

BAB V
ANALISIS

A. Beban Struktur

1. Pelat Atap

a. Beban Mati

1) Pelat atap (12 cm)	$= 0,12 \times 24 \text{ KN/m}^3$	$= 2,88 \text{ KN/m}^2$
2) Spesi penutup lantai (2 cm)	$= 0,02 \times 21 \text{ KN/m}^3$	$= 0,42 \text{ KN/m}^2$
3) Water proofing		$= 0,50 \text{ KN/m}^2$
4) Plafond dan penggantung		$= 0,18 \text{ KN/m}^2 +$
	qDL	$= 3,98 \text{ KN/m}^2$

b. Beban Hidup

1) Beban hidup atap	qLL	$= 1,0 \text{ KN/m}^2$
2) Beban air hujan	qR	$= 0,4 \text{ KN/m}^2$

2. Pelat Lantai

a. Beban Mati

1) Pelat lantai (12 cm)	$= 0,12 \times 24 \text{ KN/m}^3$	$= 2,88 \text{ KN/m}^2$
2) Spesi penutup lantai (2 cm)	$= 0,02 \times 24 \text{ KN/m}^3$	$= 0,48 \text{ KN/m}^2$
3) Ubin keramik (2 cm)	$= 0,02 \times 24 \text{ KN/m}^3$	$= 0,48 \text{ KN/m}^2$
4) Plafond an penggantung		$= 0,18 \text{ KN/m}^2 +$
	qDL	$= 4,02 \text{ KN/m}^2$

b. Beban Hidup

$= 1,1 = 2,5 \text{ KN/m}^2$

B. Beban Gempa

1. Dimensi balok dan kolom

Dimensi balok dan kolom untuk setiap tipenya serta berat parameter dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Tipe dan berat parameter balok dan kolom

Tipe	Luas Tampang (m ²)	Volume beton (Kg/m ²)	Q (KN/m)
B1	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
B1K	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
B2	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
B3	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
B3A	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
B3AK	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
B4	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
B5	0,30 x 0,50	2400	3,530394
B5A	0,30 x 0,50	2400	3,530394
B6	0,20 x 0,40	2400	1,8828768
B7	0,20 x 0,30	2400	1,4121576
B8	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
B8A	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
B8AK	0,40 x 0,60	2400	5,6486304
BA	0,25 X 0,50	2400	2,941995
BA1	0,25 x 0,50	2400	2,941995
BA2	0,25 x 0,50	2400	2,941995
BA3	0,25 x 0,50	2400	2,941995
TB1	0,40 x 0,70	2400	6,5900688
TB2	0,25 x 0,50	2400	2,941995
K1	0,60 x 0,60	2400	8,4729456
K1A	0,60 x 0,60	2400	8,4729456
K2	0,30 x 0,60	2400	4,2364728
		2400	0,9414384

2. Berat Total Bangunan (WT)

Berat bangunan untuk setiap lantai dapat dilihat pada Tabel 5.2. Perhitungan berat bangunan selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran 1

Tabel 5.2 Berat Bangunan

Lantai	Berat (Kg)
lantai 1	1088607,32
lantai 2	1055488,83
lantai 3	1108757,13
lantai 4	1051160,11
lantai atap	1016445,78
Berat total (Wt)	5320459,17

Sumber : output SAP2000 v.14.1.0 advanced

a. Waktu getar bangunan (T)

Menurut SNI 1726-2002 pasal 5.6, gedung harus dibatasi agar tidak terlalu fleksibel. Hal ini untuk mencegah kerusakan komponen struktur gedung serta menyediakan kenyamanan bagi pengguna gedung. Dengan rumus empirik menggunakan metode A dari UBC 1997, waktu getar alami gedung adalah :

$$T = 0,06 \times H^{3/4}$$

$$H = 16,45 \text{ m}$$

$$T_x = T_y = 0,06 \times 16,45^{3/4}$$

$$= 0,5 \text{ detik}$$

Menurut SNI 1726-2002 pasal 5.6 tabel 8, untuk wilayah gempa 2 pembatasan waktu getar alami adalah :

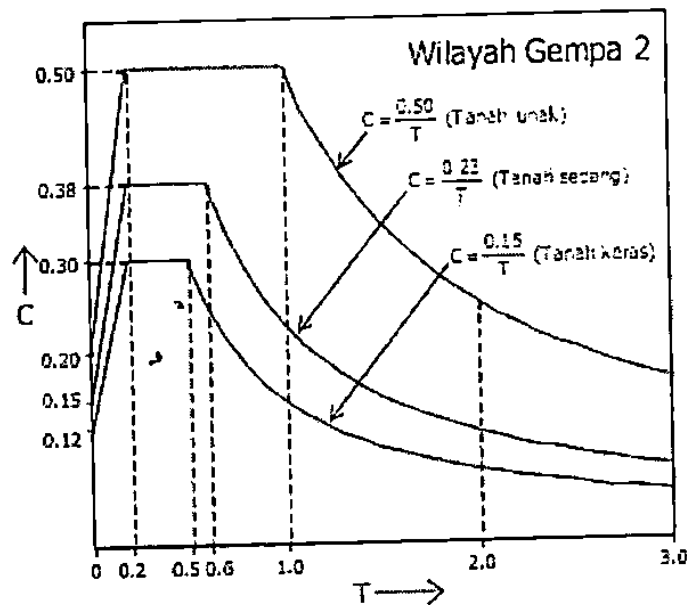
$$T = \xi \cdot n$$

$$\xi = 0,19$$

$n = 4$ tingkat

$T = 0,19 \times 4 = 0,76$ detik

Sehingga T empiris = 0,5 detik < 0,76 detikOk !!!



Gambar 5.1 Respon Spektrum Gempa
(Sumber : SNI 1726-2002)

Dari diagram respon spektrum gempa rencana untuk wilayah gempa 2, tanah sedang dengan nilai $T = 0,5$ detik didapat nilai faktor respon Gempa (C) = 0,38

b. Faktor keutamaan (I) dan faktor reduksi beban gempa (R)

SNI 1726-2002 pasal 4.1(2) tabel 1 ketentuan khusus untuk perencanaan gempa diperoleh faktor I untuk gedung Rumah Sakit = 1,4 dan faktor reduksi gempa sesuai SNI 03-1726-2002 tabel 3 untuk Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah, $R = 5,5$.

Perhitungan gaya geser dasar (V) dan beban gempa horizontal (fi) untuk portal arah X dan arah Y, didapat seperti yang terlihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

$$W_t = 5320459,17 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_x = V_y &= \frac{C.I}{R} \cdot W_t \\ &= \frac{0,38 \times 1,4}{5,5} \times 5320459,17 \\ &= 403103 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Distribusi gaya geser horizontal total akibat gempa pada masing-masing lantai SNI 1726-2002 pasal 6.1 (3)

Portal Arah X dan Y

$$F_{ix} = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum W_i \cdot z_i} V_{xy}$$

$$F_{ix} = \frac{4934617,324}{42833538,63} \times 403103$$

$$F_{ix} = 44956,03003 \text{ Kg}$$

Tabel 5.3 Distribusi gaya horizontal gempa untuk portal X dan Y

Lantai	Wi (Kg)	Zi(M)	Wi,Zi(Kgm)	Fi(Kg)
1	1088607,32	0	0	0
2	1055488,83	4,9	4934617,324	44956,03003
3	1108757,13	8,75	9277914,275	84524,9318
4	1051160,11	12,6	12634474,1	115104,3252
Atap	1016445,78	16,45	15986532,93	145642,713
			42833538,63	403103

3. Kontrol waktu getar dengan cara T. Rayleigh

Persamaan Rayleigh dinyatakan dengan :

$$T_r = 6,3 \sqrt{\frac{\sum(W_i \cdot d_i^2)}{g \cdot \sum(f_i \cdot d_i)}}$$

Syarat batas waktu getar alami bangunan :

$$T_r - 20 \% T_r < T = 0,76 \text{ detik}$$

Perhitungan waktu getar alami pada portal dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan

5.6.

a. Portal Arah X

Tabel 5.5 Waktu getar alami portala arah X

Lantai	W _i (Kg)	d _i (mm)	d _i ² (mm)	f _i (Kgf)	W _i ·d _i ² (Kgmm ²)	f _i ·d _i (Kgmm)
lantai 1	1088607	0,19674	0,0387066	0	42136,31814	0
lantai 2	1055489	0,290206	0,0842195	46495,723	88892,7652	13,493
lantai 3	1108757	0,572883	0,3281949	87218,334	363888,4705	49,966
lantai 4	1051160	0,733017	0,5373139	119070,1	564802,9617	87,280
lantai atap	1016446	0,91934	0,845186	150318,84	859085,7792	-138,194
total					1918806,295	12545,52537

$$T_r = 0,7866421 \text{ detik}$$

$$0,7866421 - (0,2 \times 0,7866421) = 0,62931368 \text{ detik} < 0,76$$

b. Portal Arah Y

Tabel 5.6 Waktu getar alami portala arah Y

Lantai	Wi (Kg)	di (mm)	di ² (mm)	fi (Kgf)	Wi,di ² (Kgmm ²)	fi,di (Kgmm)
lantai 1	1088607	0,010434	0,0001089	0	118,5148893	0
lantai 2	1055489	0,211468	0,0447187	46495,723	47200,1042	9,832
lantai 3	1108757	0,492812	0,2428637	87218,334	269276,8228	42,982
lantai 4	1051160	0,57787	0,3339337	119070,1	351017,8236	68,807
lantai atap	1016446	0,719934	0,518305	150318,84	526828,8938	-108,220
total					1194442,159	13401,99536

$$T_r = 0.6004874 \text{ detik}$$

$$0.6004874 - (0,2 \times 0.6004874) = 0.48038989 \text{ detik} < 0.76$$

detik.....Oke !!!

C. Kontrol Simpangan

1. Kinerja batas layan (Δs)

Besar simpangan antar tingkat Δs tidak boleh melebihi :

$$\Delta s = \frac{0,03}{R} \cdot h_i \text{ atau } < 30 \text{ mm}$$

Untuk setiap lantai ($h = 4900 \text{ mm}$)

$$\Delta s = \frac{0,03}{5,5} \cdot 4900$$

2. Kinerja batas ultimit (Δm)

$$\Delta m = \xi \cdot R \cdot \Delta s$$

$$\Delta m = 0,19 \times 8,5 \times 17,29$$

$$\Delta m = 27,93 \text{ mm}$$

Batas Δm tidak boleh melebihi ;

$$\Delta m = 0,02 \cdot h_i$$

$$\Delta m = 0,02 \times 4900$$

$$\Delta m = 98 \text{ mm}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan simpangan selengkapnya pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8

Tabel 5.7 Analisis simpangan antar tingkat arah X

Lantai	Kinerja Batas Layan (Δs)				Kinerja Batas Ultimate (Δm)		
	di	Δs Antar Tingkat	Syarat Δs	Ket	Δm Antar tingkat	Syarat (Δm)	Ket
	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	
lantai 1	0,19674	0,19674	17,294118	Oke	27,93	98	Oke
lantai 2	0,290206	0,093466	13,588235	Oke	21,945	77	Oke
lantai 3	0,572883	0,282677	13,588235	Oke	21,945	77	Oke
lantai 4	0,733017	0,160134	13,588235	Oke	21,945	77	Oke
lantai 5	0,01034	0,186323	13,588235	Oke	21,945	77	Oke

Tabel 5.8 Analisis simpangan antar tingkat arah Y

Lantai	Kinerja Batas Layan (Δs)				Kinerja Batas Ultimate (Δm)		
	di	Δs Antar Tingkat	Syarat Δs	Ket	Δm Antar tingkat	Syarat (Δm)	Ket
	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	
lantai 1	0,010434	0,010434	17,294118	Oke	27,93	98	Oke
lantai 2	0,211468	0,201034	13,588235	Oke	21,945	77	Oke
lantai 3	0,492812	0,281344	13,588235	Oke	21,945	77	Oke
lantai 4	0,57787	0,085058	13,588235	Oke	21,945	77	Oke
lantai atap	0,719934	0,142064	13,588235	Oke	21,945	77	Oke

D. Analisis Struktur

Kombinasi Pembebanan Gravitasi

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL

Kombinasi Pembebanan Gempa

Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh

$$9. 1,2 DL + 1,0 LL - 0,3 EX + 1,0 EY$$

$$10. 1,2 DL + 1,0 LL - 0,3 EX - 1,0 EY$$

$$11. 0,9 DL + 1,0 EX + 0,3 EY$$

$$12. 0,9 DL + 1,0 EX - 0,3 EY$$

$$13. 0,9 DL - 1,0 EX + 0,3 EY$$

$$14. 0,9 DL - 1,0 EX - 0,3 EY$$

$$15. 0,9 DL + 0,3 EX + 1,0 EY$$

$$16. 0,9 DL + 0,3 EX - 1,0 EY$$

$$17. 0,9 DL - 0,3 EX + 1,0 EY$$

$$18. 0,9 DL - 0,3 EX - 1,0 EY$$

Kombinasi Pembebanan Angin

$$19. 1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 W$$

Analisis struktur menggunakan data-data yang didapat dari pembebanan yang kemudian dilakukan kombinasi beban dengan menggunakan persamaan berikut :

Dimana : DL = beban mati

LL = beban hidup

Ex = beban gempa arah X

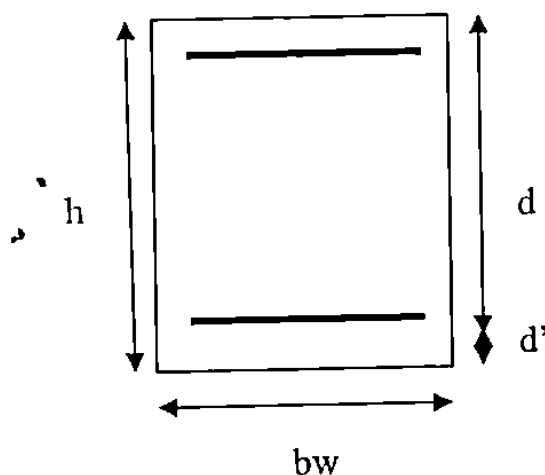
Ey = Beban Gempa Arah Y

W = Beban Angin

Data-data pembebanan yang telah ada digunakan untuk mendapatkan gaya-

E. Perhitungan Tulangan Balok

Perhitungan balok dalam perencanaan ini diambil contoh tipe balok B1 (400x600) seperti terlihat pada BAB 4 gambar 4.2.



Gambar 5.2 Balok Persegi

Lebar bawah (b_w)	: 400 mm
Tinggi Balok (h)	: 600 mm
Tinggi efektif (d)	: $h - d' = 600 - 40 = 560$ mm
Selimum beton (d')	: 40 mm

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

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

1. Penulangan terhadap lentur

Pada tumpuan bagian flens tertarik, maka bukan balok T. karena bagian flens tertarik akibat tekanan balok selebar b_w , sehingga lebar daerah tekan $b = b_w = 400$ mm.

$$M_u = -308868049 \text{ Nmm (moment maksimal akibat } 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL)}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = 386085061,3 \text{ Nmm}$$

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

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$R_n = \frac{M_n}{b_w \cdot d^2} = 3.078 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= 0,0084$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0271$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0271 = 0,0203$$

Sehingga digunakan $\rho_{perlu} = 0,0084$

$$\begin{aligned} A_{Sperlu} &= \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0084 \cdot 400 \cdot 560 \\ &= 1870,620 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 \\ &= 380,133 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka didapat jumlah tulangan (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{Sperlu}}{A_{st}} \\ &= 4,921 \approx 5 \text{ batang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{Spakai} &= n \cdot A_{st} \\ &= 5 \cdot 380,133 = 1900,664 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{Spakai} > A_{Sperlu}$$

Digunakan tulangan tarik 5 D22

$$s = \frac{b - 2.d' - 2.\varnothing_{sengkang} - n.\varnothing_{tul.lentur}}{n-1}$$

$$= 47,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm, maka dipakai tulangan 1 lapis.}$$

Kontrol kelelahan :

Dianggap bahwa semua penulangan telah meluluh, maka $f_s' = f_y$ dan

$f_s = f_y$. Dengan demikian :

$$a = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$= 35,78 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 21,05 \text{ mm}$$

Regangan yang diperhitungkan terjadi pada saat dicapai momen ultimit, ialah :

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot 0,003$$

$$= 0,037 > \varepsilon_y = 0,002 \longrightarrow \text{asumsi benar, tulangan tarik leleh.}$$

$$\varepsilon_{s'} = \frac{c-d'}{c} \cdot 0,003$$

$$= -0,00015 < \varepsilon_y = 0,002 \longrightarrow \text{asumsi salah, tulangan tekan belum leleh.}$$

Karena $\varepsilon_s > \varepsilon_y > \varepsilon_{s'}$, tulangan baja tarik sudah leleh tetapi baja tekan

benar. Maka diperlukan mencari latak garis netral dengan menggunakan kesetimbangan gaya-gaya horizontal ($\sum H_f = 0$), $T_S = C_c + C_T$, yaitu mencari nilai c dengan persamaan berikut :

$$c = \pm \sqrt{(Q + R^2)} - R$$

dengan :

$$R = \frac{600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1} \quad \text{dan} \quad Q = \frac{600 \cdot d' \cdot A_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1}$$

Maka :

$$R = \frac{600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$= -5,261 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{600 \cdot d' \cdot A_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1}$$

$$= 3788,174 \text{ mm}$$

$$c = \pm \sqrt{(Q + R^2)} - R$$

$$= 67,034 \text{ mm}$$

Dengan nilai c tersebut, nilai-nilai lain yang belum diketahui dapat dicari.

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 \cdot 200000$$

$$= 241,973 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 67,034 = 56,976 \text{ mm}$$

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

$$= 484320,391 \text{ N}$$

$$C_T = A_s' \cdot f_s'$$

$$= 1140,398 \cdot 241,973$$

$$= 275945,031 \text{ N}$$

Cek, $TS = C_c + C_T$

$$A_s \cdot f_y = C_c + C_T$$

$$1900,664,400 = 484320,391 \text{ N} + 275945,031 \text{ N}$$

$$760265,422 \text{ N} = 760265,422 \text{ N} \longrightarrow \text{Ok}$$

Kapasitas momen penampang balok

$$Mn_1 = C_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 257421404,7 \text{ Nmm}$$

$$Mn_2 = C_T \cdot (d - d')$$

$$= 143491416,3 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2$$

$$= 257421404,7 + 143491416,3$$

$$= 400912821 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$320730257 \text{ Nmm} > 308868049 \text{ Nmm} \longrightarrow \text{Ok}$$

Dengan demikian balok tumpuan aman terhadap lentur.

Berdasarkan syarat mengenai tulangan lentur tarik minimal di sepanjang bentang balok pasal 23.3(2), tiap potongan balok harus ada tulangan.

$$\begin{aligned} A_{S_{min}} &= \frac{1,4 \cdot b \cdot w \cdot d}{f_y} \\ &= \frac{1,4 \cdot 400 \cdot 560}{400} \\ &= 784 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s > A_{S_{min}}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{pakai}} &= 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 1900,664 \text{ mm}^2 > 784 \text{ mm}^2 \longrightarrow \text{Ok.} \end{aligned}$$

b. Tulangan Lapangan

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$= 0,0050 \geq \rho_{min} = 0,0035, \text{ maka perhitungan selanjutnya}$$

digunakan ρ_{perlu} .

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0271$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0271 = 0,0203 > \rho_{perlu} = 0,0050$$

Sehingga digunakan $\rho_{perlu} = 0,0050$

$$A_{Sperlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0050 \cdot 400 \cdot 560$$

$$= 1128.016 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22

$$A_{st} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2$$

$$= 380,133 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\text{ perlu}}}{A_{st}}$$

$$= 4 \text{ batang}$$

$$A_{s\text{ pakai}} = n \cdot A_{st}$$

$$= 4 \cdot 380,133 = 1520,531 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{ pakai}} > A_{s\text{ perlu}}$$

Digunakan tulangan tarik 4 D22

Jumlah tulangan tekan yang dibutuhkan berdasarkan rasio :

$$A_{s'} > 0,5 \cdot A_s$$

$$0,5 \cdot 1520,531 = 760,265 \text{ mm}^2$$

Digunakan 3 D22

$$A_{s'} = 1520,321 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{b - 2 \cdot d' - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul.lentur}}}{n - 1}$$

$$= 70,6667 \text{ mm} > 25 \text{ mm, maka dipakai tulangan 1 lapis.}$$

Regangan yang diperhitungkan terjadi pada saat dicapai momen ultimit, ialah :

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= \frac{d-c}{c} \cdot 0,003 \\ &= \frac{560-21,05}{21,05} \cdot 0,003\end{aligned}$$

$$= 0,077 > \varepsilon_y = 0,002 \longrightarrow \text{asumsi benar, tulangan tarik leleh.}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_s' &= \frac{c-d'}{c} \cdot 0,003 \\ &= \frac{21,05-40}{21,05} \cdot 0,003\end{aligned}$$

$$= -0,003 < \varepsilon_y = 0,002 \longrightarrow \text{asumsi salah, tulangan tekan belum leleh.}$$

Karena $\varepsilon_s > \varepsilon_y > \varepsilon_s'$, tulangan baja tarik sudah leleh tetapi baja tekan belum leleh. Dengan demikian, ternyata anggapan pada langkah awal tidak benar. Maka diperlukan mencari letak garis netral dengan menggunakan kesetimbangan gaya-gaya horizontal ($\sum H_f = 0$), $T_S = C_c + C_T$, yaitu mencari nilai c dengan persamaan berikut :

$$c = \pm \sqrt{(Q + R^2)} - R$$

dengan :

$$R = \frac{600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad \text{dan} \quad Q = \frac{600 \cdot d' \cdot A_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

Maka :

$$R = \frac{600.As' - As.fy}{1,7.fc'.b.\beta_1}$$

$$= 5,261 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{600.d'.As'}{0,85.fc'.b.\beta_1}$$

$$= \frac{600.40.760,265}{0,85.25.400.0,85}$$

$$= 3788,174 \text{ mm}$$

$$c = \pm \sqrt{(Q + R^2)} - R$$

$$= 56,511 \text{ mm}$$

$$= 199918,4892 \text{ N}$$

$$\text{Cek, TS} = C_c + C_T$$

$$As.fy = C_c + C_T$$

$$1520,531.400 = 408293,849 \text{ N} + 199918,4892 \text{ N}$$

$$608212,34 \text{ N} = 608212,34 \text{ N} \longrightarrow \text{Ok}$$

Kapasitas momen penampang balok

$$Mn_1 = C_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 363084,046 \cdot \left(560 - \frac{42,716}{2} \right)$$

$$= 218838445,4 \text{ Nmm}$$

$$Mn_2 = C_T \cdot (d - d')$$

$$= 103957614,4 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2$$

$$= 218838445,4 + 103957614,4$$

$$= 322796059,8 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$0,8 \cdot 322796059,8 \text{ Nmm} > 192559895,4 \text{ Nmm}$$

$$258236848 \text{ Nmm} > 192559895,4 \text{ Nmm} \longrightarrow \text{Ok}$$

Dengan demikian balok lapangan aman terhadap lentur.

Berdasarkan syarat mengenai tulangan lentur tarik minimal di sepanjang

$$= \frac{1,4.400.560}{400}$$

$$= 784 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{s_{min}}$$

$$A_{s_{pakai}} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 1520,531 \text{ mm}^2 > 784 \text{ mm}^2 \longrightarrow \text{Ok.}$$

Berdasarkan pasal 23.3(2), kuat momen lentur positif terpasang di muka kolom > 50% kuat lentur momen negatifnya di muka kolom.

$$M (+) = 192559895,4 \text{ Nmm}$$

$$M (-) = -308868049 \text{ Nmm}$$

$$M (+) > 50\% M (-)$$

$$192559895,4 \text{ Nmm} > 0,5 \cdot 308868049 \text{ Nmm}$$

$$195177173 \text{ Nmm} > -154434025 \text{ Nmm} \longrightarrow \text{Ok.}$$

Disetiap potongan sepanjang balok, tidak boleh ada kuat momen positif

atau negatif yang kurang dari $\frac{1}{4} M_{max}$:

$$192559895,4 \text{ Nmm} > \frac{1}{4} 308868049 \text{ Nmm}$$

$$195177173 \text{ Nmm} > 77217012,3 \text{ Nmm} \longrightarrow \text{Ok.}$$

Tiap potongan disepanjang balok baik sisi atas atau sisi bawah harus ada 2 batang tulangan yang diteruskan (pasal 23.3(2)).

Berdasarkan pasal 23.5(1(4)), bila tulangan longitudinal balok melewati

$$d = 560 \text{ mm} > 20,22 = 440 \text{ mm} \longrightarrow \text{Ok.}$$

Dengan demikian jumlah tulangan pada tiap potong balok memenuhi ketentuan tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2002. Untuk hasil perhitungan balok lainnya dapat dilihat pada lampiran dan pembahasan BAB VI.

2. Kontrol balok terhadap lendutan

Lendutan balok diperhitungkan pada sisi penulangan lapangan.

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

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{25} = 23500 \text{ MPa}$$

$$n = 3$$

Persamaan untuk mencari letak garis netral untuk balok persegi penulangan rangkap :

$$\frac{1}{2}.b.y^2 + n.As'.y - n.As'.d' - n.As.d + n.As.y = 0$$

$$\frac{1}{2}.400.y^2 + 3.760,265.y - 3.760,265.40 - 3.1140,398.560 + 3.1140,398.y = 0$$

$$200.y^2 + 2280,796.y - 91231,85 - 1915868,86 + 3421,194.y = 0$$

$$200.y^2 + 5701,991.y - 2007101 = 0$$

Untuk mendapatkan nilai y , maka digunakan rumus ABC :

$$y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$y_1 = 155,4700171 \text{ mm}$$

$$y_2 = -288,516466 \text{ mm}$$

Momen inersia penampang retak transformasi :

$$I_{cr} = \frac{1}{3}.b.y^3 + n.As.(d - y)^2 + n.As'.(y - d')^2$$

$$= \frac{1}{3}.400.(86,93)^3 + 3.1140,398.(560 - 86,93)^2 + 3.760,265.(86,93 - 560)^2$$

$$= 4855010303 \text{ mm}^4$$

Momen pada saat timbul retak pertama (M_{cr})

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$$

$$f_r = 0,7 \cdot \sqrt{f_c'} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$y_t = \frac{1}{2} \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 600 = 300 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = \frac{3,5 \cdot 72 \cdot 10^8}{300}$$

$$= 84000000 \text{ Nmm}$$

Beban-beban yang dianggap bekerja selama umur bangunan :

- a. Baban mati (M_{DL})
- b. Beban hidup (M_{LL})
- c. Kombinasi II = $1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL}$

Sedangkan beban-beban yang dianggap mengakibatkan lendutan seketika adalah kombinasi beban gempa maksimal (M_{maks}).

Inersia efektif (I_e)

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) \cdot I_{cr}$$

Kondisi 1

$$M_a = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL}$$

$$= (1,2 \cdot 44676125,381) + (1,6 \cdot 30094527,34)$$

$$= 229509970,2 \text{ Nmm}$$

$$I_e = \left(\frac{84000000}{101762592} \right)^3 \cdot 72 \cdot 10^8 + \left(1 - \left(\frac{84000000}{101762592} \right)^3 \right) \cdot 13,634 \cdot 10^8$$

$$= 4969977549 \text{ mm}^4$$

Kondisi II

$$M_a = M_{\text{maks}}$$

$$I_e = 4969977549 \text{ mm}^4$$

Lendutan seketika akibat beban mati

$$\Delta_{DL} = \frac{5 \cdot M_{DL} \cdot l_n^2}{48 \cdot E_c \cdot I_{cr}}$$

$$= 1,73 \text{ mm}$$

Lendutan seketika akibat kondisi I

$$\Delta_{c1} = \frac{5 \cdot (1,2 \cdot M_{DL} + 1,6 M_{LL}) \cdot l_n^2}{48 \cdot E_c \cdot I_{e1}} - \frac{5 \cdot M_{DL} \cdot l_n^2}{48 \cdot E_c \cdot I_{cr}}$$

$$= 1,54 \text{ mm}$$

Lendutan seketika akibat kondisi II

$$\Delta_{c2} = \frac{5 \cdot M_{\text{maks}} \cdot l_n^2}{48 \cdot E_c \cdot I_{e2}} - \frac{5 \cdot M_{DL} \cdot l_n^2}{48 \cdot E_c \cdot I_{cr}}$$

$$= 1,01 \text{ mm}$$

Lendutan jangka panjang

$$\Delta_{LT} = \Delta_{DL} \cdot \left(\frac{\xi}{1 + 50 \cdot \rho} \right) + \Delta_{c1} \cdot \left(\frac{\xi}{1 + 50 \cdot \rho} \right) + \Delta_{c2}$$

Nilai faktor ξ untuk umur 5 tahun atau lebih = 2

$$\rho = \frac{A_s'}{b \cdot d} = 0,005091063$$

$$\Delta_{LT} = \Delta_{DL} \cdot \left(\frac{\xi}{1 + 50 \cdot \rho} \right) + \Delta_{c1} \cdot \left(\frac{\xi}{1 + 50 \cdot \rho} \right) + \Delta_{c2}$$

$$= 6.23 \text{ mm}$$

Lendutan yang diizinkan berdasarkan nilai yang tertera pada tabel 3.3 BAB 3 :

$$\frac{l}{180} = 22,22 \text{ mm} > \Delta c_1 = 1,54 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{360} = 11,11 \text{ mm} > \Delta c_2 = 1,01 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{480} = 8,33 \text{ mm} > \Delta_{LT} = 6,23 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{240} = 16,66 \text{ mm} > \Delta_{LT} = 6,23 \text{ mm}$$

Dari nilai lendutan izin maksimum yang diperoleh, dapat diketahui bahwa balok aman terhadap lendutan.

3. Penulangan geser balok

Kuat geser ditinjau pada balok b140 lantai 2 comb 12 pada Sap untuk tipe balok B1 400 mm x 600 mm.

gaya geser ultimit V_u maksimum dari output Sap setelah gaya geser terfaktor akibat kombinasi terhadap 2 x beban gempa, maka diperoleh gaya geser rencana $V_u = 197564.070 \text{ N}$.

Tinggi balok (h) : 600 mm

Lebar bawah (bw) : 400 mm

Tinggi efektif (d) : $h - d' = 600 - 40 = 560 \text{ mm}$

Selimut beton (d') : 40 mm

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

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

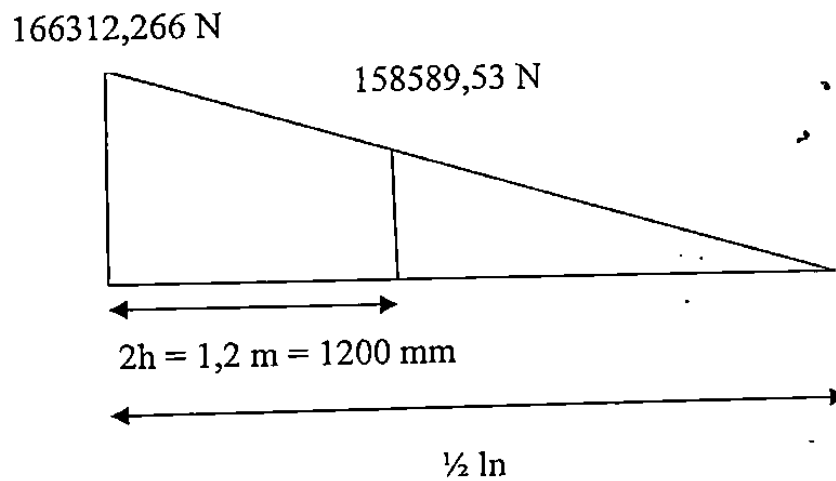
Spasi tulangan maksimum (S_{maks}) :

$$\frac{1}{4} \cdot d = \frac{1}{4} \cdot 560 = 140 \text{ mm}$$

$$8 \cdot \emptyset \text{ tulangan lentur} = 8 \cdot 22 = 176 \text{ mm}$$

$$24 \cdot \emptyset \text{ tulangan geser} = 24 \cdot 10 = 240 \text{ mm}$$

300 mm



Gambar 5.3 Gaya Geser Rencana Balok

a. Penulangan geser area sendi

$$V_u = 197564,070 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 560$$

$$= 186666,67 \text{ N}$$

Dicoba menggunakan $V_c = 0$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{166312,266}{0,75} \\
 &= 263418,760 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dengan memakai tulangan geser 2 Ø8 ($A_v = 100,53 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\
 &= 51,292 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari SNI di pasang , $S_{\min} = 100 \text{ mm}$ dan $S_{\max} = 150 \text{ mm}$.

$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm} < S_{\max}$ pada rentang sendi.

$n = 2$ kaki/muka

$\emptyset = 10$

Senggang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\
 &= \frac{157,08.240.560}{100} \\
 &= 211115,0263 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$= 746666,6667 \text{ N} > 211115,0263 \text{ N} \longrightarrow \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_{S_{\text{pakai}}} \\ &= 186667 \text{ N} + 211115,0263 \text{ N} \\ &= 397781,693 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kuat geser, untuk menghitung tulangan geser mengacu pada pasal

13.1.3.1 :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,75 \cdot 397781,693 \text{ N} \geq 197564,070 \text{ N}$$

$$298336,3 \text{ N} \geq 197564,070 \text{ N} \longrightarrow \text{Ok.}$$

b. Penulangan geser area luar sendi

V_u pada jarak $h/3 = 113222,50 \text{ N}$

Kuat geser nominal

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 560 \\ &= 186667 \text{ N} \end{aligned}$$

Dengan menganggap $V_c = 0$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= 150963,333 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat srpmk pasal 23.4.4.2, $S_{\min} = 100$ mm dan $S_{\max} = 150$ mm.

$S_{\text{pakai}} = 150$ mm < S_{\max} pada rentang luar sendi.

$n = 2$ kaki/muka

$\emptyset = 10$

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{157,08 \cdot 240 \cdot 560}{150} \\ &= 140743,351 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari V_s maksimum

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \\ &= \frac{2}{3} \cdot 400 \cdot 560 \cdot \sqrt{25} \\ &= 746666,6667 \text{ N} > 140743,351 \text{ N} \longrightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_{S_{\text{pakai}}} \\ &= 186667 + 140743,351 \text{ N} \\ &= 327410,02 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kuat geser, untuk menghitung tulangan geser mengacu pada pasal

13.1.3.1 :

$$\phi V_n \geq V_u$$

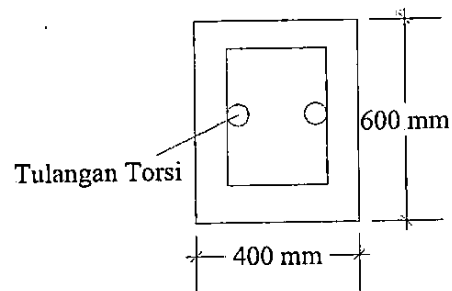
$$0,75 \cdot 327410,02 \text{ N} \geq 113222,50 \text{ N}$$

$$245557,5 \text{ N} \geq 113222,50 \text{ N} \longrightarrow \text{Ok.}$$

Hasil dari perhitungan tulangan geser untuk balok lainnya dapat dilihat pada lampiran dan pembahasan BAB VI.

4. Penulangan torsi balok

Analisis tulangan torsi pada tipe balok B1 400 mm x 600 mm. kuat momen torsi T_u didapat dari output Sap, dan gaya geser ultimit V_u diambil yang maksimum atau terbesar dari output SAP.



Gambar 5.4 Tulangan Torsi Untuk Balok

$$V_u = 197564,1 \text{ N}$$

$$T_u = 17595837 \text{ Nmm}$$

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

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

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

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

$$\frac{\phi \cdot \sqrt{f_c'}}{12} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) > T_u$$

$$A_{cp} = b \cdot h = 400 \cdot 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (400 + 600) = 2000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas } T_u &= \frac{\phi \cdot \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} = \frac{0,75 \cdot \sqrt{25} \cdot \left(\frac{240000^2}{2000} \right)}{12} \\ &= 9000000 \text{ Nmm} < 17595837 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Tulangan torsi diperlukan.

Menghitung properti penampang :

Dengan selimut beton 40 mm dan sengkang \emptyset 10

$$x_1 = 400 - 2 \left(40 + \frac{10}{2} \right) = 310 \text{ mm}$$

$$y_1 = 600 - 2 \left(40 + \frac{10}{2} \right) = 510 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = (x_1 \cdot y_1) = (310 \cdot 510) = 158100 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 158100 = 134385 \text{ mm}^2$$

$$d = 560 \text{ mm}$$

$$P_h = 2 \cdot (x_1 + y_1) = 2 \cdot (310 + 510) = 1640 \text{ mm}$$

Cek penampang :

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

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 560$$

$$= 186667 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \cdot \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 2 \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{166312,266}{400.560}\right)^2 + \left(\frac{33854932.1640}{1,7.158100^2}\right)^2} \leq 0,75 \cdot \left(\frac{186667}{400.560} + 2 \cdot \frac{\sqrt{25}}{3}\right)$$

$$1,503 \text{ N/mm}^2 \leq 3,125 \text{ N/mm}^2$$

Penampang cukup besar.

Menentukan tulangan torsi transversal yang diperlukan :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = 17595837 \text{ Nmm}$$

Asumsikan $\theta = 45^\circ \rightarrow$ untuk komponen struktur non-prategang.

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta}$$

$$= 0,218227 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ untuk 1 kaki dari sengkang.}$$

- Memilih tulangan torsi longitudinal :

$$A_l = \frac{A_t}{S} \cdot P_h \cdot \frac{f_{y_v}}{f_{y_l}} \cdot \cot^2 \theta$$

$$= 357,8918 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min } A_l = \frac{5 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_{cp}}{12 \cdot f_{y_l}} - \frac{A_t}{S} \cdot P_h \cdot \frac{f_{y_v}}{f_{y_l}}$$

$$= 534,2164 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{S} = 0,218227 \text{ mm}^2 > \frac{b_w}{6 \cdot f_{y_v}} = 0,1666 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok.}$$

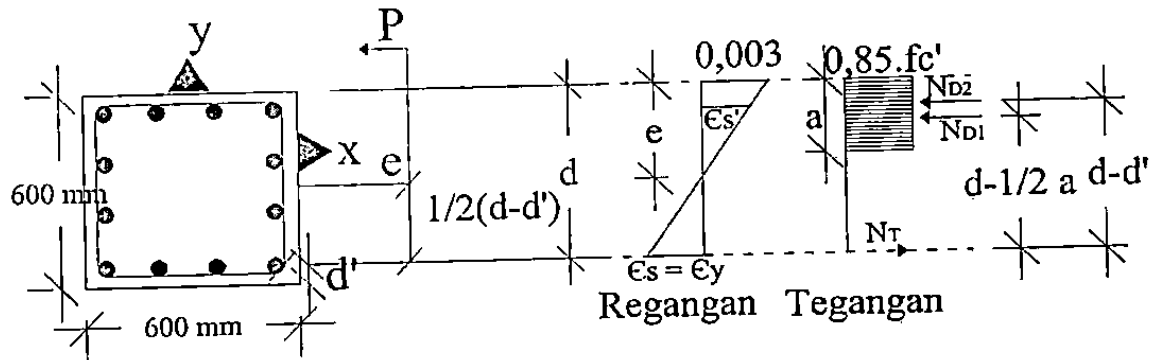
Mengacu pada SNI 03-2847-2002 pasal 13.6(7) bahwa tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir atau torsi tidak

mm². Tulangan longitudinal tambahan disebar pada keempat sudut bagian dalam dari sengkang dan secara vertikal diantaranya. Asumsikan sepertiga = 178,0721 mm². Digunakan tulangan torsi 2 D13 (265,464 mm²) untuk sisi samping.

F. Penulangan Tulangan Kolom

1. Penulangan akibat lentur dan aksial

Perencanaan kolom untuk tipe kolom K1 (600x600)



Gambar 5.4 Penampang dan Diagram Regangan-Tegangan Kolom
(Sumber : Dipohusodo, 1994)

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

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

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

a. Kontrol terhadap kelangsingan kolom

$$k = 1 \text{ (kedua ujung jepit ada gerak lateral)}$$

$$M_{1b} = -165909924,7 \text{ Nmm}$$

$$M_{2b} = 192095790,2 \text{ Nmm}$$

$$r = 0,3 \cdot h$$

$$= 0,3 \cdot 600 = 180 \text{ mm}$$

Goyangan struktur ditahan terhadap goyangan kesamping oleh plat lantai, sehingga syarat kelangsingan dihitung dengan persamaan :

$$\frac{k \cdot l_u}{r} < \left(34 - 12 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \right)$$

$$\frac{k \cdot l_u}{r} = 47,89$$

$$\left(34 - 12 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \right) = 27,22$$

$$= 47,89 > 27,22$$

Dengan demikian efek kelangsingan dari kolom dapat diabaikan.

b. Gaya aksial maksimum kolom

Digunakan rasio tulangan (ρ_g) = 2 %, sehingga :

$$A_{sg} = 0,02 \cdot 600^2$$

$$= 7200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 20 D22

$$A_{st} = 20 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2$$

Dengan penulangan simetris pada arah x dan arah y, maka :

$$\begin{aligned} A_{st_{x-x}} &= A_{st_{y-y}} \\ &= 14 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 \\ &= 5321,858 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_{s'} \\ &= 6 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 \\ &= 2280,796 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas peningkatan faktor reduksi ϕ :

$$\begin{aligned} \frac{h-2 \cdot d'}{h} &= 0,867 \\ &= 0,867 > 0,65 \end{aligned}$$

Maka ϕ untuk $\phi P_n < 0,1 \cdot f_c' \cdot A_g$ berlaku :

$$\phi = 0,8 - \frac{0,2 \cdot \phi \cdot P_n}{0,1 \cdot f_c' \cdot A_g}$$

$$A_g = 600 \cdot 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$0,1 \cdot f_c' \cdot A_g = 0,1 \cdot 25 \cdot 360000 = 900000 \text{ N}$$

Beban aksial maksimum $\phi P_{n_{maks}}$ yang dapat dipikul oleh kolom :

$$\begin{aligned} \phi P_{n_{maks}} &= 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y) \\ &= 0,8 \cdot 0,65 \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (360000 - 6082,123) + 6082,123 \cdot 400) \\ &= 5175874,124 \text{ N} > 900000 \text{ N}, \phi \text{ tetap} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{nb} &= N_{D1} + N_{D2} + NT \\
 &= 3576375 + 719876,11 - 760265,2 \\
 &= 3601010,899 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_{nb} &= 0,85 \cdot 3601010,899 \\
 &= 3060859,265 \text{ N} > P_u = 2560697,16 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka bila $P_u < P_{nb}$, maka kolom mengalami kelelahan tarik.

Kemudian untuk batas dimana tulangan tekan mengalami peralihan leleh

yaitu pada saat $\epsilon_s' = \epsilon_y = 0,0025$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s'} \cdot (cb - d') \\
 &= \frac{0,003}{0,00255} \cdot (330 - 50) \\
 &= 329,411 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \frac{d - c}{c} \cdot 600 \\
 &= \frac{550 - 329,411}{329,411} \cdot 600 \\
 &= 401,788 = 400 \text{ MPa, asumsi benar}
 \end{aligned}$$

Kedua tulangan leleh

$$f_s = f_s' = f_y$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= 0,85^2 \cdot f_c' \cdot c \cdot b + A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') - A_s \cdot f_y \\
 &= 3601010,899 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= 0,85 \cdot 3601010,899 \text{ N} \\
 &= 3060859,265 \text{ N} > P_u = 2560697,16 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$P_u < \phi P_n$ maka kondisi kedua tulangan leleh.

Dengan demikian penampang kolom mampu menahan beban P_u .

2. Penulangan geser kolom

Perencanaan tulangan geser kolom K1 (600x600)

$V_u = 92677,890$ N, kombinasi 4 (1,2DL+LL+Fx -0,3Fy)

$N_u = 2560697,160$ N

$b_w = 600$ mm

$d = 550$ mm

$h_n = 4900$ mm

$f_c' = 25$ MPa

$f_y = 240$ MPa

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton :

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

$$V_c = 422260,953 \text{ N}$$

$$= \frac{157,08.400.550}{100}$$

$$= 207344,28 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_{S_{\text{pakai}}}$$

$$= 422260,953 + 207344,28$$

$$= 692488,187 \text{ N}$$

Cek kuat geser

$$\phi V_n > V_u$$

$$0,75 \cdot 692488,187 \text{ N} > 92677,890 \text{ N}$$

$$410819,343 \text{ N} > 92677,890 \text{ N} \longrightarrow \text{Ok}$$

Rentang lo diambil terbesar dari :

$$\frac{1}{6} \cdot \text{Tinggi bersih kolom} = \frac{1}{6} \cdot 4900 = 816 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi terbesar penampang kolom} = 900 \text{ mm}$$

Cek kuat geser

$$\phi V_n > V_u$$

$$0,75 \cdot 10978012,269 \text{ N} > 106860,632 \text{ N}$$

$$8233509,202 \text{ N} > 106860,632 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

Diagram Interaksi Kolom K1 600 x 600

