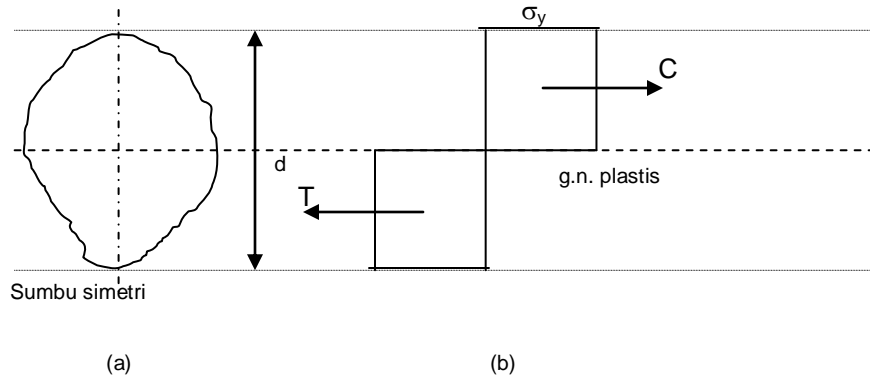


MOMEN PLASTIS PENAMPANG

Bentuk penampang sembarang dibawah ini dalam kondisi plastis,



Distribusi tegangannya akibat lentur murni pada Gambar (b)

C = resultan gaya (tekan) diatas g.n.

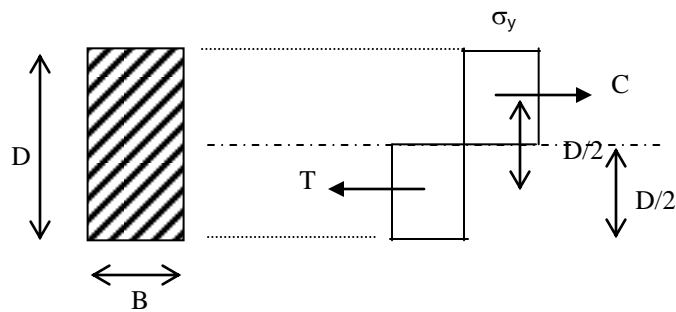
T = resultan gaya (tarik) dibawah g.n.

Berdasarkan $\sum F_y = 0$, maka $C = T$:

Luas bidang tekan $\times \sigma_y =$ luas bidang tarik $\times \sigma_y$

Contoh :

a) Penampang segiempat



$$\text{Nilai : } C = T = \frac{D}{2} B \sigma_y$$

$$\text{Momen dalam} = C \frac{D}{2}$$

Momen Luar = momen dalam

$$M_p = C \frac{D}{2} = \left(\frac{D}{2} B \sigma_y\right) \frac{D}{2}$$

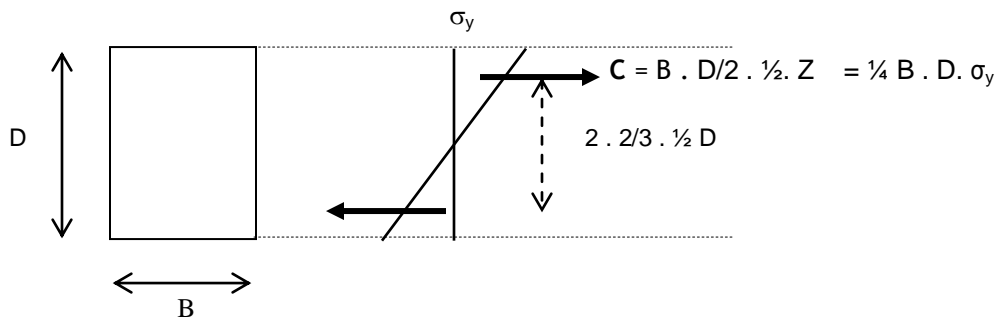
$$M_p = \frac{1}{4} B D^2 \sigma_y$$

jika : $z =$ modulus plastis $= \frac{1}{4} B D^2$, maka :

$M_p = z \sigma_y$, (momen plastis penampang = modulus plastis x tegangan leleh)

Sebagai perbandingan apabila dalam keadaan elastis :

$M_y = S \sigma_y$, $S =$ modulus elastis penampang



$$M_y = C \cdot \frac{4}{6D} = \frac{1}{4} B \cdot D \cdot \sigma_y \cdot \frac{4}{6D} = \frac{1}{6} B D^2 \sigma_y \quad , \quad S = \frac{1}{6} B D^2$$

Jadi perbandingan M_p dan M_y :

$$\frac{M_p}{M_y} = \frac{\sigma_y Z}{\sigma_y S} = \frac{Z}{S} = \frac{\frac{1}{4} B D^2}{\frac{1}{6} B D^2} = 1.5$$

Jadi faktor bentuk penampang $f = \frac{M_p}{M_y} = 1.5$

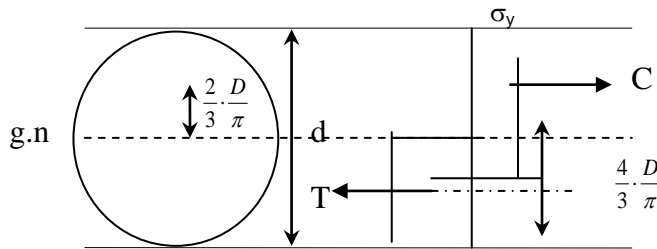
Keterangan : untuk penampang bentuk yang lain akan didapat f yang berbeda lagi.

$$\text{Rumus : } \frac{M_p}{M_y} = \frac{\sigma_y Z}{\sigma_y S} = \frac{Z}{S}$$

Kesimpulan : Pada penampang segiempat peningkatan kekuatan penampang akibat ditinjau dalam kondisi plastis mencapai kapasitas 50 % lebih besar dari penampang yang di analisis dengan kondisi elastis.

MOMEN PLASTIS PENAMPANG

b. Penampang Lingkaran



Luas $\frac{1}{2}$ lingkaran = $\frac{1}{8} \cdot \frac{D^2}{\pi}$
 Garis netral membagi luasnya 2 bagian yang sama

$$C = T = \frac{1}{8} \cdot \frac{D^2}{\pi} \cdot \sigma_y$$

$$M_p = C \cdot \frac{4D}{3\pi} = \frac{1}{8} \cdot \frac{D^2}{\pi} \cdot \sigma_y \cdot \frac{4D}{3\pi} = \frac{1}{6} \cdot D^3 \cdot \sigma_y$$

$$M_p = \frac{1}{6} \cdot D^3 \cdot \sigma_y \rightarrow Z = \frac{1}{6} \cdot D^3$$

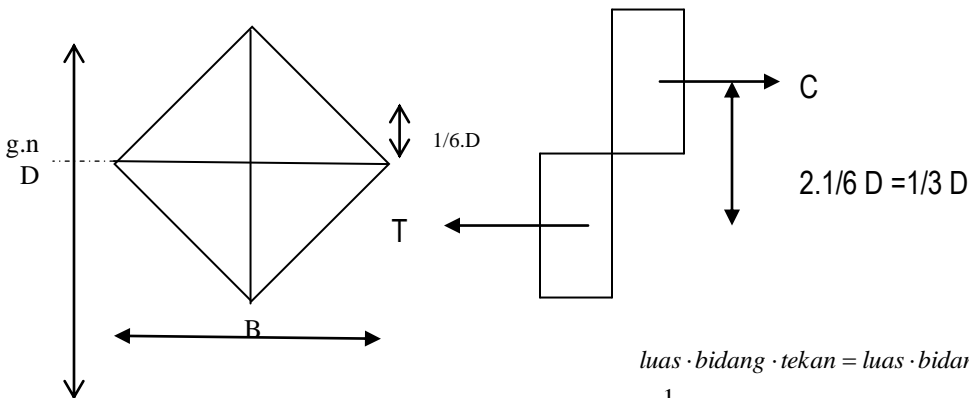
$$S = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot D^3 \rightarrow AISC \quad Z = \text{Modulus Plastis}$$

$$Z = \frac{1}{6} \cdot D^3$$

$$f = \frac{Z}{S} = 1,7$$

- Modulus penampang
- Modulus plastis
- Faktor bentuk

c. Penampang Segiempat (Lentur Terhadap Diagonal)



$$\text{luas} \cdot \text{bidang} \cdot \text{tekan} = \text{luas} \cdot \text{bidang} \cdot \text{tarik}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot B \cdot D$$

$$\text{Lengan} \cdot \text{momen} = 2 \cdot \frac{1}{6} D = \frac{1}{3} D$$

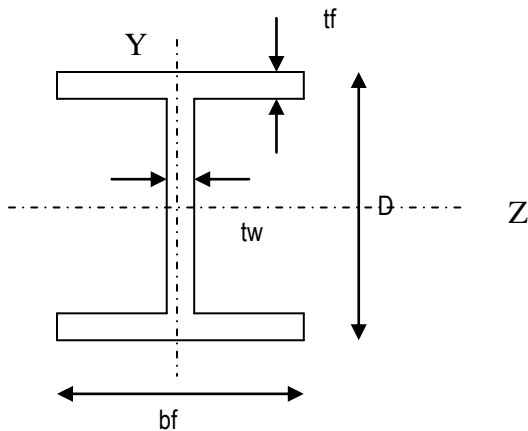
$$M_p = \frac{1}{4} B \cdot D \cdot \sigma_y \cdot \frac{1}{3} D = \frac{1}{12} B \cdot D^2 \cdot \sigma_y$$

$$Z = \frac{1}{12} \cdot B \cdot D^2 \rightarrow \text{mod el} \cdot \text{plastis}$$

$$S = \frac{1}{24} \cdot B \cdot D^2 \rightarrow \text{mod el} \cdot \text{tampang} \cdot (\text{elastis})$$

$$f = \frac{Z}{S} = 2,0 \rightarrow \text{faktor} \cdot \text{bentuk}$$

d). Penampang I



- sayap 1 & 2
luas bidang tekan dan tarik = $2 \cdot bf \cdot tf$
model plastis = $bf \cdot tf \cdot (D - tf)$
- untuk badan 3 & 4
luas bidang tekan dan tarik = $tw \cdot (D - 2tf)$
model plastis = $tw \cdot (D - 2tf)^2 / 4$

Z penampang I (terhadap sumbu y) = $bf \cdot tf \cdot (D - tf) + 1/4 \cdot tw \cdot (D - 2tf)^2$

Jika terhadap sumbu Z:

$$Z \text{ penampang } I = \frac{bf^2 \cdot tf}{2} + \frac{(D - 2tf) \cdot tw^2}{4}$$

Contoh

bf = 10 cm	Tf = 1 cm
D = 22 cm	Tw = 1 cm
$\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$	

$$Z \text{ penampang I (terhadap Sumbu Y)} = 10 \cdot 1 \cdot (22 - 1) + \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot (22 - 2 \cdot 1)^2$$

$$= 310 \text{ cm}^3$$

$$\text{Jika terhadap sumbu Z} \rightarrow Z = \frac{b^2 \cdot t}{2} + \frac{(D - 2t) \cdot t^2}{4} = 55 \text{ cm}^3$$

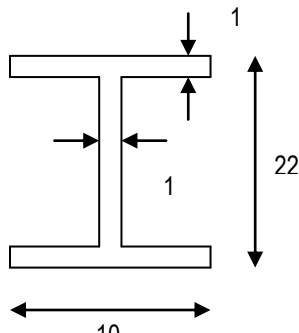
Momen plastis penuh penampang, maka:

$$M_p = Z \cdot \sigma_y = 310 \cdot 2530 \text{ kg/cm} = 784300 \text{ kg.cm}$$

$$= 784.3 \text{ t.cm}$$

$$= 7.843 \text{ t.m}$$

Cara lain : penampang I sebagai berikut:



$$b = \text{lebar sayap tanpa badan} = 10 - 1 = 9 \text{ cm}$$

$$d = \text{tinggi penampang tanpa sayap} = 22 - 2 \cdot 1 = 20 \text{ cm}$$

Momen Inersia penampang terhadap sb x-x

$$I_{xx} = 1/12 B \cdot D^3 - 1/12 b \cdot d^3 = 1/12 \cdot 10 \cdot 22^3 - 1/12 \cdot 9 \cdot 20^3$$

$$= 2875 \text{ cm}^4$$

Modulus elastis penampang terhadap sumbu x-x

$$S = I_x / (D/2) = 2875 / 11 = 261.3 \text{ cm}^3$$

Modulus plastis penampang (untuk $\square \rightarrow Z = 1/4 B \cdot D^2$)

$$Z = 1/4 B \cdot D^2 - 1/4 b \cdot d^2 = 1/4 \cdot 10 \cdot 22^2 - 1/4 \cdot 9 \cdot 20^2$$

$$= 310 \text{ cm}^2$$

Factor bentuk $f = Z/S = 310/261.3 = 1.183$

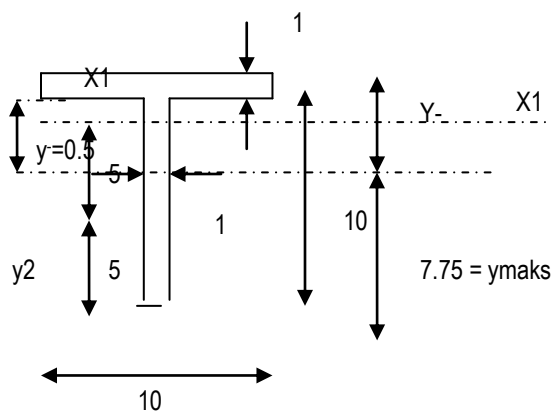
$$M_p = Z \cdot \sigma_y = 310 \cdot 2530 = 784300 \text{ kg.cm}$$

$$= 7.843 \text{ t.m}$$

Contoh lain

e). Penampang T

Tentukan factor bentuk dan MP bila $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$



penempatan sb netral (x-x) terhadap sisi atas berjarak \hat{y}

$$\bar{y} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 0,5 + 10 \cdot 1 \cdot (5+1)}{10 \cdot 1 + 10 \cdot 1} = 3,25 \text{ cm}$$

Momen inersia penampang terhadap sb x-x

$$\begin{aligned} I_{xx} &= \left(\frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 1^3 + 10 \cdot 1 \cdot (3,25 - 0,5)^2 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10 \cdot (5 - (3,25 - 0,5))^2 \right) \\ &= \left(\frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 1^3 + 10 \cdot 1 \cdot (2,75)^2 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10 \cdot (2,75)^2 \right) \\ &= 236,66 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$S = \frac{I_{xx}}{Y_{maks}} = \frac{236,66}{7,75} = 30,53 \text{ cm}^3$$

Modulus plastis penampangnya dengan menempatkan sumbu sama luas

$$\text{Luas total penampang } A = 10 \cdot 1 + 10 \cdot 1 = 20 \text{ cm}^2$$

$$\text{Setengah luas } A/2 = 10 \text{ cm}^2$$

Sumbu x-x menggambarkan sumbu sama luas penampang

$$Z = A/2 (y_1 + y_2) = 10 (0,5 + 5) = 55 \text{ cm}^2$$

$$\text{Factor bentuk : } f = Z/S = 55/30,53 = 1,805$$

Momen plastis penampang

$$M_p = Z \cdot \sigma_y = 55 \cdot 2530 = 139150 \text{ kg.cm} = 1,4 \text{ ton.m}$$

FAKTOR BEBAN dan FAKTOR KEAMANAN

Safety faktor , SF

Teori elastis $S_f = \sigma_y / \sigma$

Dimana σ_y = tegangan leleh

σ = tegangan izin

Atau : beban pada tegangan leleh / beban kerja

Beban kerja : beban yang menimbulkan tegangan izin max

Teori plastis, $S_f = M_p / M$

Dimana M_p = momen plastis

M = momen elastis

Atau hasil bagi antara kapasitas beban max dengan beban kerja

Faktor beban atau faktor keamanan

$$M_p / M = (Z \cdot \sigma_y) / (S \cdot \sigma) = (f \cdot S \cdot \sigma_y) / (S \cdot \sigma) = \sigma_y \cdot f / \sigma$$

Factor beban (misal Q) adalah ratio beban runtuh = W_c terhadap beban kerja W_w

$$Q = W_c / W_w$$

Momen lentur berbanding lurus dengan beban terpasangnya $M_e = k \cdot W_w$

Momen Plastis berbanding lurus dengan beban runtuhnya $M_p = k \cdot W_c$

$$Q = W_c / W_w = M_p / M = \sigma_y \cdot f / \sigma = S_f \cdot f$$

$$Q = S_f \cdot f$$

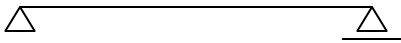
(faktor beban = faktor bentuk x safety faktor)

Faktor Beban untuk Beberapa Penampang

Penampang	σ		$S_f =$	Faktor bentuk	Faktor beban
	(ksi)	(Mpa.)	σ_y / σ	f	$Q = S_f \cdot f$
Rolled	20	138	33/20	1.12	1.85
Segi empat	20	138	33/20	1.50	2.48
Segi empat	24	165	33/24	1.50	2.06
Segi empat	26	179	33/24	1.50	1.90
Lingkaran	30	207	33/30	1.70	1.87

Keterangan :

Balok sendi-rol dengan penampang segi empat (disain elastis)



$\sigma = 20$ ksi (teg ijin) , maka $Q = 2.48$

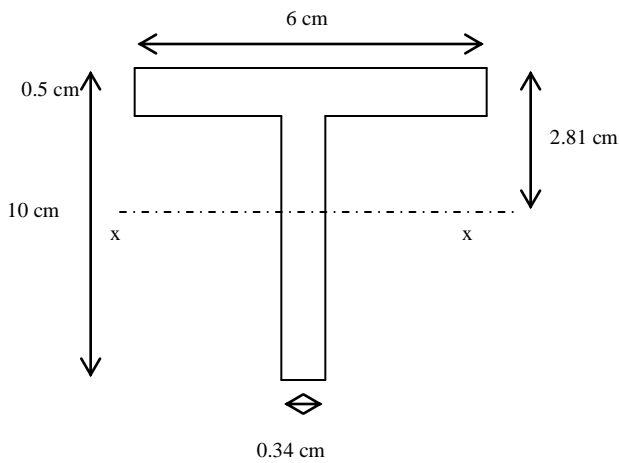
Artinya :

Balok tidak runtuh hingga beban mencapai 2.48 x beban rencana

Jika $\sigma = 26$ ksi (teg ijin) , maka $Q = 1.90$ x beban rencana

Beberapa Contoh lainnya (Tidak simetris)

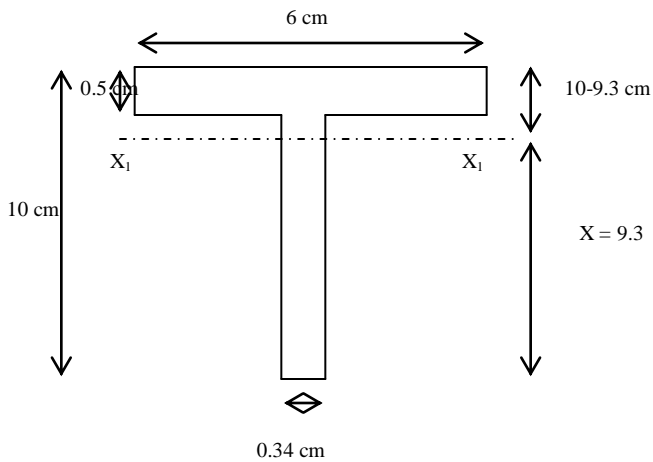
1. Diketahui :



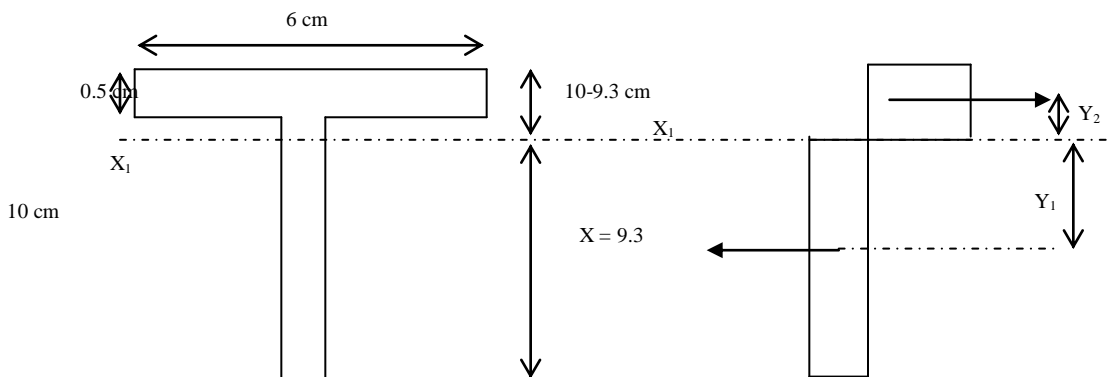
- $B = 6 \text{ cm}$
- $D = 10 \text{ cm}$
- $t_f = 0.5 \text{ cm}$
- $t_w = 0.34 \text{ cm}$
- $A = 6.32 \text{ cm}^2$
- $I_{xx} = 63.5 \text{ cm}^4$
- $C_{xx} = 2.81 \text{ cm}$

Modulus elastis penampang

$S = I_{xx} / y$, dimana $y = 10 - 2.81 = 7.19 \text{ cm}$ (jarak terjauh)
 $S = 63.6 / 7.19 = 8.85 \text{ cm}^3$



Misalkan sumbu sama luas x_1-x_1 sejarak x dari serat tepi bawah (jarak terjauh)
 $0.34 x = \frac{1}{2} A$
 $x = \frac{1}{2} \cdot 6.32 / 0.34 = 9.3 \text{ cm}$



Modulus plastis $Z = \frac{1}{2} A (y_1 + y_2) = \frac{1}{2} A (y_1) + \frac{1}{2} A (y_2)$

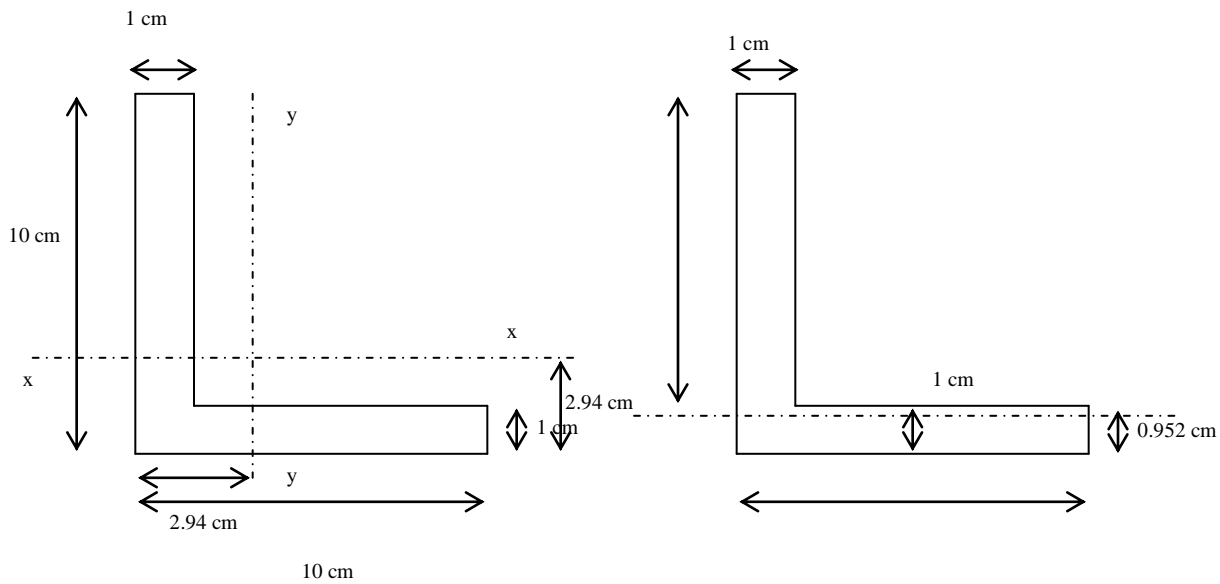
$$Z = 0.34 \cdot 9.3 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 9.3) + (6 \cdot 0.5) (0.7-0.25) + (0.34 \cdot 0.2) (\frac{1}{2} \cdot 0.2)$$

$$= 16.06 \text{ cm}^3$$

$$\text{Faktor bentuk} = Z/S = 16.06 / 8.85 = 1.815$$

$$M_p = z \sigma_y$$

Contoh :



$$B = 10 \text{ cm}$$

$$D = 10 \text{ cm}$$

$$C_{xx} = C_{yy} = 2.84 \text{ cm}$$

$$A = 19.03 \text{ cm}^2$$

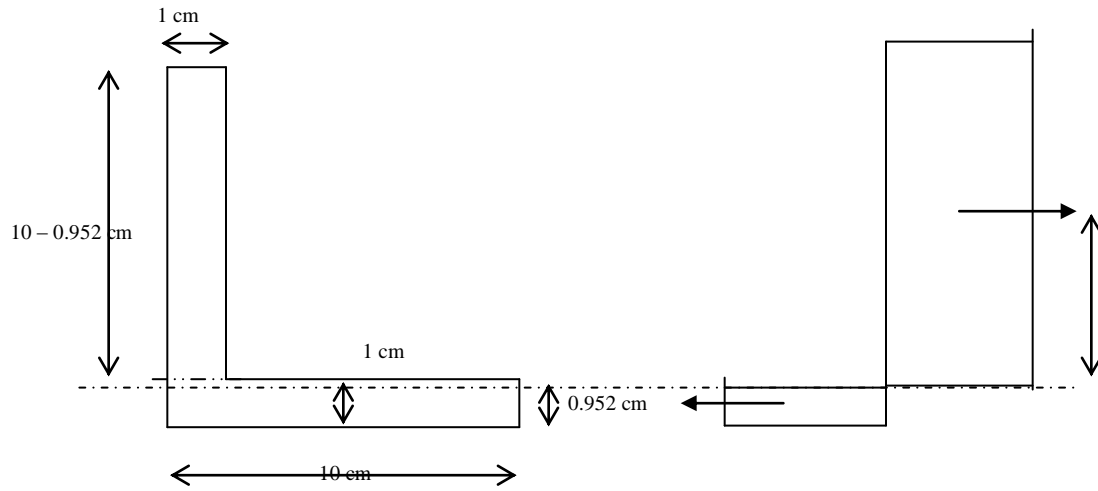
$$I_{xx} = 177 \text{ cm}^4$$

$$I_{yy} = 177 \text{ cm}^4$$

$$\text{Modulus elastis penampang} : S = I_{xx} / y = 177 / (10-2.84) = 24.72 \text{ cm}^3$$

$$\text{Misal sumbu sama luas } x_1 - x_1 \rightarrow 10 x = \frac{1}{2} A \rightarrow x = 19.03 / 2 \cdot 1/10 = 0.952 \text{ cm}$$

$$\text{Modulus Plastis penampang} : Z = \frac{1}{2} A (y_1 + y_2) = \frac{1}{2} A (y_1) + \frac{1}{2} A (y_2)$$



$$Z = 0.952 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.952 + \{(10-1) \cdot 1 \cdot (9.048/2 + 0.048) + 10 \cdot 0.048 \cdot (1/2 \cdot 0.048)\}$$

$$Z = 45.691 \text{ cm}$$

$$\text{Faktor bentuk } Z / S = 45.691 / 24.72 = 1.848$$

Persyaratan (PPBBI)

1. Perhitungan struktur dengan analisis metoda plastis berlaku :
 - Balok dengan dua tumpuan dan balok menerus
 - Portal dengan sambungan kaku
 - Bangunan bertingkat max 2 lantai
2. Faktor beban (λ) kekuatan :
 - Beban mati $\lambda = 1.7$
 - Beban sementara $\lambda = 1.3$
3. harus dapat ditunjukkan bahwa akibat beban sebesar λ kali beban yang bekerja, kekuatan batas tidak dilampaui.
4. Faktor beban untuk stabilitas struktur :
 - Beban mati yang menjamin stabilitas konstruksi $\lambda = 0.9$
 - Beban hidup yang menjamin stabilitas konstruksi $\lambda = 1.0$
 - Beban mati yang mengurangi stabilitas konstruksi $\lambda = 1.50$
 - Beban hidup yang mengurangi stabilitas konstruksi $\lambda = 2.0$
5. Faktor Beban untuk saat pemasangan struktur $\lambda = 1.4$
6. Faktor Beban untuk menghitung lendutan $\lambda = 1.0$
7. Beban Hitungan dalam PPBBI = λ x beban yang bekerja
8. Penampang yang dipakai : I , H & persegi empat , $\sigma_y \leq 3600 \text{ kg/cm}^2$