

BAB IV

PERHITUNGAN TULANGAN

A. Tinjauan Umum

Penulangan beton umumnya harus dirancang sedemikian rupa agar memiliki kekuatan yang lebih untuk menahan beban tambahan yang mungkin bekerja di luar beban yang telah diperhitungkan. Hal ini dimaksudkan agar mampu memberikan keamanan maupun kenyamanan bagi pemakainya. Namun demikian nilai atau faktor ekonomisnya juga tidak boleh dilupakan, agar terjadi keseimbangan dalam biaya akan tetapi masih dalam batas-batas keamanan yang telah ditentukan.

Pada bab ini akan dianalisis tulangan pada balok dan kolom dengan bantuan komputer dan cara manual. Penggunaan komputer yaitu program SAPCON yang dalam mendesain tulangan balok dan kolom baik tulangan pokok maupun tulangan gesernya harus berdasarkan momen lentur dan gaya geser yang dihasilkan oleh program komputer SAP, dalam hal ini SAP 90. Sedangkan cara manual yaitu Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SK SNI T - 15 - 1991 - 03. Dalam hal ini untuk menghitung tulangan pokok dan tulangan gesernya berdasarkan hasil out put momen lentur dan gaya geser dari program komputer SAP 90.

B. Penulangan Pada Balok

1. Cara Komputer

a. Perhitungan tulangan lentur

Perhitungan tulangan lentur pada balok berdasarkan hasil out put program komputer SAPCON terdapat pada lampiran hasilnya dibuat tabel 4. 1. sebagai berikut :

Tabel 4. 1. Hasil SAPCON Tulangan Lentur Balok

Lantai	Balok (Elemen)	Letak	Tul Lentur Tump (As Tump) (Cm ²)			Tul Lentur Lap (As Lap) (Cm ²)		
			L Tul	Tul Terp	L Terp	L Tul	Tul Terp	L Terp
1	1,2,3	Atas	24,13	4 Ø19	11,34	9,67	6 Ø19	17,01
		Bawah	9,67	3 Ø19	8,51	10,03	12 Ø19	34,02
	15,16,17	Atas	19,42	8 Ø19	22,68	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	8,90	8 Ø19	22,68
	4	Atas	10,72	6 Ø19	17,01	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,25	4 Ø19	11,34
	8,9,10	Atas	14,28	6 Ø16	12,064	14,28	10 Ø16	20,11
		Bawah	14,28	6 Ø16	12,064	14,28	21 Ø16	42,223
	11	Atas	9,82	6 Ø16	12,064	5,93	3 Ø16	6,032
		Bawah	5,93	3 Ø16	6,032	5,93	6 Ø16	12,064
	203 & 211	Atas	8,35	10 Ø16	20,11	8,35	10 Ø16	20,11
		Bawah	8,35	10 Ø16	20,11	8,35	10 Ø16	20,11
	204 & 212	Atas	17,14	8 Ø19	22,68	17,4	5 Ø19	14,18
		Bawah	17,4	4 Ø19	11,34	33,16	11 Ø19	31,19
	201 & 209	Atas	12,34	7 Ø19	19,85	12,08	8 Ø19	22,68
		Bawah	12,08	3 Ø19	8,51	34,89	17 Ø19	34,89
	213 & 214	Atas	25,01	8 Ø19	22,68	7,25	4 Ø19	11,34
		Bawah	7,25	4 Ø19	11,34	9,75	8 Ø19	22,68
217 & 222	Atas	19,55	7 Ø19	19,85	7,25	3 Ø19	8,51	
	Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,25	7 Ø19	19,85	
2	42,43,44	Atas	20,70	7 Ø19	19,85	8,57	3 Ø19	8,51
		Bawah	8,57	3 Ø19	8,51	10,51	7 Ø19	19,85
	55,56,57	Atas	19,09	7 Ø19	19,85	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	11,22	7 Ø19	19,85
	45	Atas	11,13	4 Ø19	11,34	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,25	4 Ø19	11,34
	58	Atas	14,03	5 Ø19	14,18	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,25	5 Ø19	14,18
	69	Atas	9,53	6 Ø16	12,074	5,93	3 Ø16	6,032
		Bawah	5,99	3 Ø16	6,032	5,93	6 Ø16	12,074
	260 & 261	Atas	28,55	8 Ø19	22,682	7,91	4 Ø19	11,34
		Bawah	7,91	4 Ø19	11,34	11,41	8 Ø19	22,68
	248 & 249	Atas	7,91	6 Ø19	17,01	7,91	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,91	3 Ø19	8,51	7,91	6 Ø19	17,01
	269	Atas	19,27	8 Ø19	22,68	7,25	4 Ø19	11,34
		Bawah	7,25	4 Ø19	1,34	7,25	8 Ø19	22,68

Tabel 4.1. Lanjutan

	246	Atas	15,57	6 Ø19	17,01	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	8,04	6 Ø19	17,01
	253	Atas	5,93	6 Ø16	12,074	5,93	3 Ø16	6,032
		Bawah	5,93	3 Ø16	6,032	5,93	6 Ø16	12,074
	266	Atas	8,58	5 Ø16	10,053	3,95	3 Ø16	6,032
		Bawah	3,95	3 Ø16	6,032	6,93	5 Ø16	10,53
3	97	Atas	15,43	6 Ø19	17,01	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,25	6 Ø19	17,01
	81	Atas	10,35	6 Ø19	17,01	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,25	6 Ø19	17,01
	94	Atas	9,49	6 Ø16	12,074	5,93	3 Ø16	6,032
		Bawah	5,93	3 Ø16	6,032	6,60	6 Ø16	12,074
	279	Atas	19,07	6 Ø19	17,01	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,25	6 Ø19	17,01
	285	Atas	13,01	5 Ø19	14,18	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,96	5 Ø19	14,18
	303	Atas	5,93	4 Ø16	8,042	5,93	3 Ø16	6,032
		Bawah	5,93	3 Ø16	6,032	5,93	4 Ø16	8,042
4	131	Atas	7,78	3 Ø19	8,51	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,25	3 Ø19	8,51
	130	Atas	5,93	7 Ø19	19,85	5,93	3 Ø19	8,51
		Bawah	5,93	3 Ø19	8,51	8,92	7 Ø19	19,85
	135	Atas	5,93	3 Ø16	6,032	5,93	3 Ø16	6,032
		Bawah	5,93	3 Ø16	6,032	8,65	6 Ø16	12,064
	118	Atas	3,43	3 Ø16	6,032	2,20	3 Ø16	6,032
		Bawah	2,20	3 Ø16	6,032	2,20	3 Ø16	6,032
	337	Atas	7,25	4 Ø19	11,34	7,25	3 Ø19	8,51
		Bawah	7,25	3 Ø19	8,51	7,25	4 Ø19	11,34
	306	Atas	3,95	2 Ø16	4,02	3,95	2 Ø16	4,02
		Bawah	3,95	2 Ø16	4,02	3,95	2 Ø16	4,02
	308	Atas	2,20	4 Ø16	8,042	2,20	3 Ø16	6,032
		Bawah	2,20	3 Ø16	6,032	2,20	4 Ø16	8,042
	311	Atas	3,85	3 Ø19	8,51	3,85	3 Ø19	8,51
		Bawah	3,85	3 Ø19	8,51	3,85	3 Ø19	8,51

b. Perhitungan tulangan geser

Perhitungan pada penulangan pada geser balok agak berbeda dengan penulangan lentur pada balok. Penulangan geser ditentukan tersendiri oleh perencana di luar program. Sementara luas tulangan geser telah dianalisis oleh SAPCON yang dianalisis di sini hanya jarak sengkang / begel yang terpakai. Hasilnya dalam tabel 4. 2. sebagai berikut :

Tabel 4. 2. Hasil SAPCON Tulangan Geser Balok

Lantai	Balok (Elemen)	Letak	L. Tul Geser (cm ²)	Tul Geser Terpasang	Luas Tul Geser terpasang (cm ²)
1	1,2,3	Tump	12,50	2 Ø 10 - 100	15,71
		Lap	5,24	Ø 10 - 150	5,24
	15,16,17	Tump	9,57	2 Ø 10 - 100	15,71
		Lap	5,24	Ø 10 - 150	5,24
	4	Tump	4,80	2 Ø 10 - 100	15,71
		Lap	2,48	Ø 10 - 150	5,24
	8,9,10	Tump	3,01	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	2,37	Ø 10 - 150	5,24
	11	Tump	3,51	2 Ø 10 - 150	10,48
		Lap	0,00	Ø 10 - 150	5,24
	203 & 211	Tump	2,36	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	2,36	Ø 10 - 100	7,854
	204 & 212	Tump	12,57	2 Ø 10 - 100	15,71
		Lap	4,33	Ø 10 - 150	5,24
	201 & 209	Tump	12,18	2 Ø 10 - 100	15,71
		Lap	5,10	Ø 10 - 150	5,24
	213 & 214	Tump	9,07	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	5,39	Ø 10 - 150	5,24
217 & 222	Tump	6,87	Ø 10 - 100	7,854	
	Lap	4,17	Ø 10 - 150	5,24	
2	42,43,44	Tump	10,62	2 Ø 10 - 100	15,71
		Lap	5,38	Ø 10 - 150	5,24
	55,56,57	Tump	9,48	2 Ø 10 - 100	15,71
	45	Lap	5,2	Ø 10 - 150	5,24
		Tump	4,68	2 Ø 10 - 100	15,71
	58	Lap	5,2	Ø 10 - 150	5,24
		Tump	4,48	2 Ø 10 - 100	15,71
	Lap	2,68	Ø 10 - 150	5,24	

Tabel 4.2. Lanjutan

	69	Tump	4,12	2 Ø 10 - 100	15,71	
		Lap	2,02	Ø 10 - 150	5,24	
	260 & 261	Tump	9,50	Ø 10 - 100	7,854	
		Lap	5,10	Ø 10 - 150	5,24	
	248 & 249	Tump	1,98	Ø 10 - 100	7,854	
		Lap	1,05	Ø 10 - 150	5,24	
	269	Tump	7,76	Ø 10 - 100	7,854	
		Lap	5,10	Ø 10 - 150	5,24	
	246	Tump	6,51	Ø 10 - 100	7,854	
		Lap	3,85	Ø 10 - 150	5,24	
	253	Tump	0,93	Ø 8 - 100	5,03	
		Lap	0,93	Ø 8 - 150	3,351	
	266	Tump	2,52	Ø 8 - 100	5,03	
		Lap	1,60	Ø 8 - 150	3,351	
3	97	Tump	3,60	2 Ø 10 - 100	15,71	
		Lap	1,54	Ø 10 - 150	5,24	
	81	Tump	3,60	2 Ø 10 - 100	15,71	
		Lap	1,54	Ø 10 - 150	5,24	
	94	Tump	4,79	2 Ø 10 - 100	15,71	
		Lap	2,69	Ø 10 - 150	5,24	
	279	Tump	6,99	Ø 10 - 100	7,854	
		Lap	4,94	Ø 10 - 150	5,24	
	285	Tump	5,39	Ø 10 - 100	7,854	
		Lap	2,86	Ø 10 - 150	5,24	
	303	Tump	0,07	Ø 8 - 100	5,03	
		Lap	0,07	Ø 8 - 150	3,351	
	4	131	Tump	3,62	Ø 10 - 100	7,854
			Lap	1,81	Ø 10 - 150	5,24
130		Tump	3,62	2 Ø 10 - 150	10,48	
		Lap	1,26	Ø 10 - 150	5,24	
135		Tump	3,63	Ø 8 - 150	3,351	
		Lap	1,37	Ø 8 - 150	3,351	
	118	Tump	1,10	Ø 8 - 150	3,351	
		Lap	1,10	Ø 8 - 150	3,351	
	337	Tump	4,01	Ø 10 - 100	7,854	
		Lap	3,12	Ø 10 - 150	5,24	
	306	Tump	0,08	Ø 8 - 150	3,351	
		Lap	0,08	Ø 8 - 150	3,351	
	308	Tump	0,39	Ø 10 - 150	5,24	
		Lap	0,39	Ø 10 - 150	5,24	
	311	Tump	1,67	Ø 10 - 100	7,854	
		Lap	1,67	Ø 10 - 100	7,854	

2. Cara Manual

a. Perhitungan Tulangan Lentur

Perhitungan tulangan lentur pada balok berdasarkan hasil out put program SAP 90 yaitu momen lenturnya dengan cara SK SNI T - 15 - 1991 - 03 sebagai berikut :

1) Hitungan Tulangan Lentur Pada tumpuan

$M_u^{(-)}$ = Diketahui

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{F_y} \cdot \beta \left[\frac{600}{600 + F_y} \right] \rightarrow \begin{aligned} \beta &= 0,85 \rightarrow f_c \leq 30 \text{ Mpa} \\ \beta &= 0,65 \rightarrow f_c \geq 55 \text{ MPa} \\ \beta &= 0,85 - 0,008 (f_c - 30) \\ &\rightarrow 30 \leq f_c < 55 . \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \rightarrow \begin{aligned} \phi &= 0,80 \rightarrow \text{lentur} \\ \phi &= 0,65 \rightarrow \text{geser} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} \rightarrow \begin{aligned} b &= \text{lebar penampang beton} \\ d &= \text{jarak tulangan tarik dari sisi desak penampang beton} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m R_n}{F_y}} \right\} \begin{array}{l} < \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{dipakai } \rho_{\text{min}} \\ > \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}} \\ \text{(tapi tidak boleh } > \rho_{\text{max}}) \end{array}$$

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

Cek kapasitas momen

$$C = 0,85 f_c b \cdot a$$

$$T = A_s F_y$$

$$C = T \rightarrow a = \text{Bisa dihitung}$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right) > M_n^{(c)} \quad \text{ok !}$$

2) Hitungan Tulangan Lentur Pada Lapangan

$$M_u^+ = \text{Diketahui}$$

$$h_{\text{min}} = \frac{1}{16} \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right) \rightarrow 1 = \text{Bentang Balok}$$

$$h > h_{\text{min}} \quad \text{ok !}$$

$$b = \text{Diketahui}$$

$$h_f = \text{Diketahui}$$

$$d = \text{Diketahui}$$

$$\begin{array}{l} b_{\text{ef}} \Rightarrow \frac{1}{4} \text{ panjang bentang} = \text{Diketahui} \\ b + 16 h_f = \text{Diketahui} \\ \text{Jarak antar balok terkecil} = \text{Diketahui} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} b_{\text{ef}} \\ b + 16 h_f \\ \text{Jarak antar balok terkecil} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{Dipakai nilai} \\ \text{Yang minimum} \end{array}$$

$$Mn^+ = \frac{Mu^+}{\phi} = \frac{Mu^+}{0,8}$$

$$m = \frac{Fy}{0,85 f_c}$$

$$Rn = \frac{Mn^+}{b \cdot d^2}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{Fy}} \right\} \begin{array}{l} < \rho_{min} \rightarrow \text{dipakai } \rho_{min} \\ > \rho_{min} \rightarrow \text{dipakai } \rho_{perlu} \end{array}$$

(tapi tidak boleh > ρ_{max})

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

Cek kapasitas momen

$$C = 0,85 f_c \cdot b \cdot a$$

$$T = As Fy$$

$$C = T \rightarrow a = \text{Bisa dihitung} < ht$$

$$Mn = T \left(d - \frac{a}{2} \right) \geq Mn^+ \quad \text{ok !}$$

3) Contoh Hitungan Tulangan Lentur Pada Tumpuan

Di dalam contoh hitungan ini balok yang diambil sebagai contoh hitungan balok pada elemen 4.

$$1 \text{ Mpa} = 10,2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\approx 10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1 \text{ Kg} = 9,81 \text{ N}$$

$$\approx 10 \text{ N}$$

$$= 10/1000 \text{ KN}$$

$$= 1/100 \text{ KN}$$

$$\text{Mutu beton K-175} \rightarrow \sigma'_{bk} = 175 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Maka } f_c = 17,5 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja U-32} \rightarrow \sigma_a = 3200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Maka } F_y = 320 \text{ Mpa}$$

$$Mu^{(1)} = 20,72 \text{ T.m} = 20720 \text{ k.m} = 207,2 \text{ KNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{F_y} \cdot \beta \left[\frac{600}{600 + F_y} \right] \rightarrow \begin{aligned} \beta &= 0,85 \rightarrow f_c \leq 30 \text{ Mpa} \\ \beta &= 0,65 \rightarrow f_c \geq 55 \text{ MPa} \\ \beta &= 0,85 - 0,008 (f_c - 30) \\ &\rightarrow 30 < f_c < 55 \text{ . Mpa} \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 17,5}{320} \cdot 0,85 \left[\frac{600}{600 + 320} \right] = 0,02577$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,01933$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{320} = 0,004375$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c} = \frac{320}{0,85 \cdot 17,5} = 21,5126$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \rightarrow \begin{aligned} \phi &= 0,80 \rightarrow \text{lentur} \\ \phi &= 0,65 \rightarrow \text{geser} \end{aligned}$$

$$= 207,2/0,8$$

$$= 259$$

$$Rn = \frac{Mn}{b d^2} = \frac{259 \cdot 10^6}{300 \cdot 550^2} = 2,854$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\ &= 0,009993 < \rho_{\text{max}} = 0,01933 \\ &> \rho_{\text{min}} = 0,004375\end{aligned}$$

Jadi dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,009993$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,009993 \times 300 \times 550 = 1648,815 \text{ mm}^2$$

Cek kapasitas momen

$$C = 0,85 f_c \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 17,5 \cdot 300 \cdot a$$

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$C = T \rightarrow a = \frac{1701,172 \cdot 320}{0,85 \cdot 17,5 \cdot 300} = 121,989$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right) > M_n^{(s)}$$

$$= 1701,172 \cdot 320 \cdot \left(550 - \frac{121,989}{2} \right) (10^{-6}) = 266,2 \text{ KN.m}$$

$$> M_n^{(s)} = 259 \text{ ok!}$$

4) Hitungan Tulangan Lentur Pada Lapangan

$$M_u^+ = 3,97 \text{ Tm} = 3970 \text{ Kgm} = 39,7 \text{ KNm}$$

$$h_{\text{min}} = \frac{l}{16} \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right) \rightarrow l = \text{Bentang Balok}$$

$$= \frac{6000}{16} \left(0,4 + \frac{320}{700} \right) = 321,43$$

$$h = 600 > h_{\min} = 321,43 \quad \text{ok !}$$

$$b = 300$$

$$hf = 150$$

$$d = 550$$

$$\begin{array}{rcl} b_{ef} \Rightarrow \frac{1}{4} \text{ panjang bentang} & = & 1500 \\ b + 16 hf = 300 + 16 \cdot 150 & = & 2700 \\ \text{Jarak antar balok terkecil} & = & 1500 \\ \text{Jadi dipakai } b_{ef} & = & 1500 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} b_{ef} \Rightarrow \frac{1}{4} \text{ panjang bentang} \\ b + 16 hf = 300 + 16 \cdot 150 \\ \text{Jarak antar balok terkecil} \\ \text{Jadi dipakai } b_{ef} \end{array}} \right\}$$

$$\begin{aligned} M_n^+ &= \frac{M_u^+}{\phi} \\ &= \frac{39,7}{0,8} = 49,625 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c} = \frac{320}{0,85 \cdot 17,5}$$

$$R_n = \frac{M_n^+}{b \cdot d^2} = \frac{49,625 \cdot 10^6}{300 \cdot 550^2} = 0,54683$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \begin{array}{l} < \rho_{\min} \rightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} \\ > \rho_{\min} \rightarrow \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}} \end{array}$$

$$= 0,0017 < \rho_{\min} = 0,004375 \text{ (tapi tidak boleh } > \rho_{\max} \text{)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 721,875 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jadi dipakai } 4 \text{ } \varnothing 19 \Rightarrow A_s = 1134,115 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$$

Cek kapasitas momen

$$C = 0,85 f_c b e f . a$$

$$T = A_s F_y$$

$$C = T \rightarrow a = \frac{1134,115 \cdot 320}{0,85 \cdot 17,5 \cdot 1500} = 16,265 < h_f = 150$$

$$M_n = T \left[d - \frac{a}{2} \right] \geq M_n^+ \quad \text{ok !}$$

$$= 1134,115 \cdot 320 \left[550 - \frac{16,265}{2} \right] \cdot 10^{-6} = 196,653 \text{ KNm}$$

$$\geq M_n^+ = 49,625 \text{ KNm} \quad \text{ok !}$$

Tabel 4. 3. Contoh Hasil Hitungan Manual Tulangan Lentur Balok

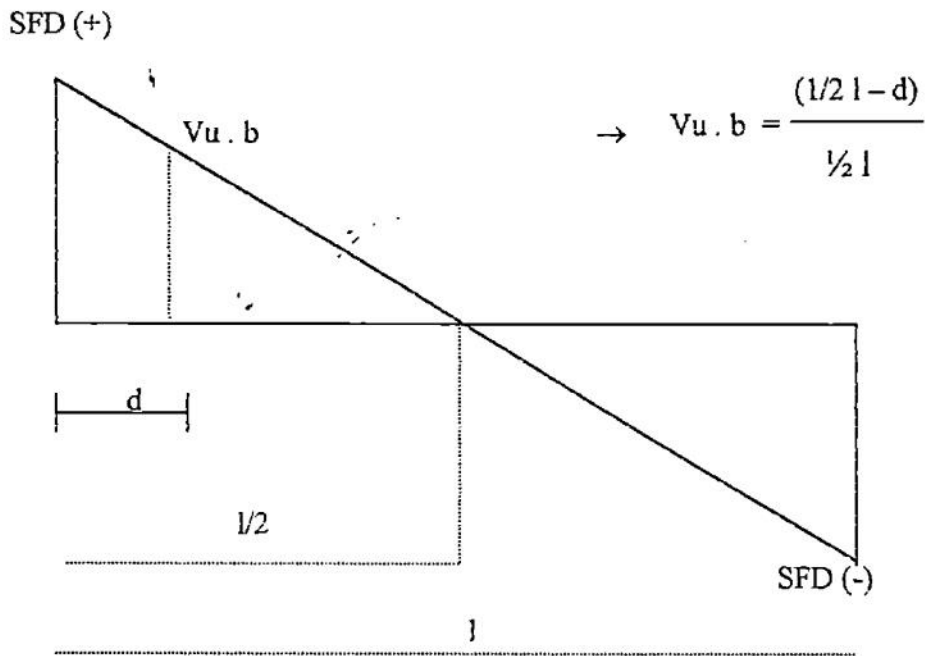
Lantai	Balok Elemen	Momen Lentur		Tul. Lentur Tump. (As Tump.) (cm ²)			Tul. Lentur Lapangan (As Lap) (cm ²)		
		Momen Tump.	Mome n Lap.	Luas tul	Tul. Terpas	Luas Tul terp.	Luas Tul.	Tul. Terpas	Luas Tul Terps
1	4	20,72	3,97	16,49	6 Ø 19	17,01	7,22	4 Ø 19	11,34

b. Perhitungan Tulangan Geser Pada Balok

Perhitungan tulangan geser pada balok berdasarkan hasil out put program

SAP 90, yaitu hitungan gaya gesernya dengan cara SKSNI T - 15 - 1991 -

03, sebagai berikut :



Gambar 4.1. Gaya Lintang

1) Pada Tumpuan (Daerah Sendi Plastis)

$Vu.b$ terpakai = $X \rightarrow X = \text{Gaya geser / gaya lintang terpakai}$

$Vc = 0$ (pada tumpuan)

$$Vs = \frac{Vu.b}{\phi} - Vc \rightarrow Vc = 0 \text{ \& } \phi = 0,6 \text{ maka}$$

$$= \frac{Vu.b}{0,6} = \frac{X}{0,6}$$

Jarak sengkang $S = \frac{Av \cdot Fy \cdot d}{Vs} \rightarrow$

$Av = \text{luasan tulangan coba-coba}$
 $Fy = \text{mutu baja}$
 $d = \text{jarak tulangan tarik dari sisi desak penampang beton}$

Kontrol $S < d/4$

2) Pada Lapangan (di Luar Daerah Sendi Plastis)

$Vu.b$ tumpuan = $Y \rightarrow Y = \text{gaya lintang pada tengah lapangan}$
 terpakai

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \quad bw.d \rightarrow f_c = \text{mutu beton}$$

bw = lebar penampang beton

d = jarak tulangan tarik dari sisi

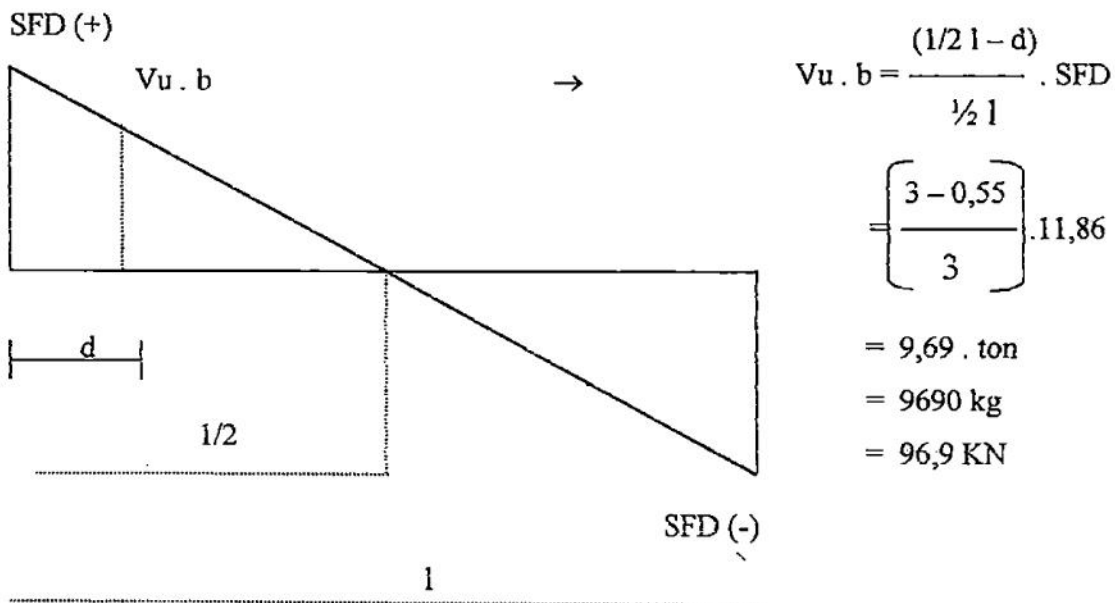
desak lebar penampang beton

$$V_s = \frac{V_u \cdot b}{\phi} - V_c \rightarrow \phi = 0,6$$

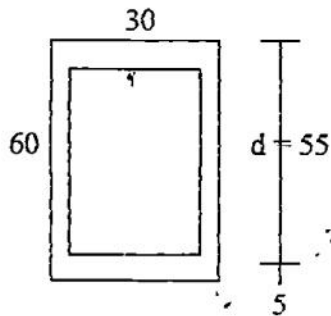
$$\text{Jarak sengkang } S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \rightarrow \begin{array}{l} A_v = \text{luasan tulangan coba-coba} \\ F_y = \text{mutu baja} \end{array}$$

Kontrol $S < d/2$

3) Contoh Perhitungan Tulangan Geser Pada Tumpuan



Gambar 4.2.. Nilai Gaya Lintang



Gambar 4.3. Penampang Beton

$$\begin{aligned} \text{SFD} &= 11,86 \\ &= 11,86 \cdot 10^{-2} \text{ KN} \cdot 10^3 \\ &= 118,6 \end{aligned}$$

$$V_u \cdot b = 96,9 \text{ KN}$$

$$V_c = 0$$

$$V_s = V_u \cdot b / \phi = 161,5 \text{ KN}$$

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} = \frac{(1/4 \pi \cdot 10^2) \cdot 320 \cdot 550}{161,5 \cdot 10^3} = 85,59 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi } \phi 10 - 85,59 = 9,18 \text{ cm}^2 < d/4 = 137,5 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan } 2 \phi 10 - 100 \text{ mm} = 15,71 \text{ cm}^2 \text{ ok !}$$

4) Contoh Perhitungan Tulangan Geser Pada Lapangan

$$V_u = V_u \cdot b = 3,94 \text{ T.} = 3940 \text{ kg} = 93,40 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{17,5} \cdot 300 \cdot 550 = 115040,7536 \\ &= 115,04 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_s = \left[\frac{V_b}{0,8} - V_c \right] = 49,373 \text{ KN}$$

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi 10^2 \cdot 320 \cdot 550}{49373} = 279,97 \text{ mm} > d/2 = 275 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi } \phi 10 - 275 = 2,86 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai sengkang } \phi 10 - 150 = 5,24 \text{ cm}^2$$

Tabel. 4. 4. Contoh Hasil Hitungan Manual Tulangan Geser Balok

Lantai	Balok (Elemen)	Letak	Gaya Geser Vu (Ton)	Tul. Geser Hit	L. Tull. Geser (cm ²)	Tul Geser Terpasang	L. Tul Ges terp (cm ²)
1	4	Tump	11,86	Ø 10 - 85,59	9,18	2 Ø 10 - 100	15,71
		Lap	3,94	Ø 10 - 275	2,86	Ø 10 - 150	5,24

C. Penulangan Pada Kolom

1. Cara Komputer

a. Perhitungan Tulangan Lentur

Perhitungan tulangan lentur / tulangan pokok pada kolom berdasarkan hasil out put program komputer SAPCON terdapat pada lampiran, hasilnya dibuat tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 5. Hasil SAPCON Penulangan Lentur/Pokok Pada Kolom

Lantai	Kolom (elemen)	Luas Tulangan (cm ²)	Tulangan Terpasang
1	601	45,365	16Ø19
	608	56,71	20Ø19
	617	34,023	12Ø19
2	637	45,365	16Ø19
	631	34,023	12Ø19
	600	8,043	4Ø16
3	665	45,365	16Ø19
	659	34,023	12Ø19
	700	8,043	4Ø16
4	671	45,365	16Ø19
	680	34,023	12Ø19

b. Perhitungan tulangan geser

Perhitungan pada penulangan pada geser kolom agak berbeda dengan penulangan lentur pada kolom. Penulangan geser ditentukan tersendiri oleh perencana di luar program. Sementara luas tulangan geser telah dianalisis oleh SAPCON yang dianalisis di sini hanya jarak sengkang / begel yang terpakai. Hasilnya dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 6. Hasil SAPCON Penulangan Geser Pada Kolom

Lantai	Kolom (Elemen)	Letak	Tulangan Geser (Cm ²)	Tul. Geser Terpasang	Luas Tul. Geser Terpasang (Cm ²)
1	601	Tump	3,49	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	3,49	Ø 10 - 150	5,24
	608	Tump	1,49	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	1,49	Ø 10 - 150	5,24
	617	Tump	2,09	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	2,09	Ø 10 - 150	5,24
2	637	Tump	5,03	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	5,03	Ø 10 - 150	5,24
	631	Tump	6,67	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	6,67	Ø 10 - 150	5,24
	600	Tump	1,42	Ø 8 - 100	5,03
		Lap	1,42	Ø 8 - 150	3,35
3	665	Tump	8,39	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	5,24	Ø 10 - 150	5,24
	659	Tump	10,83	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	5,24	Ø 10 - 150	5,24
	700	Tump	1,42	Ø 8 - 100	5,03
		Lap	1,42	Ø 8 - 150	3,35
4	671	Tump	1,34	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	1,34	Ø 10 - 150	5,24
	680	Tump	1,81	Ø 10 - 100	7,854
		Lap	1,81	Ø 10 - 150	5,24

2. Cara Manual

a. Perhitungan Tulangan Lentur

Perhitungan tulangan lentur / tulangan pokok pada kolom berdasarkan hasil out put program SAP 90 yaitu momen lenturnya dengan cara SK SNI T - 15 - 1991 - 03 sebagai berikut :

1) Hitungan Tulangan Lentur

Mu . a = momen atas kolom

Mu . b = momen bawah kolom

Pa = beban aksial kolom

a) Penentuan jenis kolom

(1) Faktor panjang elastis

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{E I_k}{I_k} \right)}{\sum \left(\frac{E I_b}{I_b} \right)} \rightarrow$$

E = modulus elastisitas beton
 $= 4700 \sqrt{f_c}$ Mpa
 f_c = mutu beton
 $I = 1/12 b h^3$ = momen inersia
 I_k = panjang kolom
 I_b = panjang balok

Misal : kolom diapit 2 joint A & B

Maka ψ_A & ψ_B sehingga dari diagram Nomogram (Grafik Alignment) didapat K = Bisa diketahui

(2) Panjang bebas kolom

$$L_u = I_k - \frac{1}{2} h_{\text{balok}}$$

(3) Radius girasi

$$r = 0,3 h_{\text{kolom}}$$

(4) Cek jenis kolom

$$\frac{K L u}{r} < 34 - \left(12 \left(\frac{M u a}{M u b} \right) \right)$$

< → Pengaruh kelangsingan diabaikan

$$\text{jadi } e = \frac{M u}{P u}$$

$$e_{\min} = (0,03 h + 15) < e \text{ dipakai } e$$

$$> e \text{ dipakai } e_{\min}$$

↓

> → Pengaruh kelangsingan perhitungkan (bidang geser berpengaruh)

$$e f = \frac{M c}{P u} \rightarrow M c = \delta b \cdot M u$$

$$\delta b = \frac{C m}{P u} \geq \delta b_{\min} = 1,0$$

$$1 - \frac{C m}{\phi P c} \geq \delta b_{\min} = 1,0$$

$$\text{dikakai } \delta b$$

$$C m = 0,6 + 0,4 \left(\frac{M u a}{M u b} \right) \geq C m_{\min} = 0,4$$

$$< C m_{\min} \text{ dipakai } C m_{\min} = 0,4$$

$$> C m_{\min} \text{ dipakai } C m$$

$$\phi = 0,65$$

$$P c = \frac{\pi^2 E I k}{(K L u)^2}$$

$$e_f = \frac{M_c}{P_u}$$

$$e_f \text{ min} = (0,03 h + 15) < e_f \text{ dipakai et}$$

$$> e_f \text{ dipakai et min}$$

$$\frac{P_u}{\phi \text{ Agr} \cdot 0,85 f_c} = \text{Diketahui}$$

$$\left(\frac{P_u}{\phi \text{ Agr} \cdot 0,85 f_c} \right) \left(\frac{e_f}{h} \right) = \text{Diketahui}$$

Dicoba ϕ 0,65 &
 ϕ 0,80

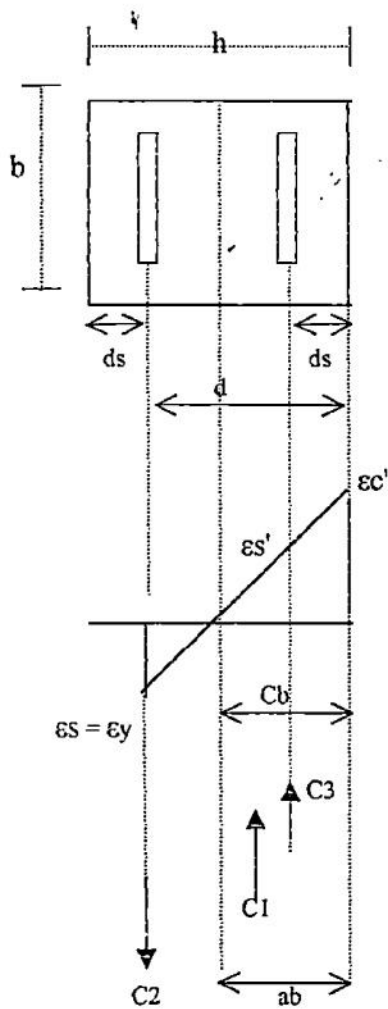
$$\frac{d'}{h} = \text{Bisa dihitung}$$

dari grafik 6.2 (buku grafik dan tabel perencanaan beton bertulang)

ditetapkan $r = \text{Diketahui}$, $\beta = \text{Diketahui}$ $\rho = r \cdot \beta$

$$\text{As tot} = \rho \cdot \text{Agr}$$

b) Cek kapasitas kolom



$$\epsilon_y = \frac{F_y}{E_s}$$

F_y = Mutu Baja

E_s = Modulus Elastis Baja

$$= 2 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$$

$$C_b = \left(\frac{\epsilon_c'}{\epsilon_c' + \epsilon_y} \right) d$$

$$ab = \beta \cdot C_b$$

$$\frac{\epsilon_s'}{\epsilon_c'} = \frac{C_b - ds}{C_b} \rightarrow \epsilon_s' = \dots$$

$$C_1 = 0,85 f_c \cdot ab \cdot b$$

$$C_2 = A_s \cdot F_y$$

$$C_3 = A_s \cdot F_s'$$

$$F_s' = E_s \cdot \epsilon_s' \leq F_y$$

> F_y Dipakai F_y

$\leq F_y$ Dipakai F_s'

Gambar 4.4. Penampang Kolom

(1) Kuat Tekan Nominal

$$P_n = C_1 - (C_2 + C_3)$$

(2) Kuat Momen Nominal

$$M_{n1} = C_1 \left[\frac{h}{2} - 0,425 C_b \right]$$

$$M_{n2} = C_2 \left[\frac{h}{2} - ds \right]$$

$$Mn_3 = C_3 \left(\frac{h}{2} - ds \right)$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 + Mn_3$$

$$\phi Mn = 0,65 \cdot Mn$$

(3) Pada saat $Mn = 0$ (kolom dengan beban aksial sentris)

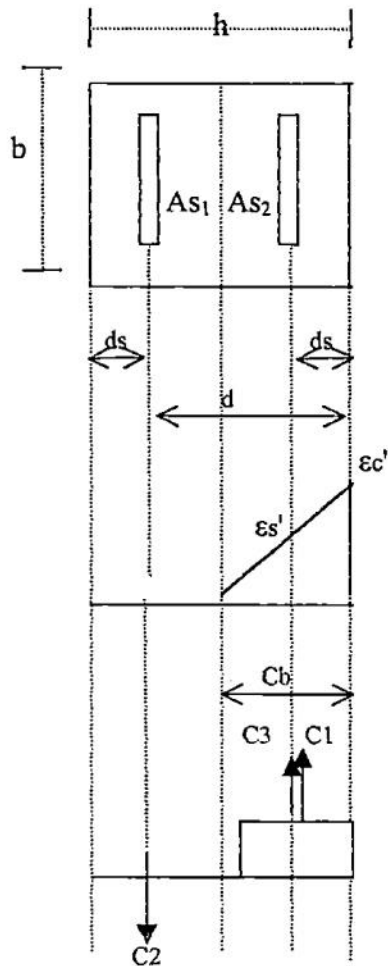
$$P_o = 0,85 f_c (A_g - A_s) + F_y \cdot A_s$$

$$P_n = 0,8 P_o$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot P_n = > P_u \quad \text{ok !}$$

(4) Saat $P_u = 0$

Menghitung letak garis netral dengan rumus ABC



$$A = 0,85 f_c b \cdot \beta$$

$$B = \epsilon_c' E_s \cdot A_{s2} - A_{s1} F_y$$

$$C = - \epsilon_c' \cdot ds E_s \cdot A_{s2}$$

$$C = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

Didapat harga C

$$a = \beta \cdot C$$

Gambar 4.5. Penampang Kolom Untuk Menghitung Garis Netral

$$\epsilon s' = \left(\frac{C - ds}{C} \right) \epsilon c'$$

$$F_s' = E_s \cdot \epsilon s'$$

$$C_1 = \beta \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$C_2 = A_{s1} \cdot F_y$$

$$C_3 = A_{s2} \cdot F_s'$$

$$P_U = C_1 + C_3 - C_2 = 0 \quad \text{Ok!}$$

$$M_{n1} = C_1 \left(\frac{h}{2} - 0,425 C \right)$$

$$M_{n2} = C_2 \left(\frac{h}{2} - ds \right)$$

$$M_{n3} = C_3 \left(\frac{h}{2} - ds \right)$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} + M_{n3}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot M_n = \text{Bisa dihitung} > M_u \quad \text{ok!}$$

2) Contoh Perhitungan Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} M_u \cdot a &= \text{Momen atas kolom} = 71,4 \text{ T. m} = 7140 \text{ Kg. m} \\ &= 71,4 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_u \cdot b = \text{Momen bawah kolom} = 6,14 \text{ T. m}$$

$$P_u = \text{Beban aksial kolom} = 24,72 \text{ Ton}$$

a) Penentuan Jenis Kolom

(1) Faktor panjang elastis

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{E I_k}{l_k} \right)}{\sum \left(\frac{E I_b}{l_b} \right)} \rightarrow$$

E = modulus elastisitas beton
 $= 4700 \sqrt{f_c}$ Mpa $= 4700 \sqrt{17,5}$
 $= 19661,511$
 f_c = mutu beton = 17,5 Mpa
 I = $1/12 b h^3$ = momen inersia
 l_k = panjang kolom = 4000
 l_b = panjang balok = 6000 & 7000

$$\psi_A = \frac{\frac{19661,511 (1/12 \cdot 400 (400)^3)}{4000}}{\frac{19661,511 (1/12 \cdot 300 (600)^3)}{6000} + \frac{19661,511 \cdot 1/12 \cdot 300 \cdot 600^3}{6000}}$$

$$= 0,3191$$

$$\psi_B = \frac{\frac{19661,511 (1/12 \cdot 400 (400)^3)}{4000} + \frac{19661,511 \cdot 1/12 \cdot 400 \cdot 400^3}{4000}}{\frac{19661,511 (1/12 \cdot 300 (600)^3)}{6000} + \frac{19661,511 \cdot 1/12 \cdot 300 \cdot 600^3}{6000}}$$

$$= 0,6382$$

Pusat kolom diapit 2 joint A & B

Maka ψ_A & ψ_B sehingga dari diagram Nomogram (Grafik

Alignment) didapat $K = 0,675$

(2) Panjang bebas kolom

$$L_u = l_k - \frac{1}{2} h_{\text{balok}} = 4000 - \frac{1}{2} 600 = 3700$$

(3) Radius girasi

$$r = 0,3 h_{\text{kolom}} = 0,3 \cdot 4000 = 1200$$

(4) Cek jenis kolom

$$\frac{K L_u}{r} < 34 - \left(12 \sqrt{\frac{M_u a}{M_u b}} \right)$$

2,08125 < 20,046 → Pengaruh kelangsingan diabaikan

$$\begin{aligned} \text{Jadi } e &= \frac{M_u}{P_u} \\ &= 0,289 \text{ m} = 289 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$e_{\text{min}} = (0,03 h + 15) \rightarrow h_{\text{balok}} = 600$$

$$= 33 \text{ mm} < e \text{ dipakai } e$$

$$> e \text{ dipakai } e_{\text{min}}$$

$$\text{jadi dipakai } C_b = 289 \text{ mm}$$

$$P_u = 24,72 \text{ ton} = 24720 \text{ kg} = 247,20 \text{ KN}$$

$$e_t = 289$$

$$h = 600$$

$$A_{gr} = 400 \times 400 = 160000$$

$$f_c = 17,5$$

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 f_c} &= X \\ \left(\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 f_c} \right) \left(\frac{e_t}{h} \right) &= Y \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Dicoba } \phi 0,65 \text{ \& } \\ \phi 0,80 \end{array}$$

$$\text{Dicoba } \phi \ 0,65 \Rightarrow X = 0,1598$$

$$Y = 0,07697$$

$$\frac{d}{h} = 0,083 \approx 0,1 \text{ dengan } f_y = 320 \approx \Rightarrow 400$$

Dari grafik 6.2 (buku grafik dan tabel perencanaan beton bertulang)

$$\begin{aligned} \text{ditetapkan } r &= 0,002, \beta = 0,7 & \rho &= r \cdot \beta \\ & & &= 0,0014 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tot} &= \rho \cdot A_{gr} \\ &= 224 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{dipakai } 12 \ \emptyset \ 19 = 3402,345 \text{ mm}^2$$

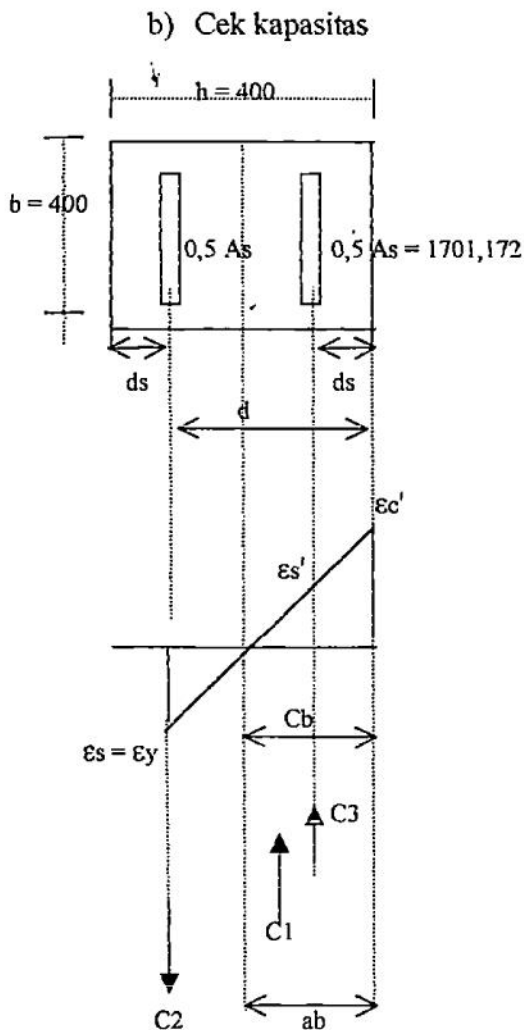
Dicoba $\phi \ 0,80 \Rightarrow X = 0,13$ dan grafik 6 : 2 didapat $r = 0,014$

$$Y = 0,0625 \qquad \beta = 0,7$$

$$\rho = r \cdot \beta = 0,0098$$

$$\begin{aligned} \text{As dt} &= 1568 \text{ mm}^2 \\ &= 15,68 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dipakai } 12 \ \emptyset \ 19 \Rightarrow \text{As} &= 3402,345 \text{ mm}^2 > \text{As dt } 1568 \text{ mm}^2 \\ &= 34,023 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



$$d = 400 - 50 = 350$$

$$\epsilon_{c'} = 0,003$$

$$\epsilon_y = \frac{F_y}{E_s} = 0,0016$$

$$F_y = \text{Mutu Baja} = 320$$

$$\epsilon_s = \text{Modul elastisitas Baja} \\ = 2 \cdot 10^5 \cdot \text{Mpa}$$

$$C_b = \left(\frac{\epsilon_{c'}}{\epsilon_{c'} + \epsilon_y} \right) d = 228,261$$

$$a_b = \beta \cdot C_b \rightarrow \beta = 0,85 \text{ Sk} < 30 \\ = 194,022$$

$$\frac{\epsilon_{s'}}{\epsilon_{c'}} = \frac{C_b - d_s}{C_b} \rightarrow \epsilon_{s'} = 0,002343$$

$$C_1 = 0,85 f_c a_b b = 1154430,9 \\ = 1154,43 \text{ kN}$$

$$C_2 = A_s \cdot F_y = 544,375 \text{ kN}$$

$$C_3 = A_s \cdot F'_s \rightarrow F'_s = E_s \cdot \epsilon_{s'} \leq F_y \\ = 516,4 > F_y$$

$$F'_s = F_y = 320 \\ = 544,375 \text{ kN}$$

Gambar 4.6. Penampang Kolom Untuk Menghitung Kapasitas

(1) Kuat Beban Nominal

$$P_n = C_1 - (C_2 + C_3) = 65,68082 \text{ kN}$$

(2) Kuat Momen Nominal

$$Mn_1 = C1 \left[\frac{h}{2} - 0,425 Cb \right]$$

$$= 118893,7808$$

$$= 118,894 \text{ kNm}$$

$$Mn_2 = C2 \left[\frac{h}{2} - ds \right]$$

$$= 81656,25$$

$$= 81,656 \text{ kNm}$$

$$Mn_3 = C3 \left[\frac{h}{2} - ds \right]$$

$$= 81656,25$$

$$= 81,656 \text{ kNm}$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 + Mn_3$$

$$= 282,2065 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn = 0,65 \cdot Mn$$

$$= 183,434 \text{ kNm}$$

pada saat $Mn = 0$ (kolom dengan beban aksial sentrus)

$$Agr = 400 \times 400 = 160000$$

$$As = 3402,345$$

$$Po = 0,85 f_c (Agr - As) + F_y \cdot As$$

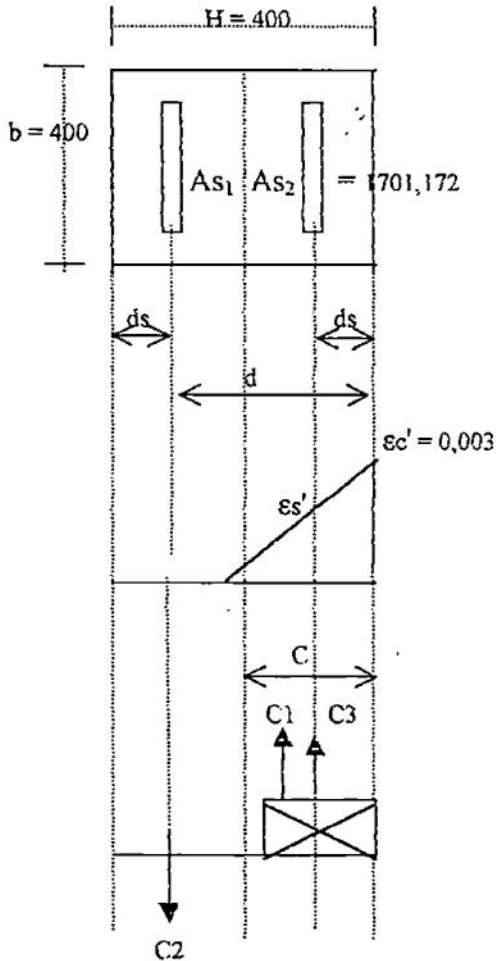
$$= 3418140,518 = 3418,14 \text{ kN}$$

$$Pn = 0,8 Po = 2734,51 \text{ kN}$$

$$\phi Pn = 0,65 \cdot Pn = 1777,433 \text{ kN} > Pu \quad \text{ok!}$$

Saat $P_u = 0$

Menghitung letak garis netral dengan rumus ABC



$$\begin{aligned} A &= 0,85 f_c b \cdot \beta = 5057,5 \\ B &= \epsilon_c' E_s \cdot A_{s2} - A_{s1} F_y = 476328,16 \\ C &= - \epsilon_c' \cdot d_s E_s \cdot A_{s2} = 51035160 \end{aligned}$$

$$C = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

Didapat harga $C = 63,85274214 \text{ mm}$

$$a = \beta \cdot C = 54,22483082 \text{ mm}$$

Gambar 4.7. Penampang Kolom Untuk Menghitung Garis Netral dengan Rumus ABC

$$\epsilon_s' = \left(\frac{C - d_s}{C} \right) \epsilon_c' = 0,0006508448$$

$$F_s' = E_s \cdot \epsilon_s' = 130,1689639$$

$$C_1 = \beta \cdot f_c \cdot a \cdot b = 322935,2434$$

$$C_2 = A_{s1} \cdot F_y = 544375,04$$

$$C_3 = A_{s2} \cdot F_s' = 221439,7966$$

$$P_U = C_1 + C_3 - C_2 = 0 \quad \text{Ok}$$

$$M_{n1} = C1 \left[\frac{h}{2} - 0,425 C \right] = 55823420,83$$

$$M_{n2} = C2 \left[\frac{h}{2} - ds \right] = 81656256$$

$$M_{n3} = C3 \left[\frac{h}{2} - ds \right] = 33215969,49$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} + M_{n3} = 170695646,3 = 170,696 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot M_n = 110,95211 \text{ KNm} > M_u = 71,4 \text{ KNm} \quad \text{ok!}$$

Tabel 4. 6. Contoh Hasil Hitungan Manual Tulangan Lentur / Pokok Pada Kolom

Lantai i	Kolom (elemen)	Momen (Ton meter)		Pu (Ton)	Luas Tul. Hitungan (cm ²)	Luas Tulangan (cm ²)	Tulangan Terpasang
		Mu. a	Mu. b				
4	681	7,14	6,14	24,72	15,68	34,023	12 Ø 19

b. Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser pada kolom berdasarkan hasil out put program SAP 90 yaitu gaya gesernya dengan cara SK SNI T - 15 - 1991 - 03 sebagai berikut :

1) Hitungan Tulangan Geser

$$P_u = N_u = \text{Beban aksial kolom}$$

$$V_u = \phi \cdot (M_{u_a} + M_{u_b}) / H_k \longrightarrow H_k = l_k - h.b.$$

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

$$S = \frac{AV F_y \cdot d}{(V_u/6)} \quad b \cdot d$$

$$= \frac{AV F_y b \cdot d^2}{\left(\frac{V_u}{6} \right)} \rightarrow \text{Jarak maksimum begel/sengkang kolom menurut (SKSNI 314.4-4.2)}$$

- ¼ dimensi komponen struktur terkecil
- 8 kali diameter tulangan longitudinal (8 kali luasan tulangan pokok).
- 100 mm.

$$V_S = \frac{AV \cdot F_y \cdot d}{S}$$

2) Contoh Perhitungan Tulangan Geser

$$P_u = N_u = \text{beban aksial kolom} = 24,72 \text{ ton} = 24720 \text{ kg} \\ = 247,20 \text{ kN}$$

$$V_u = \phi (M_u a + M_u b) / H_k \rightarrow H_k = l_k - h_b = 4000 - 600 \\ = 3400$$

$$V_u = \frac{0,65 (71400 + 61400)}{3400} \\ = 25,39 \text{ kN}$$

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

$$= \left(1 + \frac{247200}{14 \cdot 400 \times 400} \right) \left(\frac{\sqrt{17,5}}{6} \right) 400 \cdot 350 = 108382,3 \text{ N} \\ = 108,382 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dicoba } \varnothing 10 \Rightarrow S &= \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{\left[\frac{V_u}{6} \right]} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{A_v \cdot F_y \cdot b \cdot d^2}{\left[\frac{V_u}{6} \right]} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi 10^2 \cdot 320 \cdot 400 (350)^2 (10^{-6})}{\left[\frac{25390}{6} \right]} \\
 &= 291 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (10)^2 320 \cdot 350}{291} \\
 &= 30226,2 \text{ N} \\
 &= 30,2262 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek } \longrightarrow \frac{V_u}{\phi} &< V_c + V_s \\
 \frac{25,39}{0,65} &< 108,382 + 30,226 \\
 39,1 &< 138,608 \quad \text{ok!}
 \end{aligned}$$

Jadi pada tumpuan dipasang $\varnothing 10 - 100 = 7,854 \text{ cm}^2$

Dan pada lapangan dipakai $\varnothing 10 - 150 = 5,24 \text{ cm}^2$

→ Jarak maksimum begel/
senggang kolom menurut
(SKSNI 314.4-4.2)

■ $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur
terkecil $\frac{1}{4} 400 = 100 \text{ mm}$

■ 8 kali diameter tulangan
longitudinal (8 kali luasan
tulangan pokok)

$$8 \times 19 = 152 \text{ mm}$$

■ 100 mm

Tabel 4. 7. Contoh Hasil Hitungan Manual Tulangan Geser Pada Kolom

Lantai	Kolom (Elemen)	Nu (Ton)	Letak	Tulangan Geser	Tul. Geser Terpasang	L.Tul. Geser Terpasang (cm ²)
4	861	24,72	Tump	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100	7,854
			Lap	Ø 10 - 150	Ø 10 - 150	5,24