 7,5 \text{ Mpa}$$

3. Penulangan geser horisontal

Nilai tahanan geser beton, (V_c, h) yang dipikul oleh strat beton harus diperhitungkan sama dengan nol, kecuali apabila tegangan desak pada penampang

bruto kolom akibat beban aksial eksterna; lebih besar dari tegangan desak rata-rata minimum yang disumbangkan oleh mutu beton $0,1 \cdot f_c'$

Gaya aksial, N_u yang bekerja diambil yang maksimum = 2077,814 kN

$$v_{c,h} = \frac{N_u}{A_g} = \frac{2077,814 \cdot 10^3}{600.800} = 4,33 \text{ Mpa} > 0,1 \cdot f_c' = 0,1 \cdot 25 = 2,5 \text{ Mpa}$$

Tahanan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung kembali dengan persamaan

$$V_{c,h} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{2077,814 \cdot 10^3}{600.800} - 0,1 \cdot 25 \right) \cdot 600.800 \cdot 10^{-3}} = 432,888 \text{ kN}$$

Keseimbangan gaya-gaya di dalam titik buhul harus dipenuhi, sehingga,

$$V_{j,h} = V_{s,h} + V_{c,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 614,574 - 432,888$$

$$= 181,686 \text{ kN}$$

Luas tulangan geser yang dibutuhkan adalah,

$$A_{s,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y} = \frac{181,686 \cdot 10^3}{400} = 454,215 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2 sengkang ikat *deform* dengan luas 1 sengkang $D_{10} = 78,5398 \text{ mm}^2$,

Sehingga $A_v = (2) \cdot 78,5398 = 157,0796 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n)} = \frac{454,215}{157,0796} = 2,89 \approx 3 \text{ lapis}$$

Lapis sengkang dalam titik buhul didistribusikan secara merata diantara tulangan atas balok dan tulangan bawah balok.

Jarak bersih yang tersedia, $y = b'_j - \phi_{\text{tulangan utama bawah}} - \phi_{\text{tulangan utama atas}}$

Dengan, $b'_j = b_j - \text{jarak penutup ke tulangan utama}$

$$= 600 - (2 \cdot 40) = 520 \text{ mm}$$

$$y = 520 - 29 - (2.22) = 454 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi antar sengkang dalam titik buhul, } S = y / (n + 1) = 454 / 3 = 151,33 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas, maka sengkang yang digunakan sebagai tulangan geser adalah sengkang 2D10 dengan spasi 150 mm.

4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c,v} = V_{j,v} \left(0,6 + \frac{Nu}{Ag \cdot f'c} \right)$$

$$V_{c,v} = 460,931 \cdot 10^3 \cdot \left(0,6 + \frac{2077,814 \cdot 10^3}{600 \cdot 800 \cdot 25} \right) \cdot 10^{-3} = 356,369 \text{ kN}$$

$$V_{s,v} = V_{s,v} - V_{c,v} = 460,931 - 356,369 = 104,562 \text{ kN}$$

$$A_{j,v} = V_{s,v} / f_y = 104,562 \cdot 10^3 / 400 = 261,405 \text{ mm}^2$$

Tulangan terpasang kolom pada 1 sisi $3D_{25} = 1147,662 \text{ mm}^2 > A_{j,v}$, sehingga telah memenuhi persyaratan 1 tulangan antara pada muka kolom.

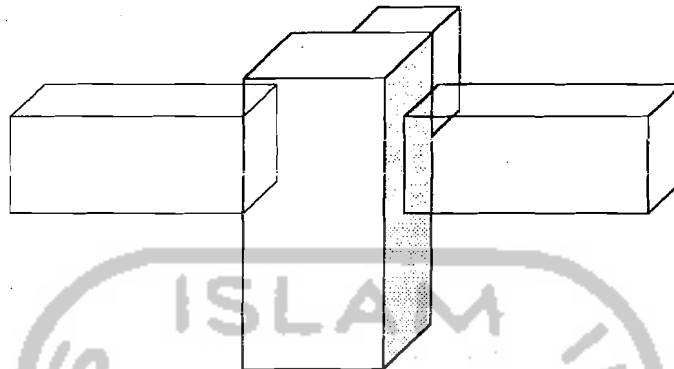
5. Kontrol jarak tulangan vertikal

$$3s = 600 - 2 \cdot (40 + 14 + 2.25) = 592$$

$$\text{jadi jarak tulangan } 592 / 3 = 197,3 < 200 \text{ mm}$$

Perhitungan gaya-gaya pada titik buhul 1 untuk arah Y dilakukan dengan cara yang sama.

b. Titik buhul bagian luar (tipe b)



Gambar 6.13 Titik buhul kolom luar tipe b

1. Perhitungan gaya-gaya dalam titik buhul (arah sumbu X)

Gaya geser kolom pada titik buhul diperoleh dari persamaan,

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{I_{ki}}{I_{nki}} \cdot M_{kap,ki} + \frac{I_{ka}}{I_{nka}} \cdot M_{kap,ka} \right)}{\frac{1}{2} \cdot (H_{k,a} + H_{k,b})}$$

dengan,

l_{ki} dan l_{ka} = bentang as ke as balok kiri dan kanan titik buhul,

l_{nki} dan l_{nka} = bentang bersih balok kiri dan kanan titik buhul,

$H_{k,a}$ dan $H_{k,b}$ = bentang bersih as ke as kolom diatas dan dibawah titik buhul

$$l_{ki} = 8,00 \text{ m}$$

$$l_{nki} = 7,40 \text{ m}$$

$$H_{kb} = 5,00 \text{ m}$$

$$H_{ka} = 3,50 \text{ m}$$

$$M_{nak, bki} = 465,545 \text{ kN-m}$$

$$M_{kap, bki} = \phi_0 \cdot M_{nak, bka} = 1,25 \cdot 465,545 = 581,931 \text{ kN-m}$$

$$M_{nak, b_{ka}} = 644,753 \text{ kN-m}$$

$$M_{kap, b_{ka}} = \phi_0 \cdot M_{nak, b_{ka}} = 1,25 \cdot 644,753 = 805,941 \text{ kN-m}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \cdot \left(\frac{8}{7,4} \cdot 581,931 + \frac{8}{7,4} \cdot 805,941 \right)}{\frac{1}{2} \cdot (5 + 3,5)} = 247,125 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7 \cdot M_{kap, ka}}{Z_{ka}}$$

dengan Z_{ka} = jarak dari titik berat tulangan ke resultan bagian desak beton,

$$Z_{ka} = d - a/2 = 565,484 \text{ mm} = 0,5655 \text{ m}$$

$$C_{ki} = \frac{0,7 \cdot 581,931}{0,5655} = 720,339 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7 \cdot 805,941}{0,3995} = 997,628 \text{ kN}$$

$$V_{j, h} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} = 720,339 + 997,628 - 247,125 = 1470,842 \text{ kN}$$

$$V_{j, v} = (b_j / h_k) \cdot V_{j, h} = (0,6/0,8) \cdot 1470,842 = 1103,132 \text{ kN}$$

2. Kontrol tegangan geser horisontal minimum

$$v_{j, h} = \frac{V_{j, h}}{b_j \cdot h_k} < 1,5 \cdot \sqrt{f'c}$$

Dengan lebar efektif pertemuan (b_j) diambil sebagai berikut,

1. bila $b_c > b_b$, maka diambil nilai terkecil diantara,

$$b_j = b_c \text{ atau } b_j = b_b = 0,5 \cdot h_k$$

2. bila $b_b > b_c$, maka diambil nilai terkecil diantara,

$$b_j = b_b \text{ atau } b_j = b_c + 0,5 \cdot h_k$$

sehingga $b_k = 600 \text{ mm}$ dan $b_b = 350 \text{ mm}$, berarti $b_c > b_b$, maka

$$b_j = b_c = 600 \text{ mm} \text{ atau } b_j = 350 + 0,5 \cdot 800 = 750 \text{ mm}$$

dipakai $b_j = 600 \text{ mm}$

$$v_{j,h} = \frac{1470,842 \cdot 10^3}{600 \cdot 800} = 3,06 < 1,5 \cdot \sqrt{25} = 7,5 \text{ Mpa}$$

3. Penulangan geser horisontal

Nilai tahanan geser beton, (V_c, h) yang dipikul oleh strat beton harus diperhitungkan sama dengan nol, kecuali apabila tegangan desak pada penampang bruto kolom akibat beban aksial eksternal; lebih besar dari tegangan desak rata-rata minimum yang disumbangkan oleh mutu beton $0,1 \cdot f_c'$

Gaya aksial, N_u yang bekerja diambil yang maksimum = 2887,19 kN

$$v_{c,h} = \frac{N_u}{A_g} = \frac{2887,19 \cdot 10^3}{600 \cdot 800} = 6,02 \text{ Mpa} > 0,1 \cdot f_c' = 0,1 \cdot 25 = 2,5 \text{ Mpa}$$

Tahanan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung kembali dengan persamaan

$$V_{c,h} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{2887,19 \cdot 10^3}{600 \cdot 800} - 0,1 \cdot 25 \right) \cdot 600 \cdot 800 \cdot 10^{-3}} = 599,947 \text{ kN}$$

Keseimbangan gaya-gaya di dalam titik buhul harus dipenuhi, sehingga,

$$V_{j,h} = V_{s,h} + V_{c,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 1470,842 - 599,847$$

$$= 870,895 \text{ kN}$$

Luas tulangan geser yang dibutuhkan adalah,

$$A_{s,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y} = \frac{870,895 \cdot 10^3}{400} = 2177,238 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2 sengkang ikat *deform* dengan luas 1 sengkang $D_{10} = 78,5398 \text{ mm}^2$,

Sehingga $A_v = (2) \cdot 78,5398 = 314,1593 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n)} = \frac{2177,238}{314,1593} = 6,9 \approx 7 \text{ lapis}$$

Lapis sengkang dalam titik buhul didistribusikan secara merata diantara tulangan atas balok dan tulangan bawah balok.

Jarak bersih yang tersedia, $y = b'_j - \phi_{\text{tulangan utama bawah}} - \phi_{\text{tulangan utama atas}}$

Dengan, $b'_j = b_j - \text{jarak penutup ke tulangan utama}$

$$= 600 - (2.40) = 520 \text{ mm}$$

$$y = 520 - 22 - (2.22) = 454 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi antar sengkang dalam titik buhul, } S = y / (n + 1) = 454 / 8 = 56,75 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas, maka sengkang yang digunakan sebagai tulangan geser adalah sengkang 3D10 dengan spasi 55 mm.

4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c,v} = V_{j,v} \left(0,6 + \frac{N_u}{A_g \cdot f'_c} \right)$$

$$V_{c,v} = 1103,132 \cdot 10^3 \cdot \left(0,6 + \frac{2887,19 \cdot 10^3}{600 \cdot 800 \cdot 25} \right) \cdot 10^{-3} = 927,292 \text{ kN}$$

$$V_{s,v} = V_{j,v} - V_{c,v} = 1103,132 - 927,292 = 175,84 \text{ kN}$$

$$A_{j,v} = V_{s,v} / f_y = 175,84 \cdot 10^3 / 400 = 439,6 \text{ mm}^2$$

Tulangan terpasang kolom pada 1 sisi 3D₂₅ = 1.147,622 mm² > A_{j,v}, sehingga telah memenuhi persyaratan 1 tulangan antara pada muka kolom.

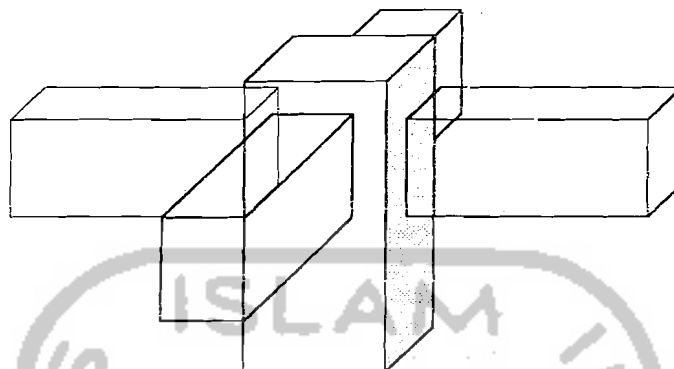
5. Kontrol jarak tulangan vertikal

$$3s = 600 - 2 \cdot (40 + 10 + 2.25) = 400$$

$$\text{jadi jarak tulangan } 400 / 3 = 133 < 200 \text{ mm}$$

Perhitungan gaya-gaya pada titik buhul I untuk arah Y dilakukan dengan cara yang sama.

c. Titik buhul bagian luar (tipe c)



Gambar 6.14 Titik buhul kolom luar tipe c

1. Perhitungan gaya-gaya dalam titik buhul (arah sumbu X)

Gaya geser kolom pada titik buhul diperoleh dari persamaan,

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{nki}} \cdot M_{kap.ki} + \frac{l_{ka}}{l_{nka}} \cdot M_{kap.ka} \right)}{\frac{1}{2} (H_{k,a} + H_{k,b})}$$

dengan,

l_{ki} dan l_{ka} = bentang as ke as balok kiri dan kanan titik buhul,

l_{nki} dan l_{nka} = bentang bersih balok kiri dan kanan titik buhul,

$H_{k,a}$ dan $H_{k,b}$ = bentang bersih as ke as kolom diatas dan dibawah titik buhul

$$l_{ki} = 8,00 \text{ m}$$

$$l_{nki} = 7,40 \text{ m}$$

$$H_{kb} = 5,00 \text{ m}$$

$$H_{ka} = 3,50 \text{ m}$$

$$M_{nak, bki} = 465,692 \text{ kN-m}$$

$$M_{kap, bki} = \phi_0 \cdot M_{nak, bki} = 1,25 \cdot 465,692 = 582,115 \text{ kN-m}$$

$$M_{nak, b_{ka}} = 644,753 \text{ kN-m}$$

$$M_{kap, b_{ka}} = \phi_0 \cdot M_{nak, b_{ka}} = 1,25 \cdot 644,753 = 805,941 \text{ kN-m}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \cdot \left(\frac{8}{7,4} \cdot 582,115 + \frac{8}{7,4} \cdot 805,941 \right)}{\frac{1}{2} \cdot (5 + 3,5)} = 247,158 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7 \cdot M_{kap, ka}}{Z_{ka}}$$

dengan Z_{ka} = jarak dari titik berat tulangan ke resultan bagian desak beton,

$$Z_{ka} = d - a/2 = 565,484 \text{ mm} = 0,5655 \text{ m}$$

$$C_{ki} = \frac{0,7 \cdot 582,115}{0,5655} = 720,567 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7 \cdot 805,941}{0,5655} = 997,628 \text{ kN}$$

$$V_{j, h} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} = 720,567 + 997,628 - 247,158 = 1471,037 \text{ kN}$$

$$V_{j, v} = (b_j / h_k) \cdot V_{j, h} = (0,6 / 0,8) \cdot 1471,037 = 1103,278 \text{ kN}$$

2. Kontrol tegangan geser horisontal minimum

$$v_{j, h} = \frac{V_{j, h}}{b_j \cdot h_k} < 1,5 \cdot \sqrt{f'_c}$$

Dengan lebar efektif pertemuan (b_j) diambil sebagai berikut,

1. bila $b_c > b_b$, maka diambil nilai terkecil diantara,

$$b_j = b_c \text{ atau } b_j = b_b = 0,5 \cdot h_k$$

2. bila $b_b > b_c$, maka diambil nilai terkecil diantara,

$$b_j = b_b \text{ atau } b_j = b_c + 0,5 \cdot h_k$$

sehingga $b_k = 600 \text{ mm}$ dan $b_b = 350 \text{ mm}$, berarti $b_c > b_b$, maka

$$b_j = b_c - 600 \text{ mm} \text{ atau } b_j = 350 + 0,5 \cdot 800 = 750 \text{ mm}$$

dipakai $b_j = 600 \text{ mm}$

$$v_{j,h} = \frac{1471,037 \cdot 10^3}{600 \cdot 800} = 3,06 < 1,5 \cdot \sqrt{25} = 7,5 \text{ Mpa}$$

3. Penulangan geser horisontal

Nilai tahanan geser beton, (V_c, h) yang dipikul oleh strat beton harus diperhitungkan sama dengan nol, kecuali apabila tegangan desak pada penampang bruto kolom akibat beban aksial eksterna; lebih besar dari tegangan desak rata-rata minimum yang disumbangkan oleh mutu beton $0,1 \cdot f_c'$

Gaya aksial, N_u yang bekerja diambil yang maksimum = 2958,357 kN

$$v_{c,h} = \frac{N_u}{A_g} = \frac{2958,357 \cdot 10^3}{600 \cdot 800} = 6,16 \text{ Mpa} > 0,1 \cdot f_c' = 0,1 \cdot 25 = 2,5 \text{ Mpa}$$

Tahanan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung kembali dengan persamaan

$$V_{c,h} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{2958,357 \cdot 10^3}{600 \cdot 800} - 0,1 \cdot 25 \right) \cdot 600 \cdot 800 \cdot 10^{-3}} = 612,196 \text{ kN}$$

Keseimbangan gaya-gaya di dalam titik buhul harus dipenuhi, sehingga,

$$V_{j,h} = V_{s,h} + V_{c,h}$$

$$\begin{aligned} V_{s,h} &= V_{j,h} - V_{c,h} \\ &= 1471,037 - 612,196 \\ &= 858,841 \text{ kN} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser yang dibutuhkan adalah,

$$A_{s,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y} = \frac{858,841 \cdot 10^3}{400} = 2147,103 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2 sengkang ikat *deform* dengan luas 1 sengkang $D_{10} = 78,5398 \text{ mm}^2$,

$$\text{Sehingga } A_v = (2) \cdot 78,5398 = 157,0796 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n)} = \frac{2147,103}{314,1593} = 6,8 \approx 7 \text{ lapis}$$

Lapis sengkang dalam titik buhul didistribusikan secara merata diantara tulangan atas balok dan tulangan bawah balok.

Jarak bersih yang tersedia, $y = b'_j - \phi_{\text{tulangan utama bawah}} - \phi_{\text{tulangan utama atas}}$

Dengan, $b'_j = b_j - \text{jarak penutup ke tulangan utama}$

$$= 600 - (2.40) = 520 \text{ mm}$$

$$y = 520 - 22 - (2.22) = 454 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi antar sengkang dalam titik buhul, } S = y / (n + 1) = 454 / 8 = 56,75 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas, maka sengkang yang digunakan sebagai tulangan geser adalah sengkang 4D10 dengan spasi 55 mm.

4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c,v} = V_{j,v} \left(0,6 + \frac{Nu}{Ag \cdot f'c} \right)$$

$$V_{c,v} = 1103,278 \cdot 10^3 \cdot \left(0,6 + \frac{2958,357 \cdot 10^3}{600 \cdot 800 \cdot 25} \right) \cdot 10^{-3} = 662,239 \text{ kN}$$

$$V_{s,v} = V_{s,v} - V_{c,v} = 1103,278 - 662,239 = 441,039 \text{ kN}$$

$$A_{j,v} = V_{s,v} / f_y = 441,039 \cdot 10^3 / 400 = 1102,598 \text{ mm}^2$$

Tulangan terpasang kolom pada 1 sisi $3D_{25} = 1147,662 \text{ mm}^2 \geq A_{j,v}$, sehingga telah memenuhi persyaratan 1 tulangan antara pada muka kolom.

5. Kontrol jarak tulangan vertikal

$$3s = 600 - 2 \cdot (40 + 10 + 2 \cdot 25) = 400$$

$$\text{jadi jarak tulangan } 400 / 3 = 133 < 200 \text{ mm}$$

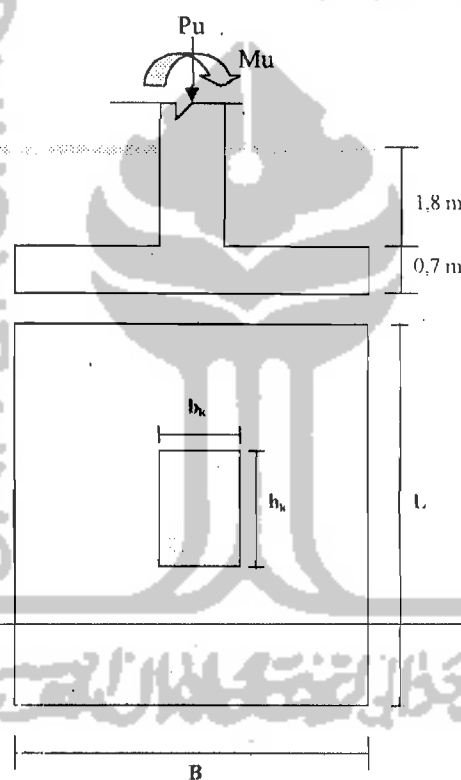
Perhitungan gaya-gaya pada titik buhul 1 untuk arah Y dilakukan dengan cara yang sama.

6.2 Perencanaan Pondasi

6.2.1 Perencanaan Penempatan Pondasi

Pada perencanaan gedung ini pondasi yang digunakan adalah pondasi telapak setempat (*footplate*). Penempatan pondasi dapat dilihat pada Gambar 6.24. adapun data-data tanah meliputi tegangan ijin tanah σ dan berat ijin tanah yang ditentukan berdasarkan data yang telah ada.

6.2.2 Menentukan Dimensi Pondasi



Gambar 6.15 Bentuk dan dimensi pondasi

Data-data yang digunakan untuk perencanaan ini adalah sebagai berikut :

a. Gaya aksial pada kolom 12, $P_{n,k,perlu} = 1965,468 \text{ kN}$

Momen kolom 12, $M_{u,k \text{-}x} = 848,640 \text{ kNm}$

Momen kolom 12, $M_{u,k \text{-}y} = 636,480 \text{ kNm}$

b. Tegangan ijin tanah $\sigma_t = 3,0 \text{ kg/cm}^2 = 300 \text{ kN/m}^2$

c. Berat jenis tanah $\tau_t = 18 \text{ kN/m}^3$

1.a. Menentukan ukuran pondasi

Berat tanah di atas pondasi

$$q_t = (h - t) \cdot \tau_t = (2,5 - 0,7) \cdot 18 = 32,4 \text{ kN/m}^2$$

Berat poer

$$q_p = t \cdot \tau_c = 0,7 \cdot 23 = 16,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat total } q_t = q_t + q_p = 32,4 + 16,1 = 48,5 \text{ kN/m}^2$$

Karena ukuran pondasi panjang = $\frac{4}{3}$ lebar, maka :

$$\sigma = \frac{Pu}{B.L} + \frac{M_u k - x}{\frac{1}{6} B y^2 \cdot B x} + \frac{M_u k - y}{\frac{1}{6} B x^2 \cdot B y} + q_t \leq \sigma_t$$

$$\sigma = \frac{1965,468}{\frac{4}{3} B^2} + \frac{848,640}{\frac{1}{6} \cdot \frac{16}{9} B^3} + \frac{636,480}{\frac{1}{6} \cdot \frac{4}{3} B^3} + 48,5 \leq 300 \text{ kN/m}^2$$

sehingga didapat $B = 3,6 \text{ m}$, maka $L = \frac{4}{3} \cdot 3,6 = 4,8 \text{ m}$

tegangan yang terjadi pada pondasi

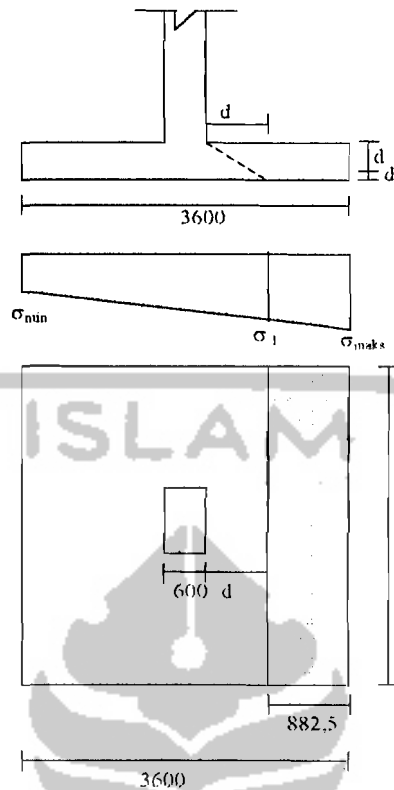
$$\sigma_{\max} = \frac{1965,468}{3,6 \cdot 4,8} + \frac{848,640}{\frac{1}{6} \cdot 3,6 \cdot 4,8^2} + \frac{636,480}{\frac{1}{6} \cdot 4,8^2 \cdot 3,6} + 48,5 = 285,020 \text{ kN/m}^2 < 300 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{1965,468}{3,6 \cdot 4,8} - \frac{848,640}{\frac{1}{6} \cdot 3,6 \cdot 4,8^2} - \frac{636,480}{\frac{1}{6} \cdot 4,8^2 \cdot 3,6} + 48,5 = 39,465 \text{ kN/m}^2$$

1.b Kontrol kuat geser satu arah

$$d = t - pb - \frac{1}{2} d_{tul} = 700 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 617,5 \text{ mm}$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot B - \frac{1}{2} \cdot h_k - d = \frac{1}{2} \cdot 3600 - \frac{1}{2} \cdot 600 - 617,5 = 882,5 \text{ mm}$$



Gambar 6.16 Kuat geser satu arah

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sigma_{\min} + (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \left(\frac{B - a}{B} \right) \\ &= 39,465 + (285,020 - 39,465) \left(\frac{3,6 - 0,8825}{3,6} \right) = 224,825 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$V_u = a \cdot B \cdot \sigma_1 = 0,8825 \cdot 3,6 \cdot 224,825 = 716,292 \text{ kN}$$

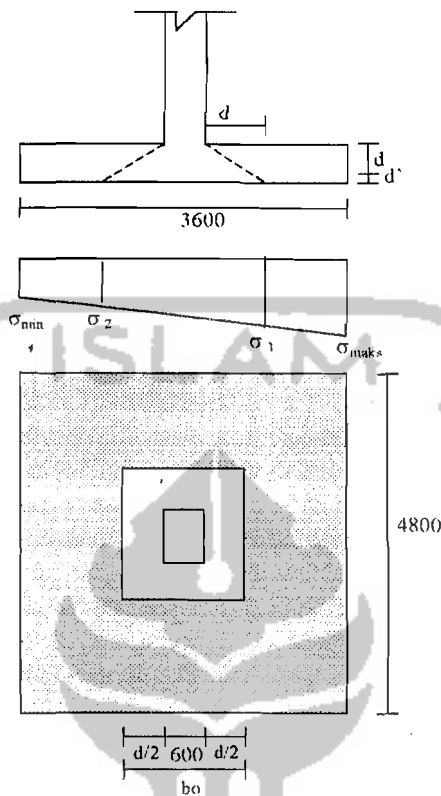
$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot B \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 3600 \cdot 617,5 \cdot 10^{-3} = 2647,5 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,6 \cdot 2647,5 = 1588,5 \text{ kN} > V_u \quad \text{aman!!!!}$$

1.c Kontrol kuat geser dua arah

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= \sigma_{\min} + (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \left(\frac{a}{B} \right) \\ &= 39,465 + (285,020 - 39,465) \cdot \left(\frac{0,8825}{3,6} \right) = 99,66 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\sigma_T = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2) = \frac{1}{2}(224,825 + 99,66) = 162,243 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 6.17 Kuat geser dua arah

$$V_u = \sigma_1 \cdot (B.L - b_o^2) = 162,243 \cdot (3,6 \cdot 4,8 - 1,2175^2) = 2563,065 \text{ kN}$$

$$\beta_c = \frac{l}{B} = \frac{4,8}{3,6} = 1,33$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) 2 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$= \left(1 + \frac{2}{1,33}\right) 2 \cdot \sqrt{25} \cdot 1217,5 \cdot 617,5 \cdot 10^{-3} = 18823,42 \text{ kN}$$

$$V_{c,max} = 4 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d = 4 \cdot \sqrt{25} \cdot 1217,5 \cdot 617,5 \cdot 10^{-3} = 15036,125 \text{ kN}$$

dipakai $V_{c,mzx} = 15036,125 \text{ kN}$

$$\phi \cdot V_c = 0,6 \cdot 15036,125 = 9021,675 \text{ kN} > V_u \text{ aman!!!!}$$

1.d Hitungan tulangan

$$x_1 = (3600 - 600) / 2 = 1500 \text{ mm}$$

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\max} \cdot x^2 \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 285,020 \cdot 1,5^2 \cdot 4,8 = 1539,108 \text{ kNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M}{\phi \cdot L \cdot d^2} = \frac{1539,108 \cdot 10^6}{0,7 \cdot 4800 \cdot 617,5^2} = 1,2$$

$$\rho = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}}{m} = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,824 \cdot 1,2}{400}}}{18,824} = 0,0031$$

$$A_s = \rho \cdot B \cdot d = 0,0031 \cdot 4800 \cdot 617,5 = 9188,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan } s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 4800}{9188,4} = 256,431 \text{ mm dipakai } \phi_{125-250}$$

$$A_s \text{ 1D25} = 491 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{9188,4}{491} = 18,7 \longrightarrow \text{dipakai 19D}_{25}$$

$$A_s \text{ ada} = 19 \cdot 491 = 9329 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{9329 \cdot 400}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 175,605 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 9359 \cdot 400 \cdot \left(617,5 - \frac{175,605}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 1976,619 \text{ kNm}$$

$$M_n > \frac{M_u}{\phi} = \frac{1539,108}{0,8} = 1923,885 \text{ kNm}$$

$$x_1 = (4800 - 800) / 2 = 2000 \text{ mm}$$

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\max} \cdot x^2 \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 285,020 \cdot 2^2 \cdot 3,6 = 2052,144 \text{ kNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M}{\phi \cdot L \cdot d^2} = \frac{2052,144 \cdot 10^6}{0,7 \cdot 3600 \cdot 617,5^2} = 2,14$$

$$\rho = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}}{m} = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,824 \cdot 2,14}{400}}}{18,824} = 0,0057$$

$$A_s = \rho \cdot B \cdot d = 0,0057 \cdot 3600 \cdot 617,5 = 12561,081 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan } s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 3600}{12561,081} = 140,684 \text{ mm dipakai } \emptyset_{125-140}$$

$$A_s \text{ 1D25} = 491 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{12561,081}{491} = 25,58 \rightarrow \text{dipakai } 27D_{25}$$

$$A_s \text{ ada} = 27 \cdot 491 = 13257 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{13257 \cdot 400}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 249,544 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 13257 \cdot 400 \cdot \left(617,5 - \frac{249,544}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 2612,838 \text{ kNm}$$

$$M_n > \frac{M_u}{\phi} = \frac{2052,144}{0,8} = 2565,18 \text{ kNm}$$

dipakai tulangan susut P10-200

6.2.3 Kontrol Kuat Dukung

Untuk mengetahui kuat dukung rencana yang mampu ditahan oleh kolom, maka perlu dikontrol dengan ca berikut :

Gaya aksial yang diijinkan $P_u \geq P_{u_{\text{terjadi}}}$

$$P_u = 0,8 \cdot \phi \cdot f'c \cdot A_s$$

$$= 0,85 \cdot 0,7 \cdot 25 \cdot (600 \cdot 800) = 7140000 \text{ N} = 7140 \text{ kN}$$

$$P_{u_{\text{terjadi}}} = 1965,468 \text{ kN} < P_u = 7140 \text{ kN}$$