

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 melampui tegangan ijinnya, maka SKSNI T-15-1991-03 memberikan batas sebagai berikut :

Pada kesempatan selanjutnya

tepi atas

tepi bawah :

Pada keadaan akhir :

tepi atas *

$$fts = \frac{Pe}{Ac} \left(1 - \frac{e.c1}{r^2} \right) + \frac{Mt}{Si} \quad (\text{desak}) \leq fts \dots \dots \dots .6.3.$$

tepi bawah :

Dimana teqangan ijin pada keadaan awal :

tapi bawah fbi = 0,60 f'ci (desak) 6,6-

Dimana tegangan ijin pada keadaan akhir :

tepian atas fts = 0,45 fm (desak) 6,7

tepi bawah fbs = 0.50 ffcc (tarik)..... 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_I , maka modulus penampang yang diperlukan baik terhadap sisi tepi atas maupun tepi bawah adalah :

nilai S1 dan S2 maksimum dapat digunakan untuk memilih tam-pang yang memenuhi syarat :

$$\text{maka } b = \frac{5.6}{\sqrt{2}} \quad \text{didapat } b \text{ dan } h.$$

besarnya daya protes dan yang diperlukan.

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 gesek lebih kecil dari nol.

Eksentrisitas pada tahap awal :

$$e = \frac{fti.S1}{Pi} + \frac{Si}{Ae} + \frac{Mo}{Pi} \quad (\text{tarik}) \dots \dots \dots 6.15.$$

$$e = -\frac{fbi.S2}{Pi} - \frac{S2}{Ae} + \frac{Mo}{Pi} \quad (\text{desak}) \dots \dots \dots .6.16.$$

Eksentrisitas pada tahap akhir :

$$e = -\frac{fts.S2}{Fe} - \frac{S2}{Ac} + \frac{Mtx}{Fe} \quad (\text{desak}) \dots \dots \dots 6.17.$$

$$e = \frac{fbs \cdot S_1}{R_0} + \frac{S_1}{\Delta \tau} + \frac{M_{tx}}{R_0} \quad (\text{tarik}) \dots \dots \dots 6.18.$$

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 $W_1 = 25 \text{ KN/m}$, $W_d = 15 \text{ KN/m}$.

belum termasuk berat sendiri W_g

PEMBAHASAN PENDIMENSIAN :

Di taksir berat sendiri 2KN/m

$$\text{Berat sendiri} : M_o = 1/8 \cdot W_o \cdot L^2 = (1/8)(2)(6^2) = 9 \text{ KN-m}$$

$$\text{Berat beban hidup: } M_d = 1/8 \cdot W_d \cdot L^2 = (1/8)(15)(6^2) = 67,5 \text{ KN-m}$$

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

$$M_t = M_o + M_d + M_l = 9 + 67,5 + 112,5 = 185 \text{ KN-m}$$

Tegangan yang disyaratkan :

Diasumsikan $f'c_i = f'c$

Pada keadaan awal :

$$f_{ti} = \frac{1}{4} f'c = \frac{1}{4} 30 = 1,3693 \text{ Mpa (tarik)}$$

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

Pada keadaan akhir :

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

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

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

$$S_1 \geq \frac{((1 - 0,8)(9) + 67,5 + 112,5)(10^5)}{(0,8)(1,3693) - 2,379}$$

$$S_1 \geq -110,640 (10^5) \text{ mm}^3$$

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

$$S_2 \geq \frac{((1 - 0,8)(9) + 67,5 + 112,5) \cdot (10^5)}{-13,5 - (0,80)(-18)}$$

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

Dipakai tampang simetris :

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

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 $C_1 = C_2 = \frac{1}{4} h$

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

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

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

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

$$P_i = A_c \cdot f_{cent} \\ = 210000(8,3153) = 1746223 \text{ N} \approx 1746,22 \text{ KN}$$

$$P_e = R \cdot P_i \\ = 0,8(1746,22) = 1396,96 \text{ KN}$$

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

Luas baja prategang :

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

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 :

$$e_1 = \frac{fti \cdot S_1}{P_i} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_o \cdot x}{P_i} \\ e_1 = \frac{1,3693(21 \cdot 10^6)}{1740,22(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + 0 = 116,467 \text{ mm.}$$

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

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

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

$$e_2 = \frac{fti \cdot S_1}{P_i} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_o \cdot x}{P_i}$$

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

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

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

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

$$e3 = \frac{fti \cdot S1}{Pi} + \frac{S1}{Ac} + \frac{Mo \cdot X}{Pi}$$

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

Pada keadaan awal (desak)

Pada dukungan :

$$e1 = - \frac{fbi \cdot S2}{Pi} - \frac{S2}{Ac} + \frac{Mo \cdot X}{Pi}$$

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

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

$$e2 = - \frac{fbi \cdot S2}{Pi} - \frac{S2}{Ac} + \frac{Mo \cdot X}{Pi}$$

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

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

$$e3 = - \frac{fbi \cdot S2}{Pi} - \frac{S2}{Ac} + \frac{Mo \cdot X}{Pi}$$

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

Pada keadaan akhir (desak)

Pada dukungan :

$$e_1 = - \frac{fts \cdot S_2}{P_e} - \frac{S_2}{A_c} + \frac{M_t \cdot X}{P_e}$$

$$e_1 = \frac{13,5(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} - \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + 0 = - 102,938 \text{ mm.}$$

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

$$e_2 = - \frac{fts \cdot S_2}{P_e} - \frac{S_2}{A_c} + \frac{M_t \cdot X}{P_e}$$

$$e_2 = \frac{13,5(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} - \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{3(42)(6000^2)(10^3)}{32(1396,98)(10^3)} = - 57,213 \text{ mm.}$$

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

$$e_3 = - \frac{fts \cdot S_1}{P_e} - \frac{S_1}{A_c} - \frac{M_t \cdot X}{P_e}$$

$$e_3 = \frac{13,5(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} - \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{1(42)(6000^2)(10^3)}{8(1396,98)(10^3)} = - 11,059 \text{ mm.}$$

Pada keadaan akhir (tarik)

Pada dukungan :

$$e_1 = \frac{fbs \cdot S_1}{P_e} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_t \cdot X}{P_e}$$

$$e_1 = \frac{2,7386(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + 0 = 14,1169 \text{ mm.}$$

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

$$e_2 = \frac{fbs \cdot S_1}{P_e} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_t \cdot X}{P_e}$$

$$e_2 = \frac{2,7386(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{3(42)(6000^2)(10^3)}{32(1396,98)(10^3)} = 115,5857 \text{ mm}$$

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

$$\epsilon_3 = \frac{f_{bs} \cdot S_1}{P_e} + \frac{S_1}{A_c} + \frac{M_t \cdot X}{P_e}$$

$$\epsilon_3 = \frac{2,7386(21)(10^6)}{1396,98(10^3)} + \frac{21(10^6)}{21(10^4)} + \frac{1(42)(6000^2)(10^3)}{8(1396,98)(10^3)} = 250,8775 \text{ mm}$$

TEGANGAN - TEGANGAN YANG TERJADI.

Tegangan yang terjadi pada tahap awal:

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

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

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

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

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

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

Tegangan yang terjadi pada tahap akhir:

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

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

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

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

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

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

Tabel 1-3.3. DESAIN ANGULUS UNTUK BERPADA

Diameterkan		Momen yang dihasilkan	
L	t ₀	F _N	F _D
m	Mpa	KN/m	KN/m
8	40	300	100
9	40	400	100
10	40	400	100
12	40	400	100
14	40	400	100
16	40	400	100
18	40	400	100
20	40	400	100
8	40	25	90
9	40	25	90
10	40	25	90
12	40	25	90
14	40	25	90
16	40	25	90
18	40	25	90
20	40	25	90
8	40	15	24
9	40	15	24
10	40	15	24
12	40	15	24
14	40	15	24
16	40	15	24
18	40	15	24
20	40	15	24
8	40	5	9.00
9	40	5	9.00
10	40	5	9.00
12	40	5	9.00
14	40	5	9.00
16	40	5	9.00
18	40	5	9.00
20	40	5	9.00

disusun dan dimensi yang dipakai

L	fts =	fhs =	R	S1	S2	S = S1=S2 =	b =	q	diamet	dimin	diamlu	swat	S =
m	0.35% 0.5%	0.5% 0.5%				ASh × 2							1.126 × 3
(desak) (tarik)	(desak)	(tarik)											
m	Mpa	%	mm × 3	mm × 3	mm × 3	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	1.5 × (h)
			x 10 ~ 5	x 10 ~ 5	x 10 ~ 5								
6	-18	3.162	60	95.817	161.600	252.500	300	340	600	2.000	10.00	54.000	10 ~ 6
8	-18	3.162	80	-171.186	270.667	361.429	350	420	700	2.000	26.50	100.042	10 ~ 8
10	-18	3.162	80	-270.111	427.183	354.671	400	500	850	2.125	48.17	204.708	
12	-18	3.162	80	-390.858	618.000	410.859	450	580	950	2.111	67.89	321.516	
14	-18	3.162	80	-537.166	849.333	421.167	450	660	1100	2.444	90.75	499.125	
16	-18	3.162	80	-708.350	1120.000	360.667	500	740	1200	2.400	120.00	720.000	
18	-18	3.162	80	-905.044	1431.000	549.504	550	820	1250	2.273	143.23	895.182	
20	-18	3.162	80	-1122.819	1775.000	584.362	600	900	1350	2.225	120.00	1086	

pemakaian kabel

L	A =	C1=C2	r = 2	Feat =	P1 =	P2 =	P3 =	P4 =	P5 =	P6 =	P7 =	Jumlah	n
b/t	1/2n	1/A	desak	(desak)	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Kabel	diambil
m	mm × 2	mm	Mpa	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	mm × 2	buah
6	160000	300	30000	-11.209	2017.70	1614.18	1800	1120.949	0.5	136.313	6.656	9	
9	245000	350	40833	-11.209	2746.31	2197.05	1800	1525.728	0.5	126.313	12.050	13	
10	340000	425	60298	-11.209	3811.21	3049.97	1800	2117.337	0.5	126.613	16.723	17	
12	427500	475	75308	-11.209	4792.03	3820.63	1800	2682.941	0.5	126.613	21.975	22	
14	495000	550	10633	-11.209	5548.67	4638.93	1800	3082.563	0.5	126.613	24.347	25	
16	600000	600	120001	-11.209	6725.66	5630.56	1800	3736.77	0.5	126.613	26.511	31	
18	687500	625	130243	-11.209	7706.48	6788.19	1800	4281.330	0.5	126.613	30.815	34	
20	810000	675	151675	-11.209	9179.64	9317.71	1800	5044.243	0.5	126.613	36.841	41	

1.5.5.6.3. 1-6.0. Pengaruh dimensi yang digunakan pada ukuran dan bentuk

L	$A_c = C_1 \cdot C_2$	$C_1 = C_3$	$C_2 = 2$	$t_{tean} =$	$F_t =$	$P_e =$	$F_p =$	$P_g =$	$F_b =$	$P_b =$	$F_u =$	$P_u =$	$F_{buah} =$	$P_{buah} =$
6	30	30	30	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
8	40	40	40	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
10	50	50	50	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
12	60	60	60	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
14	70	70	70	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
16	80	80	80	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
18	90	90	90	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
20	100	100	100	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400

disearatkan

L	$f_{ts} =$	$b =$	$S = S_1 + S_2 =$	$b =$	$H =$	σ_{max}	σ_{min}	σ_{mean}	σ_{total}	σ_{ideal}	$\sigma_{tolerance}$	$\sigma_{max} - \sigma_{min}$	$\sigma_{mean} - \sigma_{ideal}$	$\sigma_{total} - \sigma_{ideal}$
6	0.4576	0.57675	360.889	360.889	364.944	400	400	340	600	420	750	40	21.00	60.00
8	13.5	2.739	80	110.640	202.000	302.000	302.000	330	400	420	500	200	2.00	140.00
10	13.5	2.739	80	197.667	360.889	360.889	360.889	400	400	420	500	200	2.00	140.00
12	13.5	2.739	80	311.808	560.444	560.444	560.444	421.811	421.811	424.400	450	300	5.80	271.875
14	13.5	2.739	80	451.323	924.000	924.000	924.000	494.400	494.400	500	500	100	2.00	416.667
16	13.5	2.739	80	623.242	1437.889	1437.889	1437.889	747.120	747.120	760	760	120	2.400	720.000
18	13.5	2.739	80	817.362	1493.333	1493.333	1493.333	873.440	873.440	884.000	884.000	80	2.00	874.363
20	13.5	2.739	80	1045.065	1908.000	1908.000	1908.000	1045.065	1045.065	1045.065	1045.065	100	2.00	1075.000

dimensi yang digunakan

L	$A_c =$	$C_1 = C_2$	$t_{tean} =$	$F_t =$	$P_e =$	$F_p =$	$P_g =$	$F_b =$	$P_b =$	$F_u =$	$P_u =$	$F_{buah} =$	$P_{buah} =$
8	300.000	375	468.75	-8.315	12.4622	12.4622	12.4622	1800	970.125	750	1250	3.612	3.612
10	408.000	450	675.00	-8.315	2494.60	1995.88	1995.88	1800	1250.60	750	1250.60	10.846	10.846
12	500.000	500	833.33	-8.315	3367.72	2894.17	2894.17	1800	1300.058	750	1300.058	14.737	14.737
14	600.000	600	1000.00	-8.315	4157.67	3326.14	3326.14	1800	1300.058	750	1300.058	19.000	19.000
16	750.000	625	1312.50	-8.315	6000.91	4980.91	4980.91	1800	2300.810	750	2300.810	21.810	21.810
18	840.000	700	1533.33	-8.315	8084.89	5585.91	5585.91	1800	3830.390	750	3830.390	30.640	30.640
20	975.000	750	1875.00	-8.315	8197.45	6885.97	6885.97	1800	4500.120	750	4500.120	35.354	35.354