

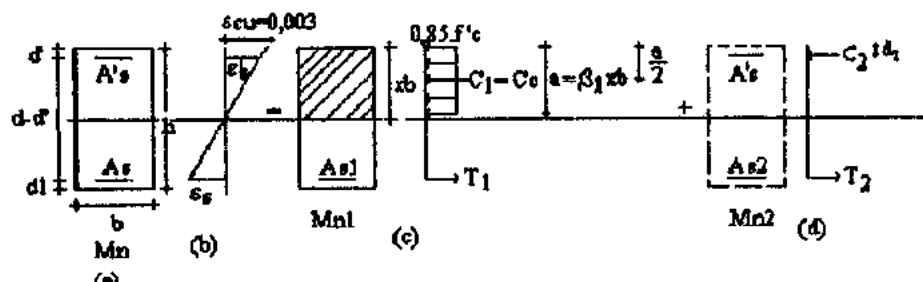
BAB V

DESAIN DAN ANALISA BALOK BETON KONVENSIONAL

V.1. DESAIN DAN ANALISA TULANGAN RANGKAP TERHADAP LENTUR

Desain dan analisa merupakan suatu masalah yang berhubungan walaupun mempunyai perbedaan yang mendasar serta membutuhkan teknik yang berbeda pula. Dalam analisa, tinjauan dilakukan terhadap beban dan momen yang bekerja, dimensi struktur, desain mutu baja, beton, serta beban yang bekerja telah diketahui. Didalam mendesain, perancang dapat mengatur letak sumbu netral sekehendak perancang.

Dalam desain dan analisa pada suatu balok yang direncanakan tulangan rangkap, maka blok dari balok itu akan terbagi menjadi dua daerah yaitu daerah tarik dan daerah desak. Dimana daerah tarik, gaya tarik yang bekerja akan dipikul oleh bajanya dan daerah desak akan dipikul oleh betonnya. Pembagian daerah seperti pada gambar dibawah ini. [1,2,4]



a. Penampang lintang ; b. Diagram regangan ; c. dan d. sehsitegangan pada kondisi regangan

Gbr.5.1. Desain balok beton bertulang.

V.2. KUAT TEKAN DAN KUAT LELEH YANG DIIJINKAN.

Persyaratan perancangan struktur beton berasumsi bahwa keamanan yang cukup terpenuhi bila kuat tekan yang bekerja berada dibawah kuat tekan yang diijinkan.

Untuk beton : $f'c$ = kuat tekan beton yang diijinkan.

Untuk baja : f_y = kuat leleh baja yang disyaratkan.

Tabel 5.1. Kuat tekan beton.

Mutu beton	$f'c$ (Mpa)	$f'c$ (kg/cm ²)
25	25	250
30	30	300
35	35	350
40	40	400

Tabel 5.2. Tegangan leleh baja

Mutu baja	f_y (Mpa)	f_y (kg/cm ²)
240	240	2400
400	400	4000

V.3. TINJAUAN BALOK TERHADAP GESER.

Tegangan geser yang tinggi pada suatu balok akan menimbulkan retak miring, maka upaya untuk mencegah pembentukan retak miring digunakan penulangan transversal yang dikenal dengan istilah penulangan geser yang berbentuk sengkang tertutup arah vertikal ataupun miring untuk menutupi penulangan memanjang disekeliling muka balok.

Salah satu metode yang akan dipakai adalah Metode Alternatif berdasarkan SKSNI.T-15-1991-03, dengan meninjau

gaya geser yang terjadi dengan syarat jika :

1. Tidak diperlukan tulangan geser :

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c \dots\dots\dots 5.1.$$

2. Tulangan geser minimum :

$$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c \dots\dots\dots 5.2.$$

$$\phi V_s \text{ perlu} = \phi V_s \text{ minimum} = \phi 1/3.B_w.d \text{ MPa} \dots\dots\dots 5.3.$$

$$V_s = \frac{A_v.f_y.d}{S} \text{ MPa} \dots\dots\dots 5.4.$$

$$S \leq d/2 \dots\dots\dots 5.5.$$

3. $\phi V_c < V_u \leq (\phi V_c + 1/3.f_f'c.b_w.d)$ 5.6.

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c \text{ MPa} \dots\dots\dots 5.7.$$

$$S \leq d/2 \dots\dots\dots 5.8.$$

4. $(\phi V_c + 1/3.f_f'c.b_w.d) < V_u \leq (\phi V_c + 2/3.f_f'c.b_w.d)$ 5.9.

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - V_c \text{ MPa} \dots\dots\dots 5.10.$$

$$S \leq d/4 \dots\dots\dots 5.11.$$

5. Ukuran penampang diperbesar jika :

$$V_u > (\phi V_c + 2/3.f_f'c.b_w.d) \dots\dots\dots 5.12.$$



V.4. DESAIN ANALISA BALOK KONVENSIONAL.

Direncanakan sebuah balok bentang $L = 6 \text{ m}$.

mutu beton $f'c = 30 \text{ Mpa}$.

mutu baja $f_y = 400 \text{ Mpa}$.

dengan beban rencana $W_l = 25 \text{ KN/m}$.

dengan beban rencana $W_d = 15 \text{ KN/m}$.

belum termasuk berat sendiri

berat beton $= 24 \text{ KN/m}^3$

Pembahasan :

$$f'c = 30 \text{ Mpa} \quad \beta_1 = 0,85$$

$$P_b = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$P_b = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0325$$

$$P_{max} = 0,75 P_b = 0,75(0,0325) = 0,0244$$

Dimisalkan balok tulangan sebelah :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85(30)} = 15,686$$

$$R_n = P \cdot f_y \left(1 - \frac{1}{2} P \cdot m \right) = 0,0244(400) \left(1 - \left(\frac{1}{2} \right) (0,0244)(15,686) \right) \\ = 7,8922 \text{ Mpa}$$

Beban - beban :

Ditaksir berat sendiri 2 KN/m

$$M_d = (1/8)W_d.L^2 = (1/8)(15+2)(6^2) = 76,5 \text{ KN-m}$$

$$M_l = (1/8)W_l.L^2 = (1/8)(25)(6^2) = 112,5 \text{ KN-m}$$

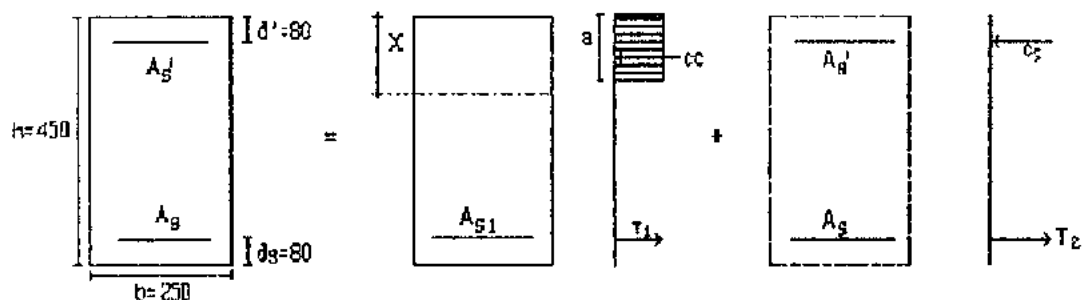
$$M_u = 1,2M_d + 1,6M_l = 1,2(76,5) + 1,6(112,5) = 271,8 \text{ KN-m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{271,8}{0,8} = 339,75 \text{ KN-m}$$

$$bd^2 = \frac{M_n}{R_n} = \frac{339,75(10^6)}{7,8922} = 43,0488(10^6) \text{ mm}^3$$

coba-coba :

diambil b	250	250	300	350
$d = \sqrt{\frac{b \cdot d^2}{b}}$	464	415	379	350



Gbr.5.2. Desain tulangan rangkap

$$d = 450(80) = 370 \text{ mm} < 415 \text{ mm} \quad \text{tulangan rangkap}$$

$$A_c = 0,25(0,45) = 0,1125 \text{ m}^2$$

$$W_g = 0,1125(24) = 2,7 \text{ KN/m}$$

$$M_d = (1/8)W_d.L^2 = (1/8)(15+2,7)(6^2) = 796,65 \text{ KN-m}$$

$$M_l = (1/8)W_l.L^2 = (1/8)(25)(6^2) = 112,5 \text{ KN-m}$$

$$M_u = 1,2M_d + 1,6M_l = 1,2(79,65) + 1,6(112,5) = 275,58 \text{ KN-m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{275,58}{0,8} = 344,475 \text{ KN-m}$$

$$x = \frac{600}{600+f_y}, d = \frac{600}{600+400} (370) = 222 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 x = 0,85(222) = 189 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = P.b.d = 0,0244(250)(370) = 2258 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = A_{s1}.f_y \quad \text{dianggap tulangan tarik telah leleh}$$

$$\begin{aligned} M_{n1} &= T_1 \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_{s1}.f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2258(400) \left(370 - \frac{189}{2} \right) \\ &= 248866000 \text{ N-mm} \\ &= 248,866 \text{ KN-m} < M_n = 344,475 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

$$Mn2 = Mn - Mn1 = 344,475 - 248,866 = 95,609 \text{ KN-m}$$

$$Mn2 = Cs(d - d') \text{ atau } Mn2 = T2(d - d')$$

$$T2 = Cs = \frac{Mn2}{d - d'} = \frac{95,609(10^6)}{370 - 50} = 298778,2 \text{ N}$$

Regangan tulangan tekan :

$$\epsilon_{s'} = \frac{x - d}{x} \cdot \epsilon_{cu} = \frac{222 - 50}{222} (0,003) = 0,0023$$

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

$\epsilon_{s'} > \epsilon_y$ tulangan tekan telah leleh maka $f_{s'} = f_y$

$$As' = \frac{Cs}{f_{s'}} = \frac{298778,2}{400} = 746,95 \text{ mm}^2$$

$$As2 = \frac{T2}{f_y} = 746,95 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik :

$$As = As1 + As2 = 2258 + 746,95 = 3004,95 \text{ mm}^2$$

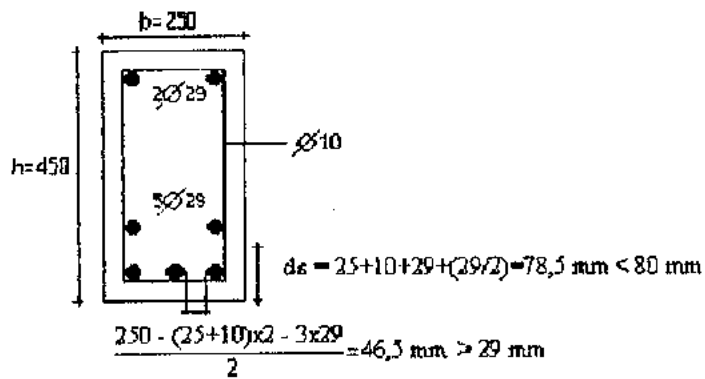
Dipakai :

$$\text{Tulangan tarik } 5 \text{ } \varnothing 29 = 3302,60 \text{ mm}^2 > As = 3004,95 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } 2 \text{ } \varnothing 29 = 1321,04 \text{ mm}^2 > As' = 746,95 \text{ mm}^2$$

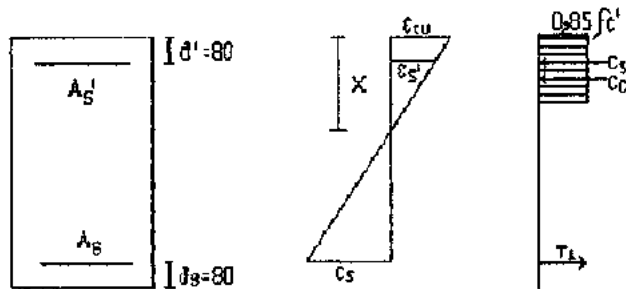
$$A_{s1} = A_s - A_{s'} = 3302,60 - 1321,04 = 1981,56 \text{ mm}^2$$

$$P = \frac{A_{s1}}{b \cdot d} = \frac{1981,56}{250(370)} = 0,0232 < P_{\max} = 0,0244 \quad \text{ok!}$$



Gbr.5.3. Tampang balok

Memeriksa Mn penampang :



Gbr.5.4. Tampang balok dan diagram regangan.

$$A_s = 3302,60 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 1321,04 \text{ mm}^2$$

Dianggap tulangan tarik dan tekan telah leleh

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = 0,85(30)(250) \cdot a = 6375a$$

$$C_s = A_s'(f_y - 0,85 \cdot f'_c) = 1321,04(400 - 0,85(30)) = 494729,7 \text{ N}$$

$$T = A_s \cdot f_y = 3302,60(400) = 1321039 \text{ N}$$

Keseimbangan gaya-gaya :

$$T = C_s + C_c$$

$$1321039 = 494729,70 + 6375a$$

$$a = \frac{1321039 - 494729,70}{6375} = 129,617 \text{ mm}$$

$$x = \frac{a}{\beta} = \frac{129,617}{0,85} = 152,491 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{x - d'}{x} \cdot \epsilon_{cu} = \frac{152,491 - 50}{152,491} (0,003)$$

$$= 0,00202 > \epsilon_y = 0,002 \text{ tekan leleh}$$

$$\epsilon_s = \frac{d - x}{x} \cdot \epsilon_{cu} = \frac{370 - 152,491}{152,491} (0,003)$$

$$= 0,0043 > \epsilon_y = 0,002 \text{ tarik leleh}$$

jadi tulangan tarik dan tekan telah leleh

$$C_c = 6375a = 6375(129,617) = 826311,375 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d')$$

$$= 826311,375 \left(370 - \frac{129,617}{2} \right) + 494729,70 (370 - 50)$$

$$= 410,4965(10^6) \text{ N-mm}$$

$$= 410,4965 \text{ KN-m} > 344,475 \text{ KN-m}$$

Jadi penampang dapat dipakai.

Perencanaan tulangan geser :

Gaya geser berfaktor :

$$V_u = \frac{W_u.L}{2} = \frac{1,2(17,7) + 1,6(25)}{2} (6) = 183,72 \text{ KN}$$

Gaya geser maksimum yang mungkin terjadi pada tengah bentang

$$V_u = \frac{W_1.L}{8} = \frac{1,6(25)(6)}{8} = 30 \text{ kn}$$

Kekuatan geser beton :

$$\phi V_c = \phi \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \right) = 0,6 \left(\frac{1}{6} (\sqrt{30}) (250) (370) \right)$$

$$= 50664,3 \text{ N} = 50,664 \text{ KN}$$

$V_u > 0,5 \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser.

Syarat :

$$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c = 25,332 < 30 \leq 50,664$$

Kekuatan geser tulangan geser :

minimum :

$$\phi V_s = \phi \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = 0,6 \left(\frac{1}{3} \right) (250)(370) = 18500 \text{ N} = 18,5 \text{ KN}$$

maksimum :

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \left(\frac{2}{3} \cdot f'c \cdot b_w \cdot d \right) = 0,6 \left(\left(\frac{2}{3} \right) (430)(250)(370) \right) \\ &= 202657,3 \text{ N} = 202,657 \text{ KN} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan geser $\phi 10$

$$A_v = 2 A_s = 2(0,25)\pi(10^2) = 157,07 \text{ mm}^2 \approx 157 \text{ mm}^2$$

Pada penampang kritis :

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c = 183,72 - 50,664 = 133,056 \text{ KN}$$

$$S = \frac{\phi A_v \cdot f_y \cdot d}{\phi V_s} = \frac{0,6(157)(400)(370)}{133,056(10^3)} = 104,779 \text{ mm}$$

dipakai $\phi 10 - 100 \text{ mm}$

Tulangan geser pada daerah :

$$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c = 25,332 < 30 \leq 50,664$$

$$S = \frac{\phi A_v \cdot f_y \cdot d}{\phi V_s} = \frac{0,6(157)(400)(370)}{18,5(10^3)} = 753,6 \text{ mm}$$

dipakai $\phi 10 - 750 \text{ mm}$

$$S = 200 \text{ mm} \quad \phi V_s = \frac{\phi A_v f_y d}{S}$$

$$= \frac{0,6(157)(400)(370)}{200} = 69708 \text{ N} = 69,708 \text{ KN}$$

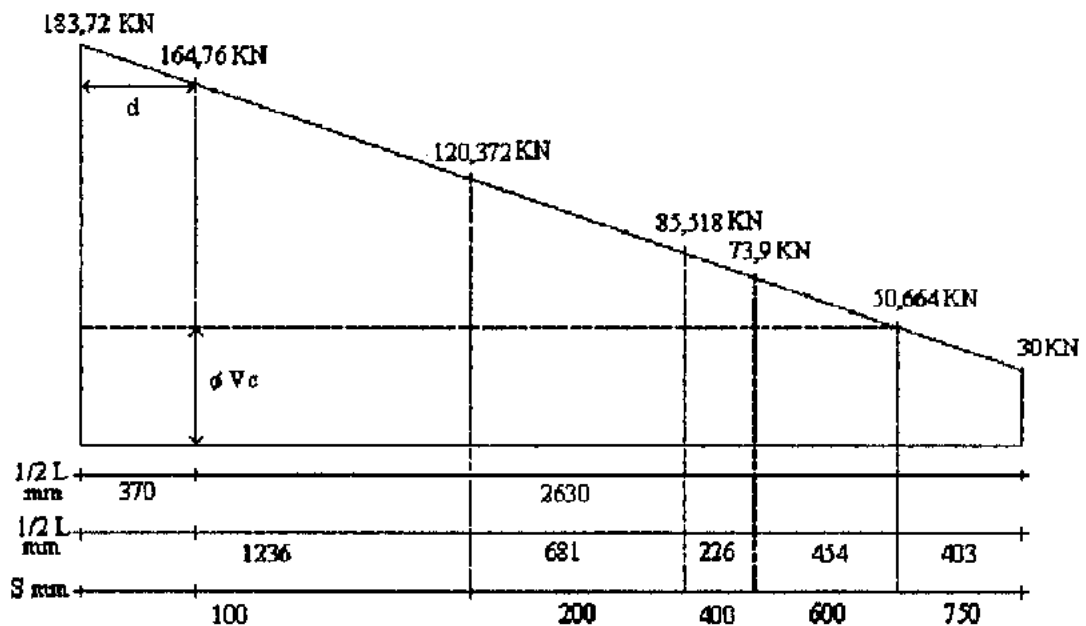
$$\longrightarrow V_u = 120,372 \text{ KN}$$

$$S = 400 \text{ mm} \quad \phi V_s = \frac{0,6(157)(400)(370)}{400} = 34854 \text{ N} = 34,854 \text{ KN}$$

$$\longrightarrow V_u = 85,518 \text{ KN}$$

$$S = 600 \text{ mm} \quad \phi V_s = \frac{0,6(157)(400)(370)}{600} = 23236 \text{ N} = 23,236 \text{ KN}$$

$$\longrightarrow V_u = 73,9 \text{ KN}$$



Gbr.5. Diagram tulangan geser

L	Momen yang diberikan				Mn1 < Mn				E _s > E _y / E _s = E _y				Pemakaian tulangan				
	Mu 1.2Md + 1.5MI	Mn Mu/φ	x (600/600 + 1/γ) ^{1.5} d	a Blx	As1 Flud	Mn1 As1γ	Mn2 (d-a)²	Mn2 KN-m	T As1γ	Cs As1(0.85 f'c)	a (T=Cs+ Cs)	x a/BI	E _s E _s > E _y	E _s E _s > E _y	Cc	Mn tersedia	Mn perlu
m	KN-m	KN-m	mm	mm	mm²	KN-m	KN-m	KN-m	KN-m	mm	mm	mm	mm²	mm²	mm²	mm²	mm²
6	235.580	344.475	322	189	2258	248.866	95.689	293779.2	0.0023	0.0023	152.491	0.00202	0.0043	3004.06	5 0 29	3702.40	
8	505.472	631.840	300	265	3560	545.289	186.551	206648.9	0.0025	0.0025	220.756	0.00213	0.0038	4168.78	6 0 32	4827.49	
10	813.200	1016.500	360	306	5123	915.942	100.558	191538.8	0.0024	0.0024	274.030	0.00218	0.0036	5601.57	8 0 32	6453.96	
12	1199.520	1493.400	378	321	6147	1154.012	345.368	851875.5	0.0022	0.0022	285.455	0.00207	0.0036	7776.05	10 0 32	8042.47	
14	1690.892	2113.615	432	367	7903	1695.568	418.047	674268.6	0.0023	0.0023	315.985	0.00205	0.0038	9589.21	10 0 36	10178.75	
16	2270.728	2838.400	462	393	9390	2154.626	683.774	1020558	0.0024	0.0024	369.429	0.00221	0.0044	11941.38	12 0 36	12314.50	
18	2890.520	3738.150	510	434	11402	2888.049	850.181	1133467	0.0024	0.0024	369.429	0.00219	0.0043	14235.36	12 0 40	15073.63	
20	3807.200	4759.000	540	459	13170	3532.077	1226.923	1533654	0.0024	0.0024	369.429	0.00219	0.0043	17003.70	10 0 50	19634.94	

P _{max} = 0.0244																
E _y = 0.002																
L	As'	luas As'	As1	P	Cc	Cs	T	a	x	E _s	E _s	Cc	Mn	Mn	Mn	Mn
m	mm²	mm²	mm²	P < P _{max}	0.85f'c b a	f'c	KN	mm	mm	mm	mm	KN	KN-m	KN-m	KN-m	KN-m
6	2 0 29	1321.04	1981.56	0.0214	6375	494729.70	1321039	129.617	152.491	0.00202	0.0043	826.311	410.4965	344.475		
8	2 0 29	1321.04	3504.44	0.0234	7650	494728.95	1930190	187.642	220.756	0.00213	0.0038	1405.466	210.8429	631.840		
10	2 0 29	1321.04	5112.94	0.0243	8925	494728.95	2573591	232.926	274.030	0.00218	0.0036	2078.864	260.7379	1016.500		
12	3 0 29	1981.56	6060.91	0.0241	10200	742093.43	3216988	242.637	285.455	0.00207	0.0036	2474.897	394.5685	1499.400		
14	4 0 29	3642.08	7536.67	0.0233	11475	969457.91	4071501	268.589	315.985	0.00205	0.0038	3082.045	615.2691	2113.615		
16	6 0 29	3963.12	9251.39	0.0214	12750	1484186.86	4885801	266.793	313.874	0.00204	0.0044	3401.616	996.5707	2838.400		
18	6 0 29	3963.12	11116.52	0.0238	14025	1484186.86	6031853	324.254	381.476	0.00221	0.0037	4547.668	1116.2684	3738.150		
20	9 0 36	8143.00	11491.94	0.0213	15300	3049553.98	7853975	314.074	369.429	0.00219	0.0043	4804.423	2443.2128	4759.000		

TABEL 5.5-5.8. DESAIN ANALISA BALOK KONVENSIONAL

L	Dinamika				Pembahasan				Momen Inersia					
	Mpa	Mpa	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			
6	40	400	25	15	2	24	0.8	0.77	0.0393	0.0295	11.765	7.8922	79.650	112.500
8	40	400	25	15	3	24	0.8	0.77	0.0393	0.0295	11.765	7.8922	143.000	200.000
10	40	400	25	15	3	24	0.8	0.77	0.0393	0.0295	11.765	7.8922	250.000	312.500
12	40	400	25	15	6	24	0.8	0.77	0.0393	0.0295	11.765	7.8922	371.000	450.000
14	40	400	25	15	8	24	0.8	0.77	0.0393	0.0295	11.765	7.8922	463.500	612.500
16	40	400	25	15	10	24	0.8	0.77	0.0393	0.0295	11.765	7.8922	600.000	800.000
18	40	400	25	15	12	24	0.8	0.77	0.0393	0.0295	11.765	7.8922	1093.500	1012.500
20	40	400	25	15	13	24	0.8	0.77	0.0393	0.0295	11.765	7.8922	1400.000	1250.000

L	Mu	Mu/σ	Mu/σ	bd ²	coba	d	V ² (bd ² /2b)	b	h	d'	ds	d	syarat	Ac	wg	Md
m	KN-m	KN-m	mm ³	mm ⁴	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	1.5 < h/b	m ²	KN/m	KN-m
6	271.800	339.750	43.0488	415	250	415	415	250	450	50	80	370	1.3	0.1125	2.700	79.650
8	492.800	616.000	78.0817	510	300	510	510	300	550	75	100	450	1.3	0.1650	3.960	151.580
10	900.000	1000.000	126.7074	602	350	602	602	350	650	75	100	550	1.3	0.2275	5.460	355.750
12	1173.500	1467.000	155.8797	682	400	682	682	400	750	100	120	630	1.3	0.3000	7.200	399.600
14	1656.200	2070.250	262.3160	763	450	763	763	450	800	100	120	680	1.3	0.3600	8.640	573.180
16	2240.000	2800.000	354.7307	842	500	842	842	500	900	100	130	770	1.3	0.4500	10.800	825.800
18	2932.200	3665.250	464.4142	919	550	919	919	550	1000	100	150	850	1.3	0.5500	13.200	1.142.100
20	3650.000	4600.000	582.8540	985	600	985	985	600	1050	100	150	900	1.3	0.6300	15.120	1.506.000

L	Momen yang diperlukan										Penyelesaian lapangan									
	M _c	M _n	x	a	d _{ef}	Mn1	Mn2	T2=C2	E _s '	E _y	As' ₁ =As ₂	As	As	As	As	As				
1.2M _d +	M _{orb}	(0.8M _d +0.1M _l) ²	(0.15+0.01x)	(0.15+0.01x)	(0.15+0.01x)	As ₁	Mn-Mn1	Mn2	(x-d _{ef}) ²	E _s '	E _y	As' ₁ =As ₂	As	As	As					
1.6M _l		(0.15+0.01x) ²			(d-d _{ef}) ²	As ₁						As' ₁ =As ₂	As	As	As					
mm	KN-m	mm	mm	mm	mm	mm	KN-m	KN-m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm					
6	275.500	344.475	222	171	1796	310.240	24.236	106924.2	0.0023	0.002	0.002	267.48	2002.38	50.29	3302.69					
8	502.016	627.520	270	200	1878	550.667	76.873	204905	0.0022	0.002	0.002	512.49	4490.52	60.92	4826.48					
10	806.900	1088.625	330	254	1677	958.922	99.103	105374	0.0023	0.002	0.002	268.44	5330.04	80.32	6433.98					
12	1199.520	1499.400	378	291	7424	1438.688	66.712	118561.1	0.0022	0.002	0.002	286.33	7110.41	100.32	8042.47					
14	1675.016	2093.770	408	314	9014	1885.538	208.232	359021.4	0.0023	0.002	0.002	897.55	9912.00	100.26	10173.75					
16	2270.720	2838.400	462	356	11341	2686.189	152.211	227130.8	0.0024	0.002	0.002	567.95	11909.16	120.36	12214.50					
18	2990.520	3738.150	510	393	13771	3500.577	127.573	182430.5	0.0024	0.002	0.002	458.58	14229.62	120.40	15079.63					
20	3807.200	4758.000	540	416	15908	4403.514	355.486	444357.6	0.0024	0.002	0.002	1110.69	17077.24	100.50	19634.94					

L	P _{max} = 0.0244										Mn tersedia > Mn perlu									
	As'	Juas As'	As1	P	Cc	Cs	T	a	x	E _s '	E _s	Cc	Mn	Mn	Mn					
m	mm ²	mm ²	mm ²	mm	mm	mm	KN	mm	mm	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m					
6	3025	1472.62	1928.98	0.0198	7700	543892.17	1321039	100.954	131.109	0.00206	0.0055	777.348	422.3622	344.475						
8	3028	1847.25	2978.23	0.0221	9240	682006.52	1930193	135.085	175.435	0.00215	0.0047	1248.188	666.2398	627.520						
10	3029	1981.55	4452.42	0.0231	10780	731591.17	2573591	170.872	221.912	0.00206	0.0044	1842.001	1243.3615	1008.625						
12	3029	1981.55	6060.91	0.0241	12320	731591.17	3216988	201.737	261.996	0.00213	0.0042	2405.590	1689.0584	1492.400						
14	3029	3302.60	6876.16	0.0225	13860	1219318.62	4071501	205.785	267.253	0.00210	0.0046	2082.184	2108.8508	2093.770						
16	3029	3963.12	8251.39	0.0214	15400	1463182.35	4885901	222.248	288.634	0.00200	0.0050	3442.620	3082.5073	2838.400						
18	3029	3963.12	11116.52	0.0238	16940	1463182.35	6031953	269.697	350.256	0.00214	0.0043	4668.672	3938.8541	3738.150						
20	3036	7125.13	12509.81	0.0232	18480	2630596.56	7853975	282.650	367.078	0.00218	0.0044	5223.980	5018.4401	4759.000						

BAB VI

DESAIN DAN ANALISA BALOK BETON PRATEGANG

VI.1. PERENCANAAN BENTUK PENAMPANG.

Proses perhitungan perencanaan balok prategang terdiri dari beberapa langkah. Pertama dilakukan pemilihan bentuk dan ukuran tampang, kemudian tata letak tendon dan peninjauan besar gaya prategang yang terjadi. Nilai tegangan ijin yang diberikan untuk mengendalikan agar tegangan disepanjang komponen tidak melampaui tegangan ijinnya, maka SKSNI T-15-1991-03 memberikan batas sebagai berikut :

Pada keadaan awal :

tepi atas :

$$f_{ti} = - \frac{P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot c_1}{r^2} \right) - \frac{M_o}{S_1} \quad (\text{tarik}) \leq f_{ti} \dots \dots \dots 6.1.$$

tepi bawah :

$$f_{bi} = - \frac{P_i}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot c_2}{r^2} \right) + \frac{M_o}{S_2} \quad (\text{desak}) \leq f_{bi} \dots \dots \dots 6.2.$$

Pada keadaan akhir :

tepi atas :

$$f_{ts} = - \frac{P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot c_1}{r^2} \right) - \frac{M_t}{S_1} \quad (\text{desak}) \leq f_{ts} \dots \dots \dots 6.3.$$

tepi bawah :

$$f_{bs} = - \frac{P_e}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot c_2}{r^2} \right) + \frac{M_t}{S_2} \quad (\text{tarik}) \leq f_{bs} \dots \dots \dots 6.4.$$

Dimana tegangan ijin pada keadaan awal :

$$\text{tepi atas } f_{ti} = 0,25 f'_{ci} \quad (\text{tarik}) \dots\dots\dots 6.5.$$

$$\text{tepi bawah } f_{bi} = 0,60 f'_{ci} \quad (\text{desak}) \dots\dots\dots 6.6.$$

Dimana tegangan ijin pada keadaan akhir :

$$\text{tepi atas } f_{ts} = 0,45 f'_{c} \quad (\text{desak}) \dots\dots\dots 6.7.$$

$$\text{tepi bawah } f_{bs} = 0,50 f'_{c} \quad (\text{tarik}) \dots\dots\dots 6.8.$$

Dengan perjanjian :

tanda positif (+) untuk tegangan tarik.

tanda negatif (-) untuk tegangan desak.

Besarnya perencanaan penampang harus cukup memikul tegangan yang terjadi akibat beban momen gelagar seperti akibat M_o , M_d , M_l , maka modulus penampang yang diperlukan baik terhadap sisi tepi atas maupun tepi bawah adalah :

$$S_1 \geq \frac{(1 - R) \cdot M_o + M_d + M_l}{R \cdot f_{ti} - f_{bs}} \dots\dots\dots 6.9.$$

$$S_2 \geq \frac{(1 - R) \cdot M_o + M_d + M_l}{f_{ts} - R \cdot f_{bi}} \dots\dots\dots 6.10.$$

nilai S_1 dan S_2 maksimum dapat digunakan untuk memilih tampang yang memenuhi syarat :

$$S_1 = S_2 = S \quad \text{dimana} \quad S = \frac{b \cdot h^2}{6} \dots\dots\dots 6.11.$$

maka $b = \frac{S \cdot 6}{h^2}$ didapat b dan h.

besarnya gaya prategang yang diperlukan :

$$f_{cent} = f_{ti} - \frac{C_1}{h} (f_{ti} - f_{ci}) \dots\dots\dots 6.12.$$

pada tahap awal $P_i = A_c \cdot |f_{cent}|$
 $= b \cdot h \cdot f_{cent} \dots\dots\dots 6.13.$

pada tahap akhir $P_e = R \cdot P_i \dots\dots\dots 6.14.$

VI.2. DAERAH AMAN BATAS ATAS DAN BATAS BAWAH TENDON

Eksentrisitas tendon merupakan jarak x disepanjang bentangan yang secara umum lebih mudah menggunakan ketentuan bahwa nilai tegangan tarik lebih besar dari nol sedang tegangan desak lebih kecil dari nol.

Eksentrisitas pada tahap awal :

$$e = \frac{f_{ti} \cdot S_1}{P_i} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_o}{P_i} \quad (\text{tarik}) \dots\dots\dots 6.15.$$

$$e = - \frac{f_{bi} \cdot S_2}{P_i} - \frac{S_2}{A_c} + \frac{M_o}{P_i} \quad (\text{desak}) \dots\dots\dots 6.16.$$

Eksentrisitas pada tahap akhir :

$$e = - \frac{f_{ts} \cdot S_2}{P_e} - \frac{S_2}{A_c} + \frac{M_{tx}}{P_e} \quad (\text{desak}) \dots\dots\dots 6.17.$$

$$e = \frac{f_{bs} \cdot S_1}{P_e} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_{tx}}{P_e} \quad (\text{tarik}) \dots\dots\dots 6.18.$$

VI.3. DESAIN ANALISA BALOK PRATEGANG.

Direncanakan sebuah balok bentang $L = 6 \text{ m}$.

mutu beton $f'c = 30 \text{ Mpa}$, mutu baja $fy = 400 \text{ Mpa}$.

dengan beban rencana $W1 = 25 \text{ KN/m}$, $Wd = 15 \text{ KN/m}$.

belum termasuk berat sendiri Wg

PEMBAHASAN PENDIMENSIONIAN :

Di taksir berat sendiri 2 KN/m

$$\text{Berat sendiri} : Mo = 1/8.Wo.L^2 = (1/8)(2)(6^2) = 9 \text{ KN-m}$$

$$\text{Berat beban hidup: } Md = 1/8.Wd.L^2 = (1/8)(15)(6^2) = 67.5 \text{ KN-m}$$

$$\text{Berat beban mati : } M1 = 1/8.W1.L^2 = (1/8)(25)(6^2) = 112.5 \text{ KN-m}$$

$$Mt = Mo + Md + M1 = 9 + 67,5 + 112,5 = 185 \text{ KN-m}$$

Tegangan yang disyaratkan :

Diasumsikan $f'ci = f'c$

Pada keadaan awal :

$$fti = 1/4 f'c = 1/4 \sqrt{30} = 1,3693 \text{ Mpa (tarik)}$$

$$fbi = 0,6 f'c = 0,6(30) = -18 \text{ Mpa (desak)}$$

Pada keadaan akhir :

$$fts = 0,45 f'c = 0,45(30) = -13,5 \text{ Mpa (desak)}$$

$$fbs = 0,5 f'c = 0,5 \sqrt{30} = 2,739 \text{ Mpa (tarik)}$$

$$S1 \geq \frac{(1 - R).Mo + Md + M1}{R.fti - fbs}$$

$$S1 \geq \frac{((1 - 0,8)(9) + 67,5 + 112,5)(10^5)}{(0,8)(1,3693) - 2,379}$$

$$S1 \geq -110,640 (10^5) \text{ mm}^3$$

$$S_2 \geq \frac{(1 - R) \cdot M_o + M_d + M_1}{f_{ts} - R \cdot f_{bi}}$$

$$S_2 \geq \frac{((1 - 0,8)(7) + 67,5 + 112,5)(10^5)}{-13,5 - (0,80)(-18)}$$

$$S_2 \geq 202,0 (10^5) \text{ mm}^3$$

Dipakai tampang simetris :

$$h_{\text{min}} = \frac{L}{25} + 10 \text{ cm} = \frac{6000}{25} + 100 \text{ mm} = 340 \text{ mm}$$

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

$$S = \frac{b \cdot h^2}{6} ; b = \frac{6 \cdot S}{h^2}$$

$$b = \frac{6(202(10^5))}{600^2} = 336,67 \text{ mm}$$

jadi diambil $b = 350 \text{ mm}$, $h = 600 \text{ mm}$

$$S = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{350(600^2)}{6} = 21(10^6) \text{ mm}^3$$

jadi pada penampang simetris $S_1 = S_2 = S$

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3 = \frac{1}{12} 350(600^3) = 63(10^8) \text{ mm}^4$$

$$A_c = b \cdot h = 350(600) = 210000 \text{ mm}^2$$

Penampang simetris $C_1 = C_2 = \frac{1}{2} h$

$$C_1 = C_2 = 300 \text{ mm}$$

$$r^2 = \frac{I}{A} = \frac{63(10^8)}{210000} = 30000 \text{ mm}^2$$

$$f_{\text{cent}} = f_{ti} - \frac{C_1}{h} (f_{ti} - f_{bi})$$

$$= 1,36 - \frac{300}{600} (1,3693 + 18) = -8,3153 \text{ Mpa (desak)}$$

$$P_i = A_c \cdot f_{cent}$$

$$= 210000(8,3153) = 1746223 \text{ N} \approx 1746,22 \text{ KN}$$

$$P_e = R \cdot P_i$$

$$= 0,8(1746,22) = 1396,98 \text{ KN}$$

Baja prategang, $f_{pu} = 1800 \text{ Mpa}$

Luas baja prategang :

$$A_{ps} = \frac{P_i}{f_{pu}} = \frac{1746,22 \times 10^3}{1800} = 970,124 \text{ mm}^2$$

Dipakai kabel $\phi 1/2''$,

$$\text{Luas 1 kabel} = \frac{1}{4} \pi (25,4/2)^2 = 126,613 \text{ mm}^2$$

jumlah kabel yang dibutuhkan :

$$n = \frac{970,124}{126,613} = 7,662 \approx 8 \text{ kabel.}$$

TATA LETAK KABEL

Pada keadaan awal (tarik)

Pada dukungan :

$$e_1 = \frac{f_{ti} \cdot S_1}{P_i} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_0 \cdot X}{P_i}$$

$$e_1 = \frac{1,3693(21(10^6))}{1740,22(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + 0 = 116,467 \text{ mm.}$$

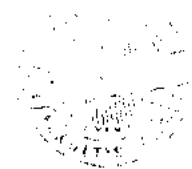
Pada jarak $\frac{1}{4} L$ dari dukungan :

$$M_x = \frac{1}{2} q \cdot l \cdot x - \frac{1}{2} q \cdot x \cdot x = \frac{1}{2} q \cdot x(L - x)$$

$$x = \frac{1}{4} L$$

$$M_x = \frac{1}{2} q \left(\frac{1}{4}L\right) \left(L - \frac{1}{4}L\right) = \left(\frac{3}{32}\right) q \cdot L^2$$

$$e_2 = \frac{f_{ti} \cdot S_1}{P_i} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_0 \cdot X}{P_i}$$



$$e2 = \frac{1,3693(21(10^6))}{1740,22(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{3(2)(6000^2)(10^3)}{32(1746,22)(10^3)} = 155,122 \text{ mm.}$$

Pada tengah bentang ($\frac{1}{2} L$) :

$$x = \frac{1}{2} L$$

$$Mx = \frac{1}{2} q(\frac{1}{2}L)(L - \frac{1}{2}L) = (1/8) q.L^2$$

$$e3 = \frac{f_{ti}.S1}{P_i} + \frac{S1}{A_c} + \frac{M_o.X}{P_i}$$

$$e3 = \frac{1,3693(21(10^6))}{1740,22(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{1(2)(6000^2)(10^3)}{8(1746,22)(10^3)} = 168,007 \text{ mm.}$$

Pada keadaan awal (desak)

Pada dukungan :

$$e1 = - \frac{f_{bi}.S2}{P_i} - \frac{S2}{A_c} + \frac{M_o.X}{P_i}$$

$$e1 = + \frac{18(21(10^6))}{1746,22(10^3)} - \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + 0 = - 83,533 \text{ mm.}$$

Pada jarak $\frac{1}{4} L$ dari dukungan :

$$e2 = - \frac{f_{bi}.S2}{P_i} - \frac{S2}{A_c} + \frac{M_o.X}{P_i}$$

$$e2 = + \frac{18(21(10^6))}{1746,22(10^3)} - \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{3(2)(6000^2)(10^5)}{32(1746,22)(10^3)} = - 44,878 \text{ mm.}$$

Pada tengah bentang ($\frac{1}{2} L$) :

$$e3 = - \frac{f_{bi}.S2}{P_i} - \frac{S2}{A_c} + \frac{M_o.X}{P_i}$$

$$e3 = + \frac{18(21(10^6))}{1746,22(10^3)} - \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{3(2)(6000^2)(10^5)}{32(1746,22)(10^3)} = - 31,993 \text{ mm.}$$

Pada keadaan akhir (desak)

Pada dukungan :

$$e1 = - \frac{fts.S2}{Pe} - \frac{S2}{Ac} + \frac{Mt.X}{Pe}$$
$$e1 = - \frac{13,5(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} - \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + 0 = - 102,938 \text{ mm.}$$

Pada jarak $\frac{1}{4}$ L dari dukungan :

$$e2 = - \frac{fts.S2}{Pe} - \frac{S2}{Ac} + \frac{Mt.X}{Pe}$$
$$e2 = - \frac{13,5(21(10^6))}{1396,98(10^3)} - \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{3(42)(6000^2)(10^3)}{32(1396,98)(10^3)} = -57,213 \text{ mm.}$$

Pada tengah bentang ($\frac{1}{2}$ L) :

$$e3 = - \frac{fts.S1}{Pe} - \frac{S1}{Ac} - \frac{Mt.X}{Pe}$$
$$e3 = - \frac{13,5(21(10^6))}{1396,98(10^3)} - \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{1(42)(6000^2)(10^3)}{8(1396,98)(10^3)} = -11,059 \text{ mm.}$$

Pada keadaan akhir (tarik)

Pada dukungan :

$$e1 = \frac{fbs.S1}{Pe} + \frac{S1}{Ac} + \frac{Mt.X}{Pe}$$
$$e1 = \frac{2,7386(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + 0 = 14,1169 \text{ mm.}$$

Pada jarak $\frac{1}{4}$ L dari dukungan :

$$e2 = \frac{fbs.S1}{Pe} + \frac{S1}{Ac} + \frac{Mt.X}{Pe}$$
$$e2 = \frac{2,7386(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{3(42)(6000^2)(10^3)}{32(1396,98)(10^3)} = 115,5857 \text{ mm}$$

Pada tengah bentang ($\frac{1}{2}$ L) :

$$e_3 = \frac{f_{bs} \cdot S_1}{P_e} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_t \cdot X}{P_e}$$

$$e_3 = \frac{2,7386(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{1(42)(6000^2)(10^3)}{8(1396,98)(10^3)} = 250,8775 \text{ mm}$$

TEGANGAN - TEGANGAN YANG TERJADI.

Tegangan yang terjadi pada tahap awal:

$$f_t = - \frac{F_1}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_1}{r^2} \right) - \frac{M_o}{S_1}$$

$$f_t = - \frac{1746,22(10^3)}{21(10^4)} \left(1 - \frac{-31,993(300)}{30000} \right) - \frac{9(10^6)}{21(10^6)}$$

$$= 1,3692 \text{ Mpa} \leq f_{ti} = 1,3693 \text{ Mpa (tarik), aman!}$$

$$f_b = - \frac{F_1}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot C_2}{r^2} \right) + \frac{M_o}{S_2}$$

$$f_b = - \frac{1746,22(10^3)}{21(10^4)} \left(1 + \frac{168,007(300)}{30000} \right) + \frac{9(10^6)}{21(10^6)}$$

$$= -18 \text{ Mpa} \geq f_{bi} = -18 \text{ Mpa (desak), aman!}$$

Tegangan yang terjadi pada tahap akhir:

$$f_t = - \frac{P_e}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot C_1}{r^2} \right) - \frac{M_t}{S_1}$$

$$f_t = - \frac{1396,98(10^3)}{21(10^4)} \left(1 + \frac{-102,938(300)}{30000} \right) - \frac{185(10^6)}{21(10^6)}$$

$$= -13,4998 \text{ Mpa} \leq f_{ts} = -13,5 \text{ Mpa (desak), aman!}$$

$$f_b = - \frac{P_e}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot C_2}{r^2} \right) + \frac{M_t}{S_2}$$

$$f_b = - \frac{1396,98(10^3)}{21(10^4)} \left(1 - \frac{250,877(300)}{30000} \right) + \frac{185(10^6)}{21(10^6)}$$

$$= 2,739 \text{ Mpa} \geq f_{bs} = 2,739 \text{ Mpa (tarik), aman!}$$

TABLE 3.1-6.2 DESAIN ANALISA DAIK BERTUN PERALIHAN

Dipencanakan		Momen pada t-tombok										Momen pada t-tombok		
L	h	fy	swl	wd	99g	TOP	bj	M ₀ =M _g	M ₁	M ₂	M ₃	h ₁	h ₂	h ₃
Mpa	Mpa	mm	mm	mm	mm	%	mm	kgm	kgm	kgm	kgm	mm	mm	mm
6	40	400	24	15	2	30	24	9.10	67.50	33.00	1.50	1.50	1.50	24
8	40	400	25	15	3	20	24	24.00	171.00	153.00	1.50	1.50	1.50	24
10	40	400	25	15	5	20	24	62.50	177.50	163.50	1.50	1.50	1.50	24
12	40	400	26	15	6	20	24	108.00	179.00	163.00	1.50	1.50	1.50	24
14	40	400	25	15	3	20	24	196.00	167.50	137.50	1.50	1.50	1.50	24
16	40	400	25	15	10	20	24	320.00	160.00	140.00	1.50	1.50	1.50	24
18	40	400	25	15	12	20	24	466.00	117.50	117.50	1.50	1.50	1.50	24
20	40	400	25	15	13	20	24	650.00	175.00	175.00	1.50	1.50	1.50	24

disyuratkan		dimensi yang dipakai										l=	
L	ft=	fb=	h	S1	S2	S=S1=S2=	b=h	b	hmin	h	spat	S=	l=
0.45f _c (desak) Mpa	0.5y _f (tarik) Mpa	%	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6	-18	3.162	80	-95.817	151.500	151.500	252.500	300	340	600	2.000	18.00	54.000
8	-18	3.162	80	-171.185	270.667	270.667	331.429	350	420	700	2.000	20.50	100.042
10	-18	3.162	80	-270.111	427.083	427.083	354.871	400	500	850	2.125	48.17	304.708
12	-18	3.162	80	-320.858	618.000	618.000	410.369	450	580	950	2.111	57.59	321.516
14	-18	3.162	80	-537.166	849.333	849.333	421.157	450	680	1100	2.444	60.75	493.125
16	-18	3.162	80	-708.350	1120.000	1120.000	466.667	500	740	1300	2.400	120.00	720.000
18	-18	3.162	80	-906.044	1431.000	1431.000	549.504	550	820	1250	2.273	143.33	896.182
20	-18	3.162	80	-1122.609	1775.000	1775.000	584.362	600	900	1350	2.250	182.25	1230.168

pemakaian kabel		Dipakai										jumlah	
L	A _c =	C1=C2	f _c 2	f _c ent=	P1=	P2=	A _p	P1/f _{pu}	A _p	A	jumlah	n	
mm ²	mm	1/2h	TA	(desak) Mpa	KN	KN	Mpa	Mpa	mm ²	mm ²	mm ²	buah	
6	180000	300	30000	-11.209	2017.70	1614.16	1800	1120.943	1.5.610	8.392	9		
8	245000	350	40833	-11.209	2746.31	2197.05	1800	1525.725	1.5.610	12.050	10		
10	340000	425	60208	-11.209	3811.21	3048.97	1800	2117.337	1.5.610	16.722	17		
12	427500	475	75208	-11.209	4792.03	3533.63	1800	2662.941	1.5.610	21.025	22		
14	495000	550	10855	-11.209	6548.87	4438.93	1800	3682.535	1.5.610	24.347	25		
16	600000	640	12009	-11.209	6725.60	5390.53	1800	3730.477	1.5.610	25.511	26		
18	687500	625	130208	-11.209	7706.40	6166.19	1800	4281.690	1.5.610	33.819	34		
20	810000	675	151673	-11.209	9079.64	6963.71	1800	5044.245	1.5.610	39.640	40		

Penelitian Laboratorium Struktur Beton Bertulang (Siklus Muatan) pada Tumpuan

no	Mpa	Mpa	KN/mm	PR/mm	RR/mm	%	DF	beban
1	30	400	95	12			16	24
2	30	400	95	15			10	24
3	30	400	95	15			10	24
4	30	400	95	15			10	24
5	30	400	95	15			10	24
6	30	400	95	15			10	24
7	30	400	95	15			10	24
8	30	400	95	15			10	24
9	30	400	95	15			10	24
10	30	400	95	15			10	24
11	30	400	95	15			10	24
12	30	400	95	15			10	24
13	30	400	95	15			10	24
14	30	400	95	15			10	24
15	30	400	95	15			10	24
16	30	400	95	15			10	24
17	30	400	95	15			10	24
18	30	400	95	15			10	24
19	30	400	95	15			10	24
20	30	400	95	15			10	24

L	disyaratkan		H		S1		S2		S=SI=S2=		dimensi yang dipakai	
	fy	fy=0.59f'c	mm ²	%	mm ²	x 10 ⁵	mm ²	x 10 ⁵	mm ²	x 10 ⁵	mm ²	b x h
6	13.5	2.739	202.000	80	-110.640	202.000	202.000	202.000	202.000	202.000	336.667	600 x 240
8	13.5	2.739	360.889	80	-197.667	360.889	360.889	360.889	360.889	360.889	384.948	600 x 240
10	13.5	2.739	569.444	80	-311.338	569.444	569.444	569.444	569.444	569.444	421.811	600 x 240
12	13.5	2.739	824.000	80	-451.323	824.000	824.000	824.000	824.000	824.000	494.400	600 x 240
14	13.5	2.739	1137.889	80	-623.247	1137.889	1137.889	1137.889	1137.889	1137.889	474.120	600 x 240
16	13.5	2.739	1493.333	80	-817.902	1493.333	1493.333	1493.333	1493.333	1493.333	573.440	600 x 240
18	13.5	2.739	1908.000	80	-1045.055	1908.000	1908.000	1908.000	1908.000	1908.000	584.082	600 x 240
20	13.5	2.739	2356.667	80	-1296.277	2356.667	2356.667	2356.667	2356.667	2356.667	631.111	600 x 240

L	Apas		Apas		Dipakai		Dipakai		Dipakai	
	bh	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
6	216000	300	30000	8.315	1746.22	1936.98	1800	310.124	135.616	7.692
8	306000	375	46875	8.315	2494.50	1995.68	1800	435.801	176.681	10.246
10	405000	450	67500	8.315	3367.72	2694.17	1800	580.663	236.616	14.779
12	504000	500	83333	8.315	4157.67	3326.14	1800	730.914	296.616	19.312
14	603000	600	120000	8.315	4949.21	3991.37	1800	977.207	396.616	25.849
16	702000	625	139200	8.315	6246.51	4989.21	1800	1249.246	506.616	34.395
18	810000	700	163333	8.315	6984.89	5587.91	1800	1636.495	606.616	40.649
20	918000	750	197500	8.315	8107.46	6486.97	1800	2004.124	706.616	48.674

BAB VII

PEMBAHASAN

VII.1. Perhitungan Dimensi dan Berat Balok

Perhitungan dimensi dan berat balok baik balok beton konvensional maupun prategang, diambil salah satu bentang yaitu pada bentang 6 m. Selanjutnya digunakan program komputer (*QUATRO PRO*) pada bentang 8m, 10m, 12m, 14m, 16m, 18m, dan 20m, dihitung per 1 m panjang dengan mutu beton $f'c = 30$ Mpa, serta mutu baja $f_y = 400$ Mpa, serta dianggap luas dan berat sengkang 5% dari luas dan berat total tulangan, luas dan berat tulangan baja serta tendon diambil dari tabel yang terdapat pada halaman 11 dan 28.

Perhitungan dimensi balok beton

Balok beton konvensional :

$$b = 25 \text{ cm} , h = 45 \text{ cm}$$

$$A = 25 \times 45 = 1125 \text{ cm}^2$$

Balok beton prategang :

$$b = 35 \text{ cm} , h = 60 \text{ cm}$$

$$A = 35 \times 60 \text{ cm} = 2100 \text{ cm}^2$$

Perhitungan berat balok beton

Balok beton konvensional :

- Berat sendiri balok :

$$\begin{aligned} q_{bs} &= (\text{berat balok} - \text{jumlah tulangan}) \\ &= (0,25(0,45)(2,4)(1)) - (7(6,605)(10^{-4})(2,4)(1,05)(1)) \\ &= 0,258349 \text{ t/m} = 258,349 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Berat tulangan pokok :

$$A's \ 2 \ \phi \ 29 = 5(5,190) = 10,380 \text{ kg/m'}$$

$$A_s \ 5 \ \phi \ 29 = 6(5,19) = 25,950 \text{ kg/m'}$$

- Berat keseluruhan :

$$\begin{aligned} q_{total} &= 258,349 + (10,380 + 25,950)(1,05) \\ &= 296,495 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

Balok beton prategang :

- Berat sendiri balok :

$$\begin{aligned} q_{bs} &= (\text{berat balok} - \text{jumlah tulangan}) \\ &= (0,35(0,60)(2,4)(1)) - (6(98,7)(10^{-6})(2,4)(1,05)(1)) \\ &= 0,573394 \text{ t/m'} = 573,394 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

- Berat kabel :

$$q = 8(0,789) = 6,312 \text{ kg/m'}$$

-Berat keseluruhan :

$$\begin{aligned} q_{total} &= 573,394 + 6,312(1,05) \\ &= 508,733 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

TABEL 1 - 7.2. PEMBAYARAN DIMENSI DAN BERAT BALOK BETON KONVENSIONAL

Dimensi													BERAT BALOK	
L	fc	Fy	b	h	ρ _{min}	ρ _j	A's	A _s	berat	berat	berat	berat	berat	
			sebarang			beton	dipakai	dipakai	balok	A's	A _s	β	total	
m	Mpa	Mpa	cm	cm	cm ²	l/m ²	cm ²	cm ²	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	
5	30	400	25	45	1125	2.4	2 0 29	5 0 29	258.549	10.360	25.960	1.817	286.435	
8	30	400	30	60	1800	2.4	2 0 29	6 0 32	418.510	10.350	37.880	2.213	487.162	
10	30	400	35	70	2450	2.4	2 0 29	8 0 32	568.458	10.380	50.480	3.043	652.558	
12	30	400	40	75	3000	2.4	3 0 29	10 0 32	694.738	15.570	63.100	3.994	777.502	
14	30	400	45	85	3825	2.4	4 0 29	10 0 36	855.681	20.780	79.800	5.033	951.604	
15	30	400	50	90	4500	2.4	6 0 29	12 0 36	1038.252	31.140	95.560	6.551	1173.655	
18	30	400	55	100	6000	2.4	6 0 29	12 0 40	1272.017	31.140	115.440	7.475	1435.075	
20	30	400	60	105	6300	2.4	6 0 32	10 0 50	1441.699	65.920	154.000	10.596	1677.615	

Dimensi													BERAT BALOK	
L	fc	Fy	b	h	ρ _{min}	ρ _j	A's	A _s	berat	berat	berat	berat	berat	
			sebarang			beton	dipakai	dipakai	balok	A's	A _s	β	total	
m	Mpa	Mpa	cm	cm	cm ²	l/m ²	cm ²	cm ²	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	
3	40	500	25	45	1125	2.4	3 0 25	5 0 29	267.866	25.240	25.120	1.712	328.226	
5	40	500	30	55	1650	2.4	3 0 25	5 0 32	379.152	25.340	35.420	1.815	459.922	
6	40	500	35	65	2275	2.4	3 0 29	3 0 32	524.732	31.550	43.780	2.034	609.066	
8	40	500	40	75	3000	2.4	3 0 29	10 0 32	694.738	34.170	47.350	2.067	776.258	
10	40	500	45	85	3825	2.4	3 0 29	10 0 36	860.027	55.330	67.320	3.015	982.677	
12	40	500	50	95	4650	2.4	6 0 29	12 0 36	1038.252	47.940	107.720	4.077	1193.992	
15	40	500	55	105	5500	2.4	6 0 29	12 0 40	1272.017	63.320	127.140	4.055	1462.477	
18	40	500	60	115	6300	2.4	6 0 32	10 0 50	1466.889	74.910	155.560	4.540	1697.899	

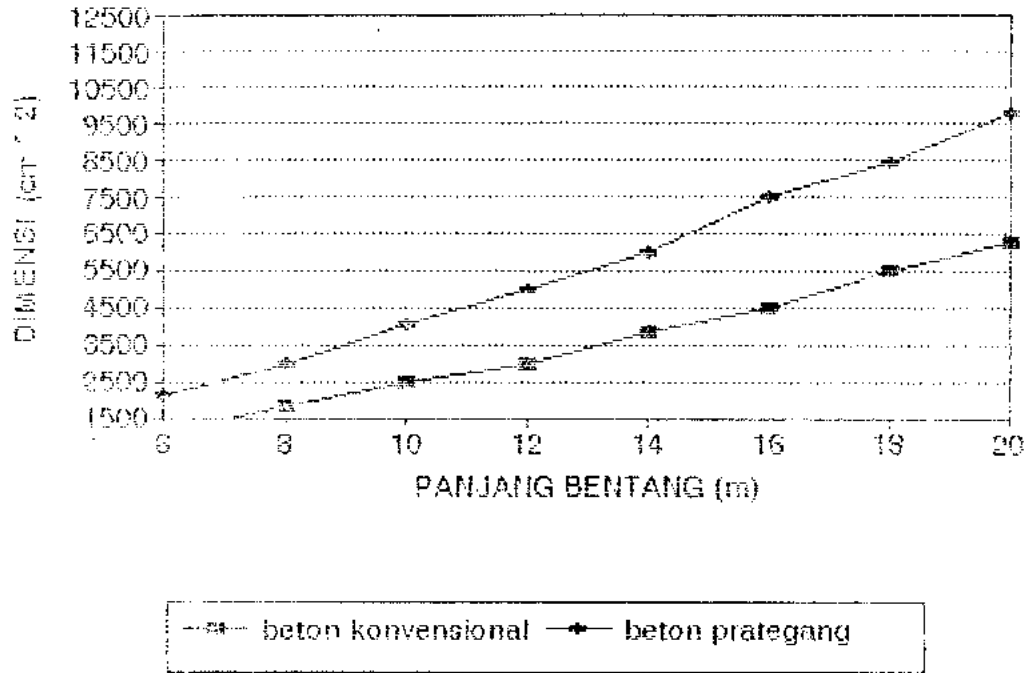
TABEL 1 - 7.4. PEMBAYARAN DIMENSI DAN BERAT BALOK BETON PRATELANG

Dimensi													BERAT BALOK	
L	fc	Fy	b	h	ρ _{min}	ρ _j	dipakai	jumlah	berat	berat	berat	berat		
			sebarang			beton	kabel	kabel	balok	balok	β	total		
m	Mpa	Mpa	cm	cm	cm ²	l/m ²	inch	buah	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		
5	35	400	30	55	1650	2.4	0.5	8	502.105	6.572	6.372	508.759		
7	30	400	40	75	3000	2.4	0.5	11	717.584	8.879	9.434	726.607		
10	35	400	45	85	3825	2.4	0.5	13	958.921	10.257	9.513	978.687		
12	30	400	50	95	4650	2.4	0.5	13	1196.488	14.321	9.750	1220.559		
15	35	400	55	105	5500	2.4	0.5	20	1455.282	15.740	9.758	1480.780		
18	30	400	60	115	6300	2.4	0.5	23	1793.387	23.031	11.055	1827.473		
20	35	400	65	125	7000	2.4	0.5	31	2008.657	24.459	17.225	2050.341		
25	30	400	75	155	11250	2.4	0.5	56	2881.472	28.427	17.480	2927.379		

Dimensi													BERAT BALOK	
L	fc	Fy	b	h	ρ _{min}	ρ _j	dipakai	jumlah	berat	berat	berat	berat		
			sebarang			beton	kabel	kabel	balok	balok	β	total		
m	Mpa	Mpa	cm	cm	cm ²	l/m ²	inch	buah	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		
8	30	400	30	55	1650	2.4	0.5	9	429.868	7.101	6.355	442.324		
10	30	400	35	65	2275	2.4	0.5	13	534.621	10.257	6.911	559.889		
13	30	400	40	75	3000	2.4	0.5	17	811.973	13.413	6.671	831.057		
15	30	400	45	85	3825	2.4	0.5	22	1026.783	17.353	6.815	1050.951		
18	40	500	45	95	4650	2.4	0.5	25	1162.073	19.725	6.958	1202.756		
20	30	400	50	105	5500	2.4	0.5	30	1452.834	25.370	7.134	1485.338		
25	30	400	55	115	6300	2.4	0.5	34	1641.946	33.828	7.341	1719.115		
30	30	400	60	125	7000	2.4	0.5	40	1934.525	31.580	7.675	2003.780		

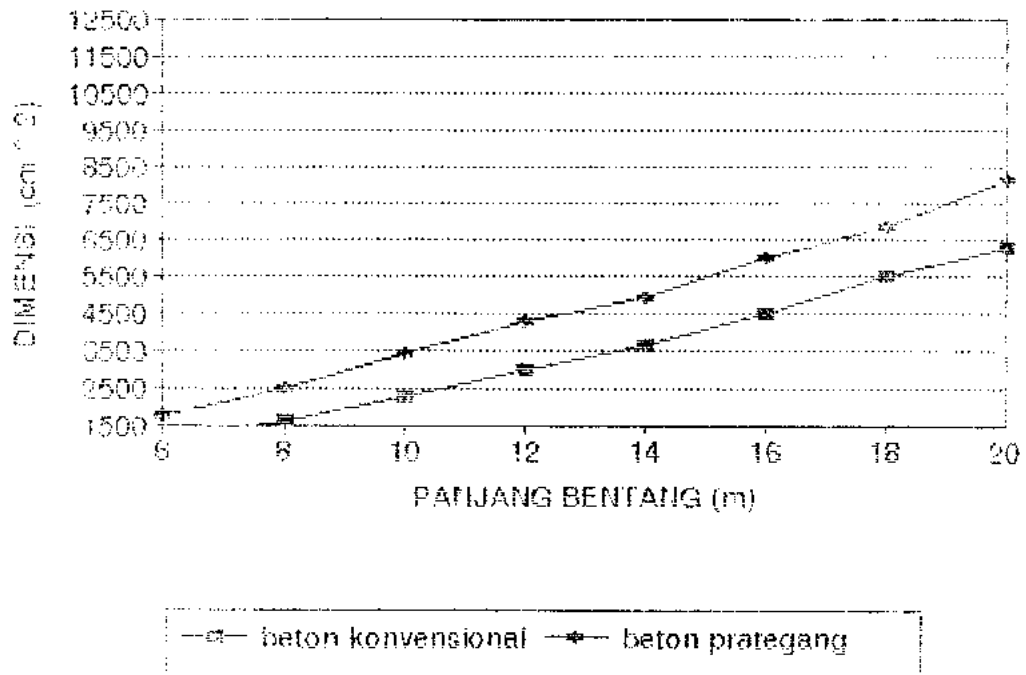
1. Perbandingan Dimensi

($f'_c = 30 \text{ Mpa}$, $f_y = 40 \text{ Mpa}$)

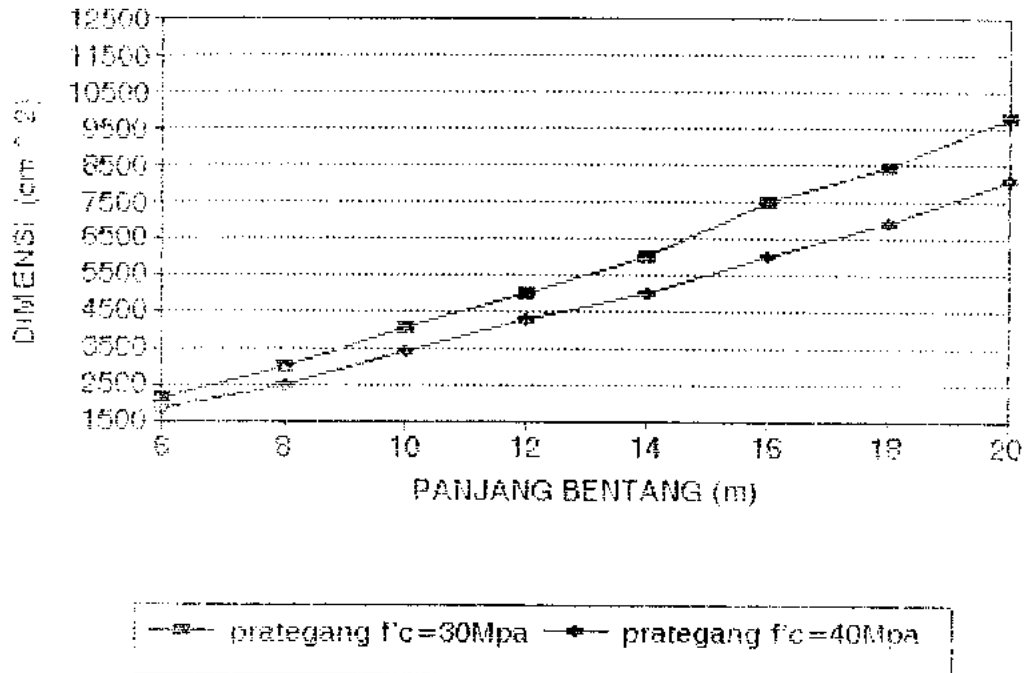


2. Perbandingan Dimensi

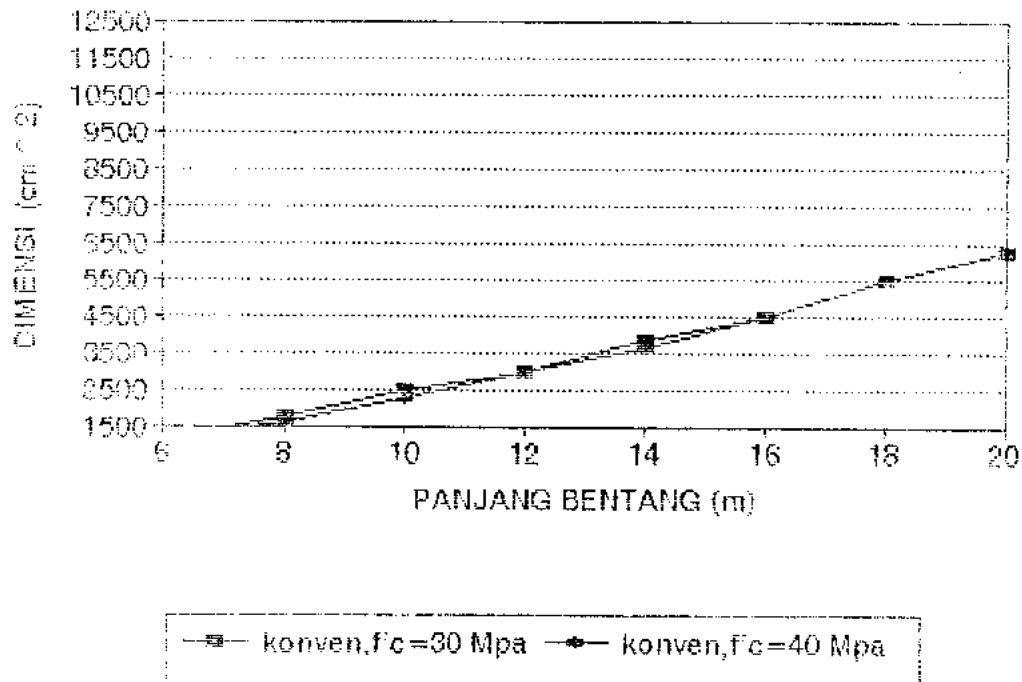
($f'_c = 40 \text{ Mpa}$, $f_y = 40 \text{ Mpa}$)



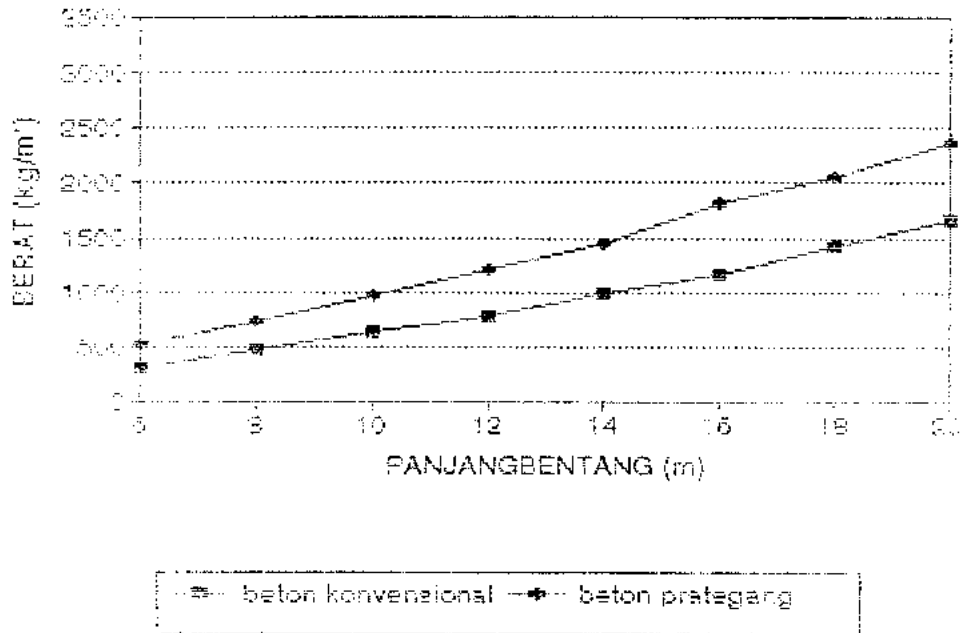
3. Perbandingan Dimensi ($f'_c = 30 \text{ Mpa}$, $f'_c = 40 \text{ Mpa}$)



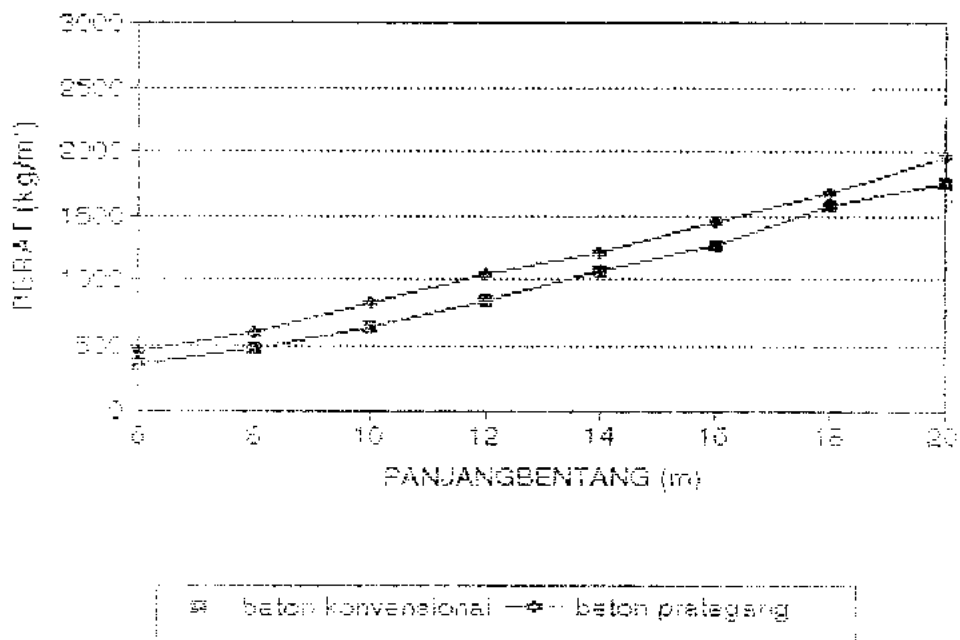
4. Perbandingan Dimensi ($f'_c = 30 \text{ Mpa}$, $f'_c = 40 \text{ Mpa}$)



5. Perbandingan Berat ($f'c = 30$ Mpa, $f_y = 40$ Mpa)

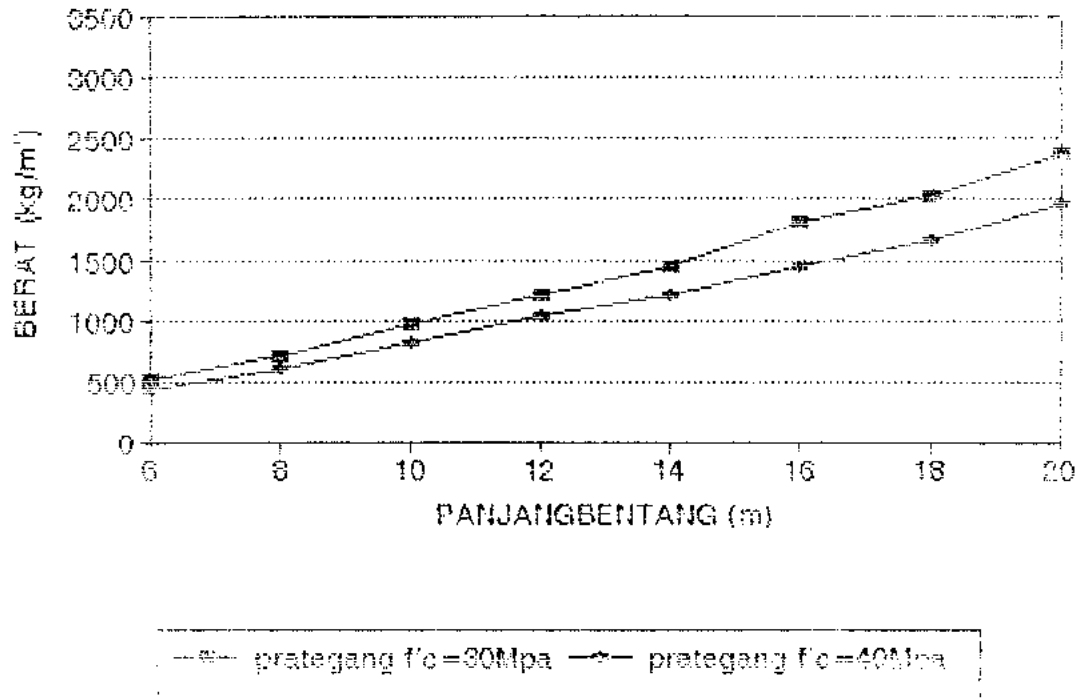


6. Perbandingan Berat ($f'c = 40$ Mpa, $f_y = 40$ Mpa)



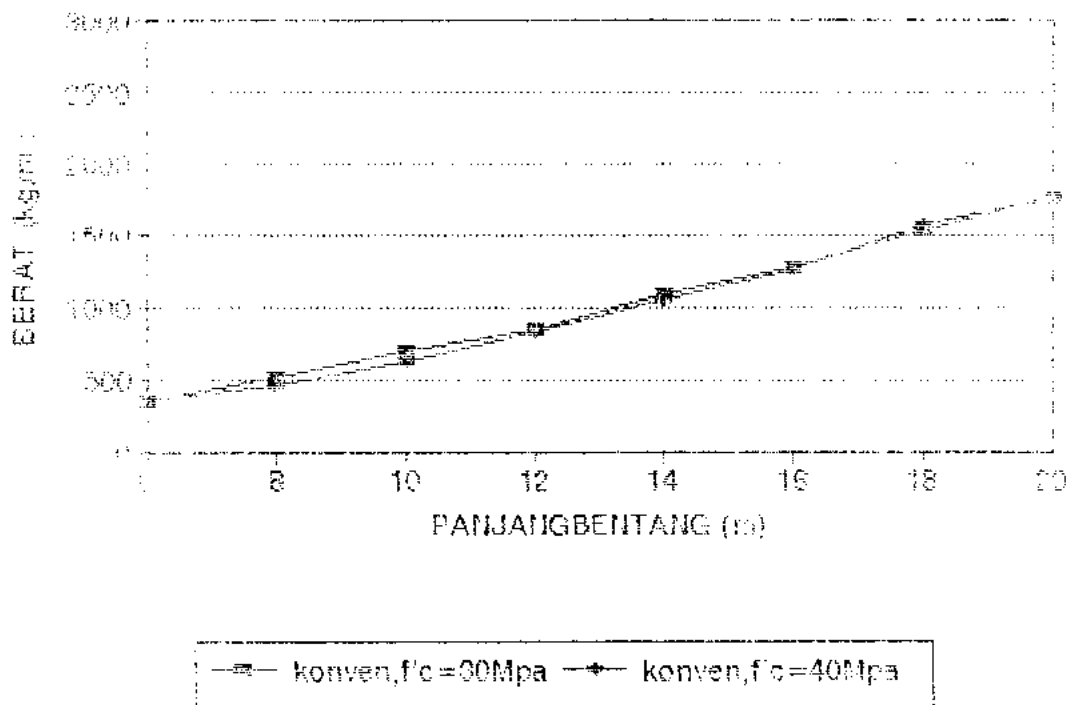
7. Perbandingan Berat

($f'_c = 30 \text{ Mpa}$, $f'_c = 40 \text{ Mpa}$)



8. Perbandingan Berat

($f'_c = 30 \text{ Mpa}$, $f'_c = 40 \text{ Mpa}$)



BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

VIII.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan serangkaian perhitungan coba-coba pada balok beton konvensional dan balok beton prategang dengan menggunakan program QUATTRO PRO untuk bentang sederhana dengan tampang persegi dan dengan panjang bentang 6m, 8m, 10m, 12m, 14m, 16m, 18m, 20m, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut ini :

1. Penggunaan mutu beton $f'c = 30$ Mpa untuk balok beton prategang kurang efisien karena menghasilkan dimensi dan berat yang lebih besar dibandingkan dengan balok beton konvensional yang bermutu beton sama.
2. Penggunaan mutu beton $f'c = 40$ Mpa mulai memperlihatkan efisiensi dari balok beton prategang ditinjau dari berat balok tetapi masih lebih tinggi dibandingkan dengan balok beton konvensional.
3. Jumlah berat tendon pada balok beton prategang lebih ringan daripada jumlah berat tulangan pada balok beton konvensional, baik pada mutu beton $f'c = 30$ Mpa maupun pada mutu beton $f'c = 40$ Mpa.
4. Pemakaian tulangan dan tendon juga dipengaruhi oleh dimensinya. Semakin kecil dimensinya, semakin banyak tulangan atau tendon yang dipakai.
5. Pada umumnya, dimensi balok dan tulangan yang dipakai

direncanakan sekehendak perencana dengan mempertimbangkan faktor efisien dan ekonomis yang terjadi dilapangan. Mungkin karena tuntutan desain yang mengharuskan perencanaan dengan dimensi yang kecil yang mengakibatkan banyaknya tulangan yang dipakai atau dengan mempertimbangkan dimensi yang besar dengan tulangan yang sedikit dengan pertimbangan ekonomis.

VIII.2. Saran

1. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, penyusun hanya membahas dimensi dan berat balok beton saja, untuk masalah harga penyusun tidak membahasnya karena harga bahan bangunan disetiap daerah tidak sama khususnya untuk beton prategang, dan itu sudah lazim merupakan suatu rahasia perusahaan. Untuk itu diharapkan pihak yang berwenang dapat menentukan acuan dan standart harga.
2. Untuk penulisan desain balok beton selanjutnya, tipe tampang hendaknya lebih bervariasi dengan banyak macam tipe tampang, seperti tampang I, tampang T, dan tampang persegi berongga. Dengan demikian diharapkan dapat dicari efisiensi dari setiap tipe tampang yang ada, serta diharapkan perencana akan mendapatkan suatu bentang yang efisien dari segi struktur dan ekonomis dari segi harga.