

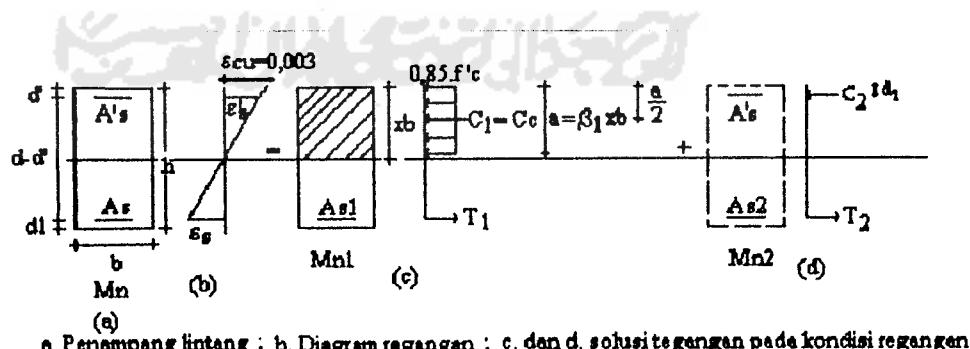
BAB V

DESAIN DAN ANALISA BALOK BETON KONVENTSIONAL

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. solusi tegangan 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 : fy = 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	fy (Mpa)	fy (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 :

$V_u \leq 0.5 \neq V_c$ 5.1.

2. Tulangan geser minimum :

$$\phi_{Vs\ perlu} = \phi_{Vs\ minimum} = \phi\ 1/3.Bw.d\ MPa.....5.3.$$

S < d/2 5 . 5

$d/2$ 5.8.

$$4. (\phi_{Vc} + 1/3, f'_{Vc}, bw, d) \leq Vu \leq (\phi_{Vc} + 2/3, f'_{Vc}, bw, d), 5.9.$$

9. 16 d/4 5. 11.

5. Ukuran penampang diperbesar jika :

$\text{Vu} > (\phi \cdot \text{Vc} + 2/3 \cdot \text{ff}' \cdot \text{c} \cdot \text{bw} \cdot \text{d})$ 5.12.

V.4. DESAIN ANALISA BALOK KONVENTSIONAL.

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

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

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

dengan beban rencana $W_1 = 25 \text{ KN/m}$.

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

belum termasuk berat sendiri

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

Pembahasan :

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

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

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

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

Dimisalkan balok tulangan sebelah :

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

$$R_n = P \cdot fy \left(1 - \frac{\%}{100} \rho \cdot m \right) = 0,0244(400)(1 - ((\frac{1}{100})(0,0244)(15,686))) \\ = 7,8922 \text{ Mpa}$$

Beban = beban :

Ditaksir berat sendiri 2 KN/m

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

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

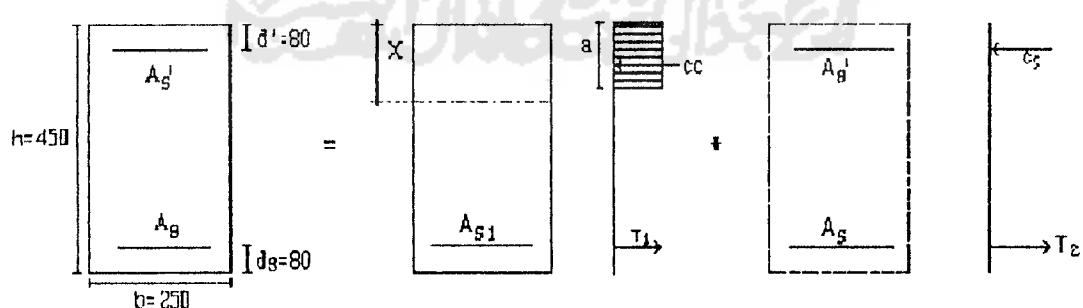
$$M_u = 1,2M_d + 1,6M_l = 1,2(76,5) + 1,6(112,5) = 271,8 \text{ KN-m}$$

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

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

coba-coba :

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



Gbr. 5.2. Desain tulangan rangkap

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

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

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

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

$$M_1 = (1/8)W1 \cdot L^2 = (1/8)(25)(6^2) = 112,5 \text{ KN-m}$$

$$M_u = 1,2M_d + 1,6M_1 = 1,2(796,65) + 1,6(112,5) = 275,58 \text{ KN-m}$$

$$\frac{M_u}{M_n} = \frac{2751,58}{\phi \cdot 0,8} = 344,475 \text{ KN-m}$$

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

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

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

$T_1 = A_{s1} \cdot f_y$ dianggap tulangan tarik telah leleh

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

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

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

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

Regangan tulangan tekan :

$$\epsilon_{s'} = \frac{x - d}{x} = \frac{222 - 50}{222} = 0,003$$
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$\epsilon_{s'} > \epsilon_y$ 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 :

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

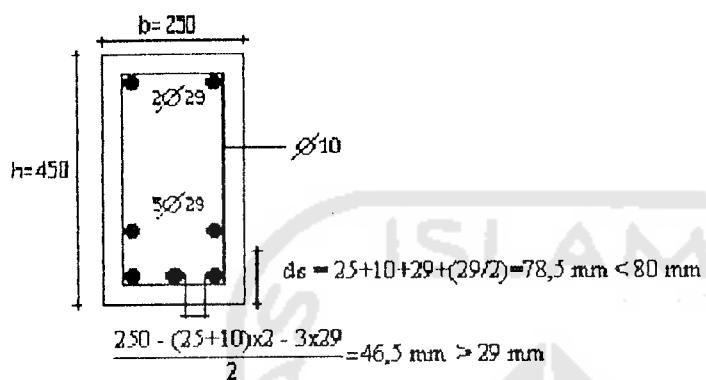
Dipakai :

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

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

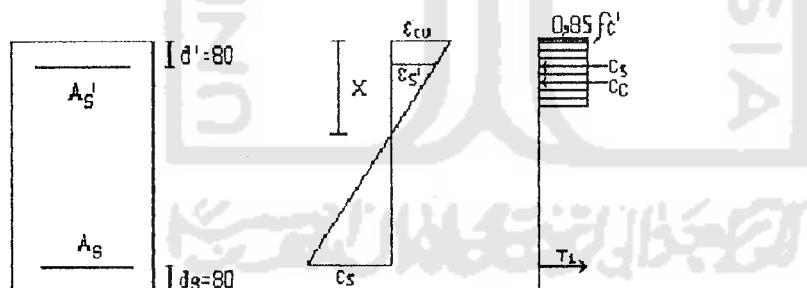
$$A_{s1} = A_s - A_{s'} = 3302,60 - 1321,04 = 1981,56 \text{ mm}^2$$

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



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 :

$$T = C_s + C_c$$

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

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

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

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

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

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

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

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 :

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

Gaya geser maksimum yang mungkin terjadi pada tengah bentang

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

Kekuatan geser beton :

$$\phi V_c = \phi (1/6 f'_c b w . d) = 0,6 (1/6) (30)(250)(370) \\ = 50664,3 \text{ N} = 50,664 \text{ KN}$$

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

Syarat :

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

Kekuatkan 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 :

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

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 :

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

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

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 $\phi 10 = 750 \text{ mm}$

$$\phi A v_f y_d$$

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

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

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

$$0,6(157)(400)(370)$$

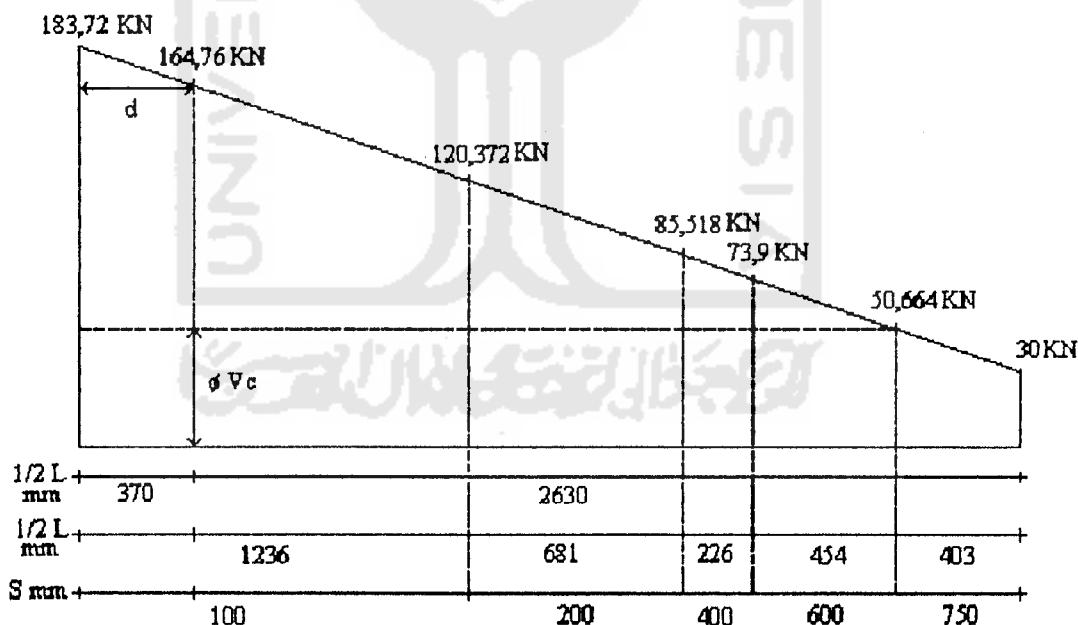
$$S = 400 \text{ mm} \quad \phi V_s = \frac{0,6(157)(400)(370)}{400} = 34854 \text{ N} = 34,854 \text{ KN}$$

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

$$0,6(157)(400)(370)$$

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

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



Gbr.5. Diagram tulangan geser

TABEL 5.1-5.4. DESAIN ANALISA BALOK KUNVENTSIONAL

Ringancanakan						Pembatasan						Momen tahanan = Mo					
L	F _C	F _S	M _o	b _d	b _s	b	d _s	d	b _d	b _s	b	d _s	d	b _d	b _s	b	
m	kpa	Mpa	kN/m	kN/m	kN/m												
6	30	400	25	15	2		24	0.8	0.036	0.026	15.636	7.892	7.892	1.6	1.6	1.6	
8	30	400	25	15	3		24	0.8	0.035	0.025	15.680	7.892	7.892	1.6	1.6	1.6	
10	30	400	25	15	5		24	0.8	0.035	0.025	15.686	7.892	7.892	1.6	1.6	1.6	
12	30	400	25	15	6		24	0.8	0.035	0.025	15.686	7.892	7.892	1.6	1.6	1.6	
14	30	400	25	15	8		24	0.8	0.035	0.025	15.686	7.892	7.892	1.6	1.6	1.6	
16	30	400	25	15	10		24	0.8	0.035	0.025	15.686	7.892	7.892	1.6	1.6	1.6	
18	30	400	25	15	12		24	0.8	0.035	0.025	15.686	7.892	7.892	1.6	1.6	1.6	
20	30	400	25	15	13		24	0.8	0.035	0.025	15.686	7.892	7.892	1.6	1.6	1.6	

L	M _u	M _u	b _d ~ 2	coba	b	b _d	diambil	ideal	b _d	b _s	M _d							
1.2M _d + 1.6M ₁	M _{u1/o}	M _{u1/o}	b	b _d	b	b _d												
m	KN.m	KN.m	mm ~ 3	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
			10 ~ 6															
6	271.800	288.750	43.0498	250	415	250	450	50	80	370	1.8	0.1125	2.700	79.660	7.200	7.200	7.200	
8	492.800	615.000	78.0517	300	510	300	600	15	100	500	2.0	0.1800	4.320	154.560	5.880	5.880	5.880	
10	800.000	1000.000	126.7074	350	602	350	700	15	100	600	2.0	0.2450	7.200	261.000	7.200	7.200	7.200	
12	1173.600	1467.000	185.8797	400	682	400	750	100	120	850	1.9	0.3000	7.200	399.600	7.200	7.200	7.200	
14	1656.200	2070.250	262.3160	450	763	450	850	100	130	920	1.9	0.3825	9.180	552.410	9.180	9.180	9.180	
16	2240.000	2880.000	354.7807	500	842	500	900	100	130	770	1.8	0.4500	10.800	825.900	10.800	10.800	10.800	
18	2832.200	36665.250	464.4142	550	919	550	1000	100	150	850	1.9	0.5500	13.200	1.142.100	13.200	13.200	13.200	
20	3680.000	46600.000	582.8540	600	988	600	1050	100	150	900	1.8	0.6300	16.120	1.506.000	16.120	16.120	16.120	

EY = 0.002										Untersieda > Münchau				
L	As'	luas As'	A _{s1}	p	C _c	C _s	T	a	x	E _{s'}	E _s	C _c	M ₀	M _n
	As, As'	P<P _{max}	0.85P _{cha}	A _{s1} (0.85)	A _{s1} y	(T=C _s +a)B1				E _{s'>E_y}	E _{s>E_y}		tersedia	padu
m		mm ~ 2		f(c)	Cc)	N	N	mm	mm			KN	KN.m	kN.m
6	2 o 29	1321.04	1981.56	0.0214	6275	494729.70	1321039	129.617	152.491	0.00202	0.0043	826.311	410.4065	344.475
8	2 o 29	1321.04	3504.44	0.0234	7650	494728.95	1930193	187.642	220.756	0.00213	0.0038	1435.466	210.8429	631.840
10	2 o 29	1321.04	5112.94	0.0243	8925	494728.95	2572591	232.926	274.030	0.00218	0.0036	2078.864	260.7378	1016.500
12	3 o 29	1381.56	6060.91	0.0241	10200	742193.43	3216938	242.637	285.455	0.00207	0.0036	2474.897	394.5685	1499.400
14	4 o 29	2642.08	7536.67	0.0253	11475	999457.91	4071501	268.588	315.985	0.00205	0.0038	3082.045	615.2691	2112.615
16	6 o 29	3693.12	8251.39	0.0214	12750	1498186.86	4885801	266.793	313.974	0.00204	0.0044	3401.616	996.5707	2838.400
18	6 o 29	3662.12	11116.52	0.0256	14025	1484196.86	6031853	324.254	381.476	0.00221	0.0037	4547.6668	1116.2684	3738.150
20	8 o 36	8143.00	11469.94	0.0213	15300	3049553.98	7853975	3141014	369.429	0.00219	0.0043	4804.423	2443.2128	4759.000

TABEL 5.5-5.8. DESAIN & ANALISA HALOK KONVENTSIONAL

Diameter gelang		Pembahasan									
L	F _c	F _y	W _b	W _d	b	b'	W _{b+d}	P _{max}	W _{b+d}	W _{b+d}	W _{b+d}
6	30	400	25	15	2	24	0.6	0.77	0.0293	11.765	7.8939
8	40	400	25	15	3	24	0.8	0.77	0.0393	11.765	7.8939
10	40	400	25	15	5	24	0.8	0.77	0.0393	11.765	7.8939
12	40	400	25	15	6	24	0.8	0.77	0.0393	11.765	7.8939
14	40	400	25	15	8	24	0.8	0.77	0.0393	11.765	7.8939
16	40	400	25	15	10	24	0.8	0.77	0.0393	11.765	7.8939
18	40	400	25	15	12	24	0.8	0.77	0.0393	11.765	7.8939
20	40	400	25	15	13	24	0.8	0.77	0.0393	11.765	7.8939

Diameter gelang		Pembahasan									
L	M _u	M _u	bd ~ 2	coba	d	b	W(bd)	diam bili	diam bili	ideal	M _u
1.2M _d + 1.6N _l	M _u /a	M _u /f	b								1.8M _d
m	KN/m	KN/m	mm ~ 3	mm	mm	mm	mm	mm	mm		L ~ 2
			10 ~ 6								KN/m
6	271.800	339.750	43.0489	250	415	250	450	50	80	370	1.8
8	492.600	616.000	78.0517	300	510	300	560	75	100	450	1.8
10	600.000	1000.000	126.7074	350	602	350	650	75	100	550	1.9
12	1172.600	1467.000	185.8737	400	682	400	750	100	120	630	1.9
14	1656.200	2070.250	262.3160	450	763	450	800	100	120	680	1.8
16	2240.000	2360.000	354.7807	500	842	500	910	100	130	770	1.8
18	2932.200	3365.250	464.4142	550	919	550	1000	100	150	850	1.8
20	3680.000	4600.000	582.8540	600	986	600	1050	100	150	900	1.8

