

LAMPIRAN

Profil Baja IWF 200 x 100		
Berat (W)	21,3	kg/m
Tinggi penampan (A)	200	mm
Lebar Penampang (B)	100	mm
Tebal Badan Profil (tw)	5,5	mm
Tebal Sayap Profil (tf)	8	mm
Jari Jari (r)	11	mm
Inesia (Ix)	1840	cm ⁴
Modulus Section (Zx)	184	cm ³
Ø pengaku tulangan	16	mm

A. Kontrol Penampang

a. Pelat sayap

$$\lambda = b / 2 tf$$

$$= 6,25$$

$$\lambda_p = 170 / \sqrt{f_y}$$

$$= 10,973$$

$$\lambda = \lambda_p$$

$$6,25 = 10,973$$

b. Pelat Badan

$$\lambda = h / tw$$

$$= 29,45$$

$$\lambda_p = 1680 / \sqrt{f_y}$$

$$= 108,44$$

$$\lambda = \lambda_p$$

$$29,45 = 108,44$$

B. KAPASITAS GESER

$$V_p : f_y \times t_w \times B/\sqrt{3}$$

$$: 762102,3553 \text{ N}$$

$$: 762,102 \text{ kN}$$

$$\Phi V : 0,9 \times V_p$$

$$: 685,89 \text{ kN}$$

$$\text{reaksi} : 79,21 \text{ kN}$$

C. KAPASITAS MOMEN LELEH

$$y : 0,5 H$$

$$: 100 \text{ mm}$$

$$Z_x : I_x / y$$

$$: 1840000 \text{ mm}^3$$

$$: 184 \text{ cm}^3$$

Momen leleh

$$M_y : f_y \times Z_x$$

$$: 441600 \text{ kg/cm}$$

$$: 44,16 \text{ kN}$$

D. Kapasitas Momen plastis

$$Z_x : bt(d-t) + 0,25 w h^2$$

$$: 202716,375 \text{ mm}^3$$

$$: 202,716 \text{ cm}^3$$

Momen leleh

$$M_p : f_y \times Z_x$$

$$: 486519,3 \text{ kg/cm}$$

$$: 48,65 \text{ kN}$$

E. Kapasitas Beban leleh (P_y)

$$M_y : 0,5 P_y \times 0,5 H$$

$$P_y : 2 M_y / 0,5 H$$

$$: 58,88 \text{ kN}$$

F. Kapasitas Beban Plastis (P_p)

$$M_p : 0,5 P_p \times 0,5 H$$

$$P_p : 2 M_p / 0,5 H$$

$$: 64,86 \text{ kN}$$

Lateral Torsional Buckling

A	$27.16 \times$ 100	mm^2
	2716	mm^2
E	200000	
f_y	240	MPa
h_o	184	mm
S _x	184,00	cm^3
	184000	mm^3
bf	100	mm
tf	8	mm
tw	5,5	mm
I _y	134	cm^4
	1340000	mm^4
I _x	1761	cm^4

$$R_y = (I_y / A^{0,5})$$

$$= 22,211 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{E/f_y}$$

$$= 1128,5207 \text{ mm}$$

$$= 1,128520 \text{ m}$$

$$C_w = (I_y \times h_o^2) / 4$$

$$= 11341760000 \text{ mm}^6$$

$$R = \frac{\sqrt{I_y \times c_w}}{S_x} \text{ ts}^2 =$$

$$= \frac{670}{\text{mm}}$$

$$r_{ts} = 25,88435 \text{ mm}$$

Atau boleh diperkirakan secara selisih konservatif

$$r_{ts} = \frac{bf}{\sqrt{12 \times \left(1 + \frac{1}{6} \times \frac{h \times tw}{bf \times tff}\right)}} =$$

$$= 26,23416181 \text{ mm}$$

$$J = \frac{1}{3} \times (2 \times tf^3 \times bf + tw^3 \times ho)$$

$$= 44337,66667 \text{ mm}^4$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \times \frac{E}{0.7f_y} \times \sqrt{\frac{J}{S_x \times h_o} + \sqrt{\left(\frac{J}{S_x \times h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.75f_y}{E}\right)^2}} =$$

$$A = 60900,7$$

$$B = 0,0621$$

$$L_r = A \times B$$

$$= 3781,803861 \text{ mm}$$

$$= 3,781803861 \text{ m}$$

$$L_p < L_r$$

$$1,1285 < 3,7818$$

Digunakan Batang Balok $L_b = 3 \text{ m}$, memenuhi persyaratan $L_p < L_b < L_r$ Agar tidak terjadi Lateral Torsional Buckling

Balok kastela

Profil Baja <i>Castellated</i>		
Berat (W)		kg/m
Tinggi penampang (H)	362	mm
Lebar Penampang (B)	100	mm
Tebal Badan Profil (tw)	5,5	mm
Tebal Sayap Profil (tf)	8	mm
Jari Jari (r)	11	mm
Inersia dengan lubang (Ix)		cm ⁴
Inersia tanpa lubang (Ix)		cm ⁴
Modulus <i>Section</i> tanpa lubang (Zx)	409,942	cm ³

Modulus <i>Section</i> dengan lubang (Zx)	5199,07	cm ³
Lebar Lubang 3	130	mm
Tinggi Lubang	324	mm
Ø pengaku tulangan	10	mm
Ø pengaku tulangan	12	mm
Ø pengaku tulangan	16	mm
Ø pengaku tulangan	19	mm

Perhitungan Dimensi Kastela

Tinggi kastela

$$Dg = ((A - 2tf - 2r) \times 2) + 2$$

$$= 362 \text{ mm}$$

Tinggi Bukaan(lubang)

$$Ho = (A - 2tf - 2r) \times 2$$

$$= 324 \text{ mm}$$

1. Sambungan Las dan Panjang Tulangan

A. Perhitungan Sambungan las Ø10

- $A = 0,25 \times \tau \times 10^2$
 $= 78,539 \text{ mm}^2$
- $\emptyset Pn = fy \times A$
 $= 18,849 \text{ kN}$
- Kuat sambungan las harus lebih dari 587 kN
 Tebal profil Iwf = 5,5mm
 Tebal las tumpuan = 2 mm
 Diameter minimum = 10 mm
 A.ef (a x l) = 2 mm
- Mutu kawat las F60 x A (fexa) = 430 MPa
 $Fnw = 0,6 \times Fexa$

$$= 258 \text{ MPa}$$

$$\emptyset = 0,75$$

- Kuat las

$$R_n = F_{nw} \times A_w$$

$$= 0,273609 \text{ kN}$$

- Panjang Sambungan las

$$P_u \text{ max} / \emptyset R_n = 68,8923 \text{ mm}$$

- Panjang tulangan yang di pakai

$$\text{Panjang lubang} = 130 \text{ mm} = 13 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las tulangan} = 6,5 \text{ cm}$$

$$0,5H = 162 \text{ mm}$$

$$\frac{y}{0,5H} = \frac{x}{0,5L + x}$$

$$\frac{y}{162} = \frac{x}{65 + x}$$

$$x = \frac{162x}{65 + x}$$

- Mengasumsikan nilai (x1)

dengan 40 mm

$$0,5L \quad (0,5 \times L) = 65 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } y \quad (0,5H) \times (x1) / (0,5L) \times (x1) = 61,71 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } z \quad ((x1)^2 + (y)^2)^{0,5} = 73,54 \text{ mm}$$

- Sudut pengaku Tulangan

$$\text{Alpha } L \quad (\alpha 1) = 57,05$$

- Hasil panjang tulangan

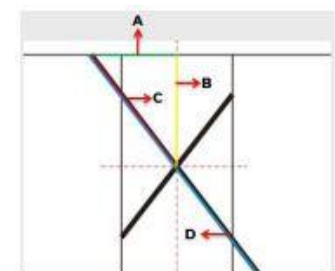
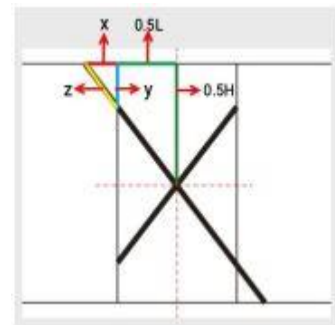
$$A = x + 0,5L = 105 \text{ mm}$$

$$B = 0,5H = 162 \text{ mm}$$

$$C = A^2 + B^2 = 193,05 \text{ mm}$$

$$D = 2C \times (x1) = 239,017 \text{ mm}$$

Jadi, panjang tulangan yang diperlukan untuk lebar lubang 130 mm adalah 239,017 mm



B. Perhitungan Sambungan las $\emptyset 12$

- $A = 0,25 \times \tau \times 10^2$

$$= 113,097 \text{ mm}^2$$

- $\emptyset P_n = f_y \times A$

$$= 27,1433 \text{ kN}$$

- Kuat sambungan las harus lebih dari 587 kN

$$\text{Tebal profil Iwf} = 5,5 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal las tumpuan} = 2 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter minimum} = 12 \text{ mm}$$

$$A.e_f \quad (a \times l) = 2 \text{ mm}$$

- Mutu kawat las F60 x A (fexa) = 430 MPa

$$F_{nw} = 0,6 \times F_{exa}$$

$$= 258 \text{ MPa}$$

$$\emptyset = 0,75$$

- Kuat las

$$R_n = F_{nw} \times A_w$$

$$= 0,273609 \text{ kN}$$

- Panjang Sambungan las

$$P_u \text{ max} / \emptyset R_n = 99,205 \text{ mm}$$

- Panjang tulangan yang di pakai

$$\text{Panjang lubang} = 130 \text{ mm} = 13 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las tulangan} = 6,5 \text{ cm}$$

$$0,5H = 162 \text{ mm}$$

$$\frac{y}{0,5H} = \frac{x}{0,5L + x}$$

$$\frac{y}{162} = \frac{x}{65 + x}$$

$$x = \frac{162x}{65 + x}$$

- Mengasumsikan nilai

$$(x_l) \text{ dengan } 40 \text{ mm}$$

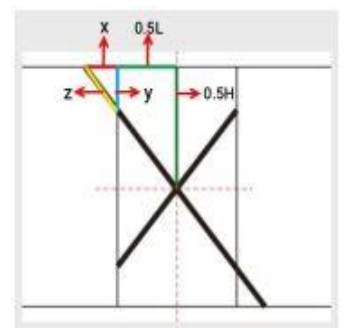
$$0,5L \quad (0,5 \times L) = 65 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } y \quad (0,5H) \times (x_l) / (0,5L) \times (x_l) = 61,71 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } z \quad ((x_l)^2 + (y)^2)^{0,5} = 73,54 \text{ mm}$$

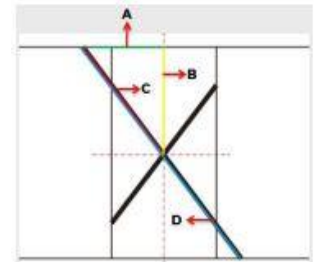
- Sudut pengaku Tulangan

$$\text{Alpha } L \quad (\alpha_1) = 57,05$$



- Hasil panjang tulangan

$A = x + 0,5L$	=105 mm
$B = 0,5H$	=162 mm
$C = A^2 + B^2$	= 193,05 mm
$D = 2C \times (x1)$	= 239,017 mm



Jadi, panjang tulangan yang diperlukan untuk lebar lubang 130 mm adalah 239,017 mm

C. Perhitungan Sambungan las Ø16

- $A = 0,25 \times \tau \times 10^2$
= 201,06 mm²
- $\emptyset P_n = f_y \times A$
= 48,255 kN
- Kuat sambungan las harus lebih dari 587 kN

Tebal profil Iwf	= 5,5mm
Tebal las tumpuan	= 3 mm
Diameter minimum	= 16 mm
A.ef (a x l)	= 3 mm
- Mutu kawat las F60 x A (fexa) = 430 MPa

$F_{nw} = 0,6 \times F_{exa}$	
	= 258 MPa
\emptyset	= 0,75
- Kuat las

$R_n = F_{nw} \times A_w$	
	= 0,4104 kN
- Panjang Sambungan las

$P_u \text{ max} / \emptyset R_n$	= 117,576 mm
-----------------------------------	--------------
- Panjang tulangan yang di pakai

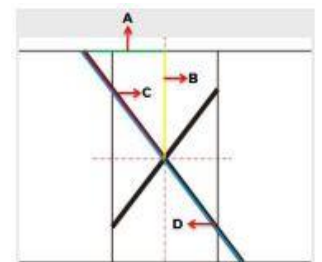
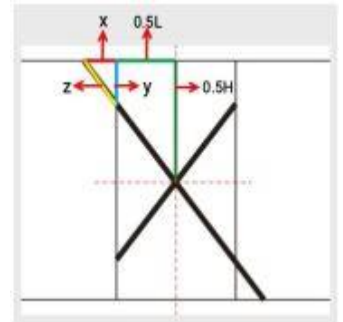
Panjang lubang	= 130 mm = 13 cm
Panjang las tulangan	= 6,5 cm
0,5H	= 162 mm

$$\frac{y}{0.5H} = \frac{x}{0.5L + x}$$

$$\frac{y}{162} = \frac{x}{65 + x}$$

$$x = \frac{162x}{65 + x}$$

- Mengasumsikan nilai (x) dengan 40 mm
 $0,5L \quad (0,5 \times L) = 65 \text{ mm}$
 Nilai y $(0,5H) \times (x) / (0,5L) \times (x) = 61,71 \text{ mm}$
 Nilai z $((x)^2 + (y)^2)^{0,5} = 73,54 \text{ mm}$
- Sudut pengaku Tulangan
 $\text{Alpha L } (\alpha_1) = 57,05$
- Hasil panjang tulangan
 $A = x + 0,5L = 105 \text{ mm}$
 $B = 0,5H = 162 \text{ mm}$
 $C = A^2 + B^2 = 193,05 \text{ mm}$
 $D = 2C \times (x) = 239,017 \text{ mm}$
 Jadi, panjang tulangan yang diperlukan untuk lebar lubang 130 mm adalah 239,017 mm



D. Perhitungan Sambungan las Ø19

- $A = 0,25 \times \tau \times 10^2 = 283,53 \text{ mm}^2$
- $\emptyset P_n = f_y \times A = 68,047 \text{ kN}$
- Kuat sambungan las harus lebih dari 587 kN
 Tebal profil Iwf = 5,5mm
 Tebal las tumpuan = 2 mm
 Diameter minimum = 19 mm
 $A.e.f \quad (a \times l) = 2 \text{ mm}$
- Mutu kawat las F60 x A (fexa) = 430 MPa
 $F_{nw} = 0,6 \times F_{exa} = 258 \text{ MPa}$

$$\emptyset = 0,75$$

- Kuat las

$$R_n = F_{nw} \times A_w = 0,4104 \text{ kN}$$

- Panjang Sambungan las

$$P_u \text{ max} / \emptyset R_n = 165,801 \text{ mm}$$

- Panjang tulangan yang di pakai

$$\text{Panjang lubang} = 130 \text{ mm} = 13 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang las tulangan} = 6,5 \text{ cm}$$

$$0,5H = 162 \text{ mm}$$

$$\frac{y}{0,5H} = \frac{x}{0,5L + x}$$

$$\frac{y}{162} = \frac{x}{65 + x}$$

$$x = \frac{162x}{65 + x}$$

- Mengasumsikan nilai (x1) dengan 40 mm

$$0,5L \quad (0,5 \times L) = 65 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } y \quad (0,5H) \times (x1) / (0,5L) \times (x1) = 61,71 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } z \quad ((x1)^2 + (y)^2)^{0,5} = 73,54 \text{ mm}$$

- Sudut pengaku Tulangan

$$\text{Alpha } L \quad (\alpha_1) = 57,05$$

- Hasil panjang tulangan

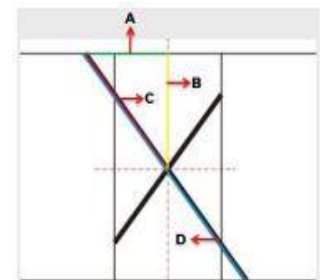
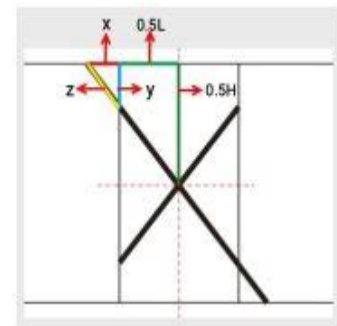
$$A = x + 0,5L = 105 \text{ mm}$$

$$B = 0,5H = 162 \text{ mm}$$

$$C = A^2 + B^2 = 193,05 \text{ mm}$$

$$D = 2C \times (x1) = 239,017 \text{ mm}$$

Jadi, panjang tulangan yang diperlukan untuk lebar lubang 130 mm adalah 239,017 mm



Tulangan	Lebar Lubang	Panjang Tulangan	Alpha
----------	--------------	------------------	-------

Ø 10	13	m	239,016	m	57,050
	0	m	52	m	78
Ø 12	13	m	239,016	m	57,050
	0	m	52	m	78
Ø 16	13	m	239,016	m	57,050
	0	m	52	m	78
Ø 19	13	m	239,016	m	57,050
	0	m	52	m	78

2. Kapasitas Batang Tekan Dan Tarik Pada Tulangan

Profil Baja IWF 200 x 100 x 5.5 x 8		
Mutu Baja	BJ37	
Fy	240	Mpa
	2400	kg/cm ²
W	21,3	kg/m
A	200	Mm
B	100	mm
tw	5,5	mm
tf	8	mm
r	11	mm
Ix	1840	cm ⁴
Zx	184	cm ³
Ø pengaku	10	mm
Ø pengaku	12	mm
Ø pengaku	16	mm
Ø pengaku	19	mm
Lebar lubang	130	mm

E	200000
---	--------

A. Kapasitas batang tekan Ø 10

- Lebar lubang = 130mm = 13cm
- Tulangan = Ø 10
- Panjang tulangan = 239,016 mm
- A_g = $\frac{1}{4} \times \tau \times \text{Ø}10$
= 78,539 mm²
- I_x = $\frac{1}{4} \times \tau \times r^4$
= 49,873 mm⁴
- R_x = $(I_x / A)^{0,5}$
= 2,5

Asumsi K

Untuk jepit-jepit nilai K yang digunakan adalah = 0,5

Untuk sendi-sendi nilai K yang digunakan adalah = 1

Tekan (Jepit-jepit) Ø 10

$$K = 0,5$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$47,803 \leq 135,966 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \frac{\phi^2 E}{(KL/r)^2}$$

$$= 863,8014$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)})F_y$$

$$= 213,6519$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 16780,18$$

$$= 16,78 \text{ kN}$$

Tekan (Sendi-sendi) Ø 10

$$K = 1$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$95,606 \leq 135,96 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \phi^2 E / (KL/r)^2$$

$$= 215,9503$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)}) F_y$$

$$= 150,7279$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 11838,14$$

$$= 11,838 \text{ kN}$$

Kapasitas Batang Tarik Ø 10

$$P_n = f_y \times A_g$$

$$= 18849,56$$

$$= 18,849 \text{ kN}$$

B. Kapasitas batang tekan Ø 12

- Lebar lubang = 130mm = 13cm
- Tulangan = Ø12
- Panjang tulangan = 239,016 mm
- $A_g = \frac{1}{4} \times \tau \times \text{Ø}12$
= 113,0973 mm²
- $I_x = \frac{1}{4} \times \tau \times r^4$
= 1017,876 mm⁴
- $R_x = (I_x / A)^{0,5}$
= 3

Asumsi K

Untuk jepit-jepit nilai K yang digunakan adalah = 0,5

Untuk sendi-sendi nilai K yang digunakan adalah = 1

Tekan (Jepit-jepit) Ø12

$$K = 0,5$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$39,836 \leq 42,996 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \phi^2 E / (KL/r)^2$$

$$= 1243,87$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)})F_y$$

$$= 221,380$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 25037,51$$

$$= 25,0371 \text{ kN}$$

Tekan (Sendi-sendiri) Ø12

$$K = 1$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$79,672 \leq 135,96 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \phi^2 E / (KL/r)^2$$

$$= 310,96$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)})F_y$$

$$= 173,748$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 19650,5$$

$$= 19,650 \text{ kN}$$

Kapasitas Batang Tarik Ø12

$$P_n = f_y \times A_g$$

$$= 27143,36$$

$$= 27,143 \text{ kN}$$

C. Kapasitas batang tekan Ø16

- Lebar lubang = 130mm = 13cm

- Tulangan = Ø16
- Panjang tulangan = 239,016 mm
- $A_g = \frac{1}{4} \times \pi \times \text{Ø}16$
= 201,061 mm²
- $I_x = \frac{1}{4} \times \pi \times r^4$
= 3216,991 mm⁴
- $R_x = (I_x / A)^{0,5}$
= 4

Asumsi K

Untuk jepit-jepit nilai K yang digunakan adalah = 0,5

Untuk sendi-sendi nilai K yang digunakan adalah = 1

Tekan (Jepit-jepit) Ø16

$$K = 0,5$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$29,877 \leq 42,996 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \frac{\phi^2 E}{(KL/r)^2}$$

$$= 2211,332$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)})F_y$$

$$= 229,3417$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 46111,88$$

$$= 46,111 \text{ kN}$$

Tekan (Sendi-sendi) Ø16

$$K = 1$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$59,754 \leq 135,96 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \frac{\phi^2 E}{(KL/r)^2}$$

$$= 552,832$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)})F_y$$

$$= 200,1235$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 40237,22$$

$$= 40,237 \text{ kN}$$

Kapasitas Batang Tarik Ø16

$$P_n = f_y \times A_g$$

$$= 48254,86$$

$$= 48,254 \text{ kN}$$

D. Kapasitas batang tekan Ø19

- Lebar lubang = 130mm = 13cm
- Tulangan = Ø19
- Panjang tulangan = 239,016 mm
- $A_g = \frac{1}{4} \times \pi \times \text{Ø}19^2$
= 283,528 mm²
- $I_x = \frac{1}{4} \times \pi \times r^4$
= 6397,117 mm⁴
- $R_x = (I_x / A)^{0,5}$
= 4,75

Asumsi K

Untuk jepit-jepit nilai K yang digunakan adalah = 0,5

Untuk sendi-sendi nilai K yang digunakan adalah = 1

Tekan (Jepit-jepit) Ø19

$$K = 0,5$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$25,159 \leq 42,996 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \frac{\phi^2 E}{(KL/r)^2}$$

$$= 3118,323$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)})F_y$$

$$= 232,392$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 65889,8$$

$$= 65,889 \text{ kN}$$

Tekan (Sendi-send) Ø19

$$K = 1$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$50,319 \leq 135,96 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \phi^2 E / (KL/r)^2$$

$$= 779,580$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)})F_y$$

$$= 210,984$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 59820,19$$

$$= 59,802 \text{ kN}$$

Kapasitas Batang Tarik Ø19

$$P_n = f_y \times A_g$$

$$= 68046,9$$

$$= 68,046 \text{ kN}$$

Jadi, kapasitas batang tekan dan tarik pada tulangan dapat dilihat pada tabel:

Tulangan	Tekan (KN)		Tarik (KN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
T1	16,7802	11,83814	18,8496

T2	25,0375	19,6505	27,1434
T3	46,1119	40,23722	48,2549
T4	65,8898	59,82019	68,0469

3. Kapasitas Batang Tekan Dan Tarik Pada Sayap

Profil Baja IWF 200 x 100 x 5.5 x 8

Mutu Baja	BJ37	
Fy	240	Mpa
	2400	kg/cm ²
W	21,3	kg/m
A	200	mm
B	100	mm
Tw	5,5	mm
Tf	8	mm
R	11	mm
Ix	1840	cm ⁴
Zx	184	cm ³
Ø pengaku	10	mm
Ø pengaku	12	mm
Ø pengaku	16	mm
Ø pengaku	19	mm
Lebar lubang	130	mm
E	200000	

• $A_g = B \times t_f$

$= 800 \text{ mm}^2$

• $I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3$

$= 5546,6667 \text{ mm}^4$

• $I_y = \frac{1}{12} \times b \times h^3$

$= 666666,67 \text{ mm}^4$

• $R_x = (I_x / A)^{0,5}$

$= 2,6331224 \text{ mm}$

• $R_y = (I_y / A)^{0,5}$

$$= 28,867513 \text{ mm}$$

Asumsi K

Untuk jepit-jepit nilai K yang digunakan adalah = 0,5

Untuk sendi-sendi nilai K yang digunakan adalah = 1

Tekan (Jepit-jepit) (Sayap)

$$K = 0,5$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$24,685 \leq 135,96 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \frac{\phi^2 E}{(KL/r)^2}$$

$$= 3239,25$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)})F_y$$

$$= 232,671$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 186137,28$$

$$= 186,137 \text{ kN}$$

Tekan (Sendi-sendi) (Sayap)

$$K = 1$$

$$KL/r \leq 4,71\sqrt{E/F_y}$$

$$49,371 \leq 135,96 \text{ (tekuk inelastis)}$$

$$F_e = \frac{\phi^2 E}{(KL/r)^2}$$

$$= 809,813$$

$$F_{cr} = (0,658^{(F_y/F_e)})F_y$$

$$= 212,001$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 169601,56$$

$$= 169,60 \text{ kN}$$

Kapasitas Batang Tarik (Sayap)

$$\begin{aligned}
 P_n &= f_y \times A_g \\
 &= 192000 \\
 &= 192 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas batang tekan dan tarik pada sayap dapat dilihat pada tabel:

Sayap	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
S1	186,13729	169,602	192

4. Kapasitas beban

A. Perhitungan kapasitas Beban Balok kastela variasi Ø10)
input beban (p)

$$p = 56,3246 \text{ kN}$$

$$0,5p = 28,1623 \text{ kN}$$

Sudut Pengaku	Alpha D10	Kapasitas Tulangan	
	57,0508		
Sin Alpha	0,83915		
Cos Alpha Variasi	0,5439		
Baja kastela	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
T1	16,7802	11,8381	18,8496

a. perhitungan gaya aksial tulangan (P_u tulangan)

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ tulangan} &= \frac{0,5P}{\sin \alpha} \times 0.5 \\
 &= 16,7802 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kapasitas tulangan (P_n) tulangan

$$P_n \text{ Tekan Jepit} = 16,7802 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tekan Sendi} = 11,8381 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tarik} = 18,8496 \text{ kN}$$

Tulangan Pada Variasi Ø10 Sudah Mengalami Kegagalan Karena $P_u = P_n$. Untuk $P = 56,3246 \text{ kN}$ sebagai batas beban

Sayap	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
S1	186,13729	169,602	192

b. perhitungan gaya aksial Tulangan (P_u Sayap)

$$P_u \text{ sayap} = \frac{M}{h}$$

$$= 116,695 \text{ kN}$$

Kapasitas Sayap (P_n) Sayap

$$P_n \text{ Tekan Jepit} = 186,13 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tekan Sendi} = 169,60 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tarik} = 192 \text{ kN}$$

Sayap Pada Variasi Ø10 Belum Mengalami Kegagalan Karena $P_u < P_n$. Untuk $P = 56,3246 \text{ kN}$ sebagai batas beban

B. Perhitungan kapasitas Beban Balok kastela variasi Ø12)

input beban (p)

$$p = 84,041 \text{ kN}$$

$$0,5p = 42,0206 \text{ kN}$$

Sudut Pengaku	Alpha Ø12		
	57,0508		
Sin Alpha	0,83915		
Cos	0,5439		
Alpha		Kapasitas Tulangan	
Variasi Baja kastela	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
T2	25,0375	19,6505	27,1434

a. perhitungan gaya aksial tulangan (Pu tulangan)

$$\begin{aligned}
 \text{Pu tulangan} &= \frac{0.5P}{\sin \alpha} \times 0.5 \\
 &= 25,03 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kapasitas tulangan (Pn) tulangan

$$\text{Pn Tekan Jepit} = 25,03 \text{ kN}$$

$$\text{Pn Tekan Sendi} = 19,65 \text{ kN}$$

$$\text{Pn Tarik} = 27,14 \text{ kN}$$

Tulangan Pada Variasi Ø12 Sudah Mengalami Kegagalan Karena $P_u = P_n$. Untuk $P = 84,041 \text{ kN}$ sebagai batas beban

Sayap	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
S1	186,13729	169,602	192

b. perhitungan gaya aksial Tulangan (Pu Sayap)

$$P_u \text{ sayap} = \frac{M}{h} = 174,119 \text{ kN}$$

Kapasitas Sayap (Pn) Sayap

$$P_n \text{ Tekan Jepit} = 186,13 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tekan Sendi} = 169,60 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tarik} = 192 \text{ kN}$$

Sayap Pada Variasi Ø12 Belum Mengalami Kegagalan
 Karena $P_u < P_n$. Untuk $P = 84,041 \text{ kN}$ sebagai batas beban

C. Perhitungan kapasitas Beban Balok kastela variasi Ø16)
 input beban (p)

$$p = 89,8423 \text{ kN}$$

$$0,5p = 44,9211 \text{ kN}$$

Sudut Pengaku	Alpha Ø16		
	57,0508		
Sin Alpha	0,83915		
Cos Alpha	0,5439		
	Kapasitas Tulangan		
Baja kastela	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
T3	46,1119	40,2372	48,2549

a. perhitungan gaya aksial tulangan (Pu tulangan)

$$P_u \text{ tulangan} = \frac{0,5P}{\sin \alpha} \times 0,5$$

$$= 26,7658 \text{ kN}$$

Kapasitas tulangan (Pn) tulangan

$$Pn \text{ Tekan Jepit} = 46,1119 \text{ kN}$$

$$Pn \text{ Tekan Sendi} = 40,2372 \text{ kN}$$

$$Pn \text{ Tarik} = 48,2549 \text{ kN}$$

Tulangan Pada Variasi Ø16 Belum Mengalami Kegagalan Karena $P_u < P_n$. Untuk $P = 89,8423 \text{ kN}$ sebagai batas beban

Sayap	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
S1	186,13729	169,602	192

b. perhitungan gaya aksial Tulangan (P_u Sayap)

$$P_u \text{ sayap} = \frac{M}{h}$$

$$= 186,13 \text{ kN}$$

Kapasitas Sayap (P_n) Sayap

$$P_n \text{ Tekan Jepit} = 186,13 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tekan Sendi} = 169,60 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tarik} = 192 \text{ kN}$$

Sayap Pada Variasi Ø16 Sudah Mengalami Kegagalan Karena $P_u = P_n$. Untuk $P = 89,8423 \text{ kN}$ sebagai batas beban

D. Perhitungan kapasitas Beban Balok kastela variasi Ø19)
input beban (p)

$$p = 89,8422 \text{ kN}$$

$$0,5p = 44,9211 \text{ kN}$$

Sudut Pengaku		Alpha Ø19	
		57,0508	
Sin Alpha		0,83915	
Cos Alpha		0,5439	
Kapasitas Tulangan			
Tekan (kN)			
Tarik (kN)			
Jepit-Jepit		Sendi-Sendi	
T4	65,889799	59,8202	68,0469

a. perhitungan gaya aksial tulangan ($\frac{0,5P}{\sin \alpha}$)

$$P_u \text{ tulangan} = \frac{0,5P}{\sin \alpha} \times 0,5 = 26,765 \text{ kN}$$

Kapasitas tulangan (Pn) tulangan

$$P_n \text{ Tekan Jepit} = 65,889 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tekan Sendi} = 59,8202 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tarik} = 68,0469 \text{ kN}$$

Tulangan Pada Variasi Ø19 Belum Mengalami Kegagalan Karena $P_u < P_n$. Untuk $P = 89,8422$ kN sebagai batas beban

Sayap	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
S1	186,13729	169,602	192

b. perhitungan gaya aksial Tulangan (P_u Sayap)

$$P_u \text{ sayap} = \frac{M}{h}$$

$$= 186,13 \text{ kN}$$

Kapasitas Sayap (P_n) Sayap

$$P_n \text{ Tekan Jepit} = 186,13 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tekan Sendi} = 169,60 \text{ kN}$$

$$P_n \text{ Tarik} = 192 \text{ kN}$$

Sayap Pada Variasi Ø19 Sudah Mengalami Kegagalan Karena $P_u = P_n$. Untuk $P = 89,8422$ kN sebagai batas beban

Hasil perhitungan Kapasitas Beban Balok Kastela Variasi Ø10, Ø12, Ø16, Ø19

Variasi tulangan (Ø) dan lebar lubang (mm)		Manual (Microsoft Excell)	
Ø 10	130	56,32	kN
Ø 12	130	84,04	kN
Ø 16	130	89,84	kN
Ø 19	130	89,84	kN

Hasil Perbandingan Perhitngan Ms excel dan *pushover sap2000*

Variasi tulangan (Ø) dan lebar lubang (mm)		Manual (Microsoft Excell)		Numerik <i>Pushover</i> SAP 2000		perbandingan	
Ø 10	130	56,32	kN	58,8	kN	4,39	%

Ø 12	130	84,04	kN	83	kN	1,24	%
Ø 16	130	89,84	kN	88,74	kN	1,23	%
Ø 19	130	89,84	kN	89,17	kN	0,75	%

