

BAB V

PELAKSANAAN DAN HASIL PENGUJIAN

5.1 Umum

Penelitian Tugas Akhir ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Urutan pelaksanaan percobaan yang dilakukan dalam penelitian akan dibahas dalam bab ini, yaitu persiapan bahan, uji kapasitas lentur, analisis balok utuh, analisis balok *Castella*.

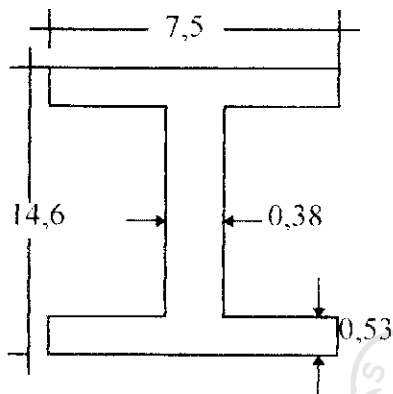
5.2 Analisis Pembebanan pada Balok Sampel

Sebelum pengujian dilaksanakan, terlebih dahulu ditinjau seberapa besar beban yang akan dihasilkan oleh masing-masing balok sampel secara teoritis. Adapun beban yang dihasilkan secara teoritis untuk setiap balok sampel adalah sebagai berikut ini.

5.2.1 Balok Sampel 1

Profil yang digunakan untuk pengujian di Laboratorium adalah profil I WF 150 dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d_b &= 14,6 \text{ cm} = 5,748 \text{ in} & t_w &= 0,38 \text{ cm} = 0,1496 \text{ in} \\
 b_f &= 7,5 \text{ cm} = 2,9528 \text{ in} & t_f &= 0,53 \text{ cm} = 0,2087 \text{ in} \\
 A_f &= b_f \cdot t_f = 2,9528 \times 0,2087 = 0,6163 \text{ in}^2 \\
 \frac{d}{A_f} &= \frac{5,748}{0,6163} = 9,3266 \text{ in}^{-1} \\
 F_y &= 5620,8482 \text{ kg/cm}^2 = 36,2635 \text{ kips}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.1 Tampang melintang balok sampel 1

Checking terhadap kekompakkan, Geometri penampang :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{7,5}{2 \times 0,53} = 7,0755 \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}} = \frac{65}{\sqrt{36,2635}} = 10,75 \dots \text{ok}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{14,60}{0,38} = 38,4210 \leq \frac{640}{\sqrt{F_y}} = \frac{640}{\sqrt{36,2635}} = 106,2784 \dots \text{ok}$$

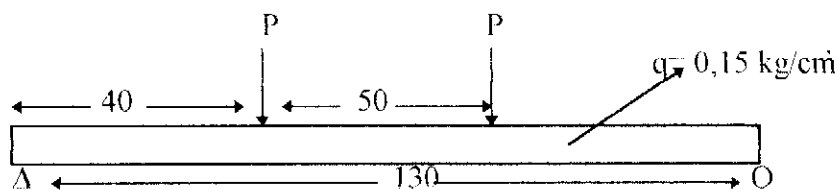
$$L_b = \text{jarak dukungan lateral} = 130 \text{ cm} = 51,1811 \text{ in}$$

$$L_c = \frac{76 \times b_f}{\sqrt{F_y}} = \frac{76 \times 2,9528}{\sqrt{36,2635}} = 37,2695 \text{ in}$$

$$I_u = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot x I_y'} = \frac{20000}{0,6163 \cdot 36,2635} = 894,8868 \text{ in}$$

$$I_c < I_b < I_u$$

Dari penampang geometri dan panjang dukungan lateral, maka dapat dikatakan bahwa penampang dalam keadaan kompak, $F_b = 0,6 F_y$



Untuk pembebanan 2 titik, momen terbesar terjadi sepanjang titik P1 sampai dengan P2, sebesar :

$$M_{\text{maks}} = P \cdot X - 1/8 \cdot q \cdot L^2$$

$$= P \times 40 - 1/8 \times 0,15 \times 130^2$$

$$M_{\text{maks}} = 40P - 316,875 \text{ kg} \cdot \text{cm} \dots \dots \dots (1)$$

Untuk penampang kompak dan tidak berubah bentuk, maka :

$$F_b = 0,60 \times F_y$$

$$= 0,60 \times 5620,8482$$

$$= 3372,5089 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 1/12 \times 7,5 \times 14,6^3 - 2 \times (1/12 \times 3,56 \times 13,54^3)$$

$$= 472,2478 \text{ cm}^4$$

$$f_b \geq f_b = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$M \leq \frac{f_b \cdot I}{y}$$

$$M \leq \frac{3372,5089 \times 472,2478}{7,3}$$

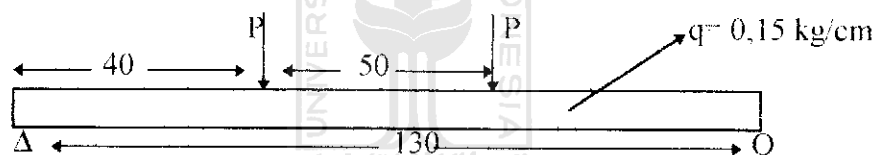
$$M \leq 218172,5902 \text{ kg.cm} \dots \dots \dots (2)$$

Dari persamaan (1) dan (2) didapat:

$$218172,5902 = 40 \cdot P - 316,875$$

$$P_{\min} = 5462,3117 \text{ kg}$$

5.2.2 Balok Sampel 2



Untuk pembebanan 2 titik, momen terbesar terjadi sepanjang titik P1 sampai dengan P2, sebesar :

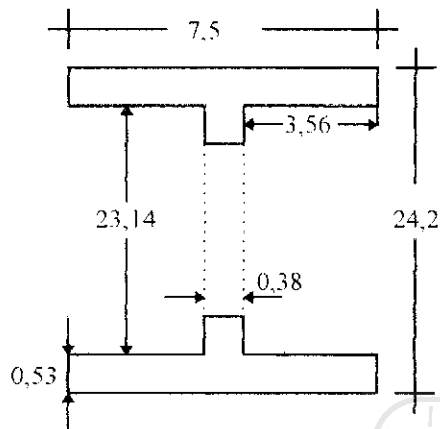
$$M_{\max} = P \cdot X - 1/8 \cdot q \cdot L^2$$

$$= P \times 40 - 1/8 \times 0,15 \times 130^2$$

$$M_{\max} = 40P - 316,875 \text{ kg.cm} \dots \dots \dots (1)$$

Kemudian dicari momen lentur dengan metode elastis akibat adanya pembebanan sebesar P dan lendutan yang terjadi. Adapun data-data sampel profil yang dipakai sebagai bahan uji adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}
 b_f &= 7,5 \text{ cm} & t_f &= 0,53 \text{ cm} \\
 t_w &= 0,38 \text{ cm} & d_g &= (14,6 - 2,5) \times 2 = 24,2 \text{ cm} \\
 h_w &= 23,14 \text{ cm} & h_p &= 24,2 - 2,5 \times 2 = 19,2 \text{ cm} \\
 V_f &= \frac{1}{2} P_{total}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.2 Tampang melintang balok sampel 2

1. Menghitung luas profil

$$\begin{aligned}
 A &= 2.A_f + A_w \\
 &= 2.(b_f \cdot t_f) + t_w \cdot h_w \\
 &= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 23,14 \\
 &= 16,7432 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

2. Menghitung tegangan akibat beban yang bekerja



$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_p = 5620,8482 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \times \left(\frac{9,6}{0,38}\right)^2\right) \times 0,6 \times 5620,8482 = 324,1040 \text{ kg/cm}^2$$

3. Menghitung inersia balok dengan anggapan tidak ada lubang pada balok :

$$I_x = \frac{1}{12} \times b_f \times d_g^3 - 2 \left(\frac{1}{12} \times 3,56 \times 23,14^3 \right) + \frac{1}{12} \times t_w \times h_p^3$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times 7,5 \times 24,2^3 - 2 \times \left(\frac{1}{12} \times 3,56 \times 23,14^3 \right) - \frac{1}{12} \times 0,38 \times 19,2^3$$

$$I_x = 1281,9543 \text{ cm}^4$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a = \frac{1}{2} d_g = \frac{24,2}{2} = 12,1 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = \frac{I_x}{y_a} = \frac{1281,9543}{12,1} = 105,9466 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h \cdot A_y} + \frac{V_y \cdot e}{4 \cdot S_b}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_y \cdot e}{4 \cdot S_b} \right) \times h_p \times A$$

$$M = \left(324,1040 - \frac{P \times 5}{4 \times 105,9466} \right) \times 19,2 \times 16,7432$$

$$M = \left(324,1040 - \frac{5 \cdot P}{423,7864} \right) \times 321,4694$$

$$M = 104189,5184 - 3,7928 \cdot P \dots \dots \dots (2)$$

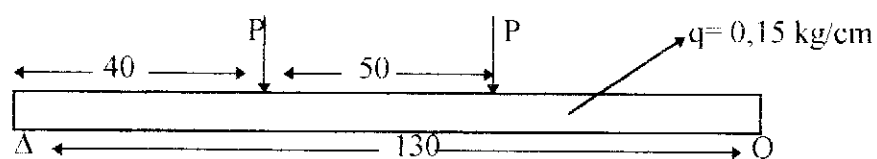
Dari persamaan (1) dan (2), maka didapat besarnya P adalah :

$$104189,5184 - 3,7928 \cdot P - 40 \cdot P - 316,875$$

$$103872,6434 = 43,7928 \cdot P$$

$$P_{\min} = 2386,3829 \text{ kg}$$

5.2.3 Balok Sampel 3



Untuk pembebanan 2 titik, momen terbesar terjadi sepanjang titik P1 sampai dengan P2, sebesar :

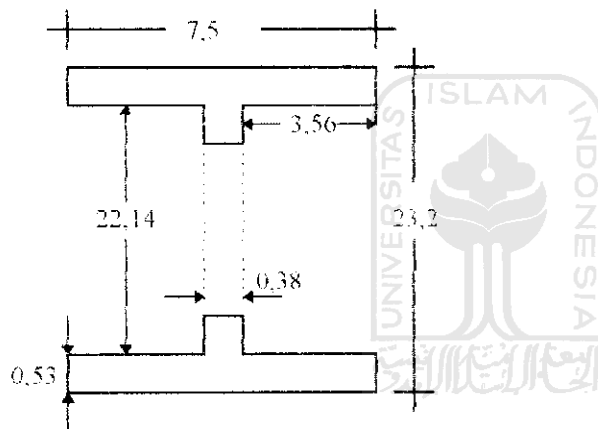
$$M_{\max} = P \cdot X - 1/8 \cdot q \cdot L^2$$

$$= P \times 40 - 1/8 \times 0,15 \times 130^2$$

$$M_{\max} = 40P - 316,875 \text{ kg.cm} \dots \dots \dots (1)$$

Kemudian dicari momen lentur dengan metode elastis akibat adanya pembebanan sebesar P dan lendutan yang terjadi. Adapun data-data sampel profil yang dipakai sebagai bahan uji adalah berikut ini.

$$\begin{aligned} b_f &= 7,5 \text{ cm} & t_f &= 0,53 \text{ cm} \\ t_w &= 0,38 \text{ cm} & d_g &= (14,6 - 3) \times 2 = 23,2 \text{ cm} \\ h_w &= 22,14 \text{ cm} & h_p &= 24,2 - 3 \times 2 = 17,2 \text{ cm} \\ V_f &= \frac{1}{2} P_{\text{total}} \end{aligned}$$



Gambar 5.3 Tampang melintang balok sampel 3

1. Menghitung luas profil

$$\begin{aligned} A &= 2.A_f + A_w \\ &= 2.(b_f \cdot t_f) + t_w \cdot h_w \\ &= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 22,14 \\ &= 16,3632 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2. Menghitung tegangan akibat beban yang bekerja

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 5620,8482 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \times \left(\frac{8,6}{0,38}\right)^2\right) \times 0,6 \times 5620,8482 = 926,111 \text{ kg/cm}^2$$

3. Menghitung inersia balok dengan anggapan tidak ada lubang pada balok :

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b_f \cdot d_g^3 - 2 \left(\frac{1}{12} \times 3,56 \times 22,14^3 \right) - \frac{1}{12} \cdot t_w \cdot h_p^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 7,5 \times 23,2^3 - 2 \left(\frac{1}{12} \times 3,56 \times 22,14^3 \right) - \frac{1}{12} \times 0,38 \times 17,2^3$$

$$I_g = 1204,1505 \text{ cm}^4$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a = \frac{1}{2} dg = \frac{1}{2} 23,2 = 11,6 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = I_g / y_a = \frac{1204,1505}{11,6} = 103,8061 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h.A} + \frac{V_T \cdot c}{4.S_b}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_T \cdot c}{4.S_b} \right) \times h.A$$

$$M = \left(926,111 - \frac{5.P}{4 \times 103.8061} \right) \times 17,2 \times 16,3632$$

$$M = 260651,1626 - 3,3891.P \dots \dots \dots (2)$$

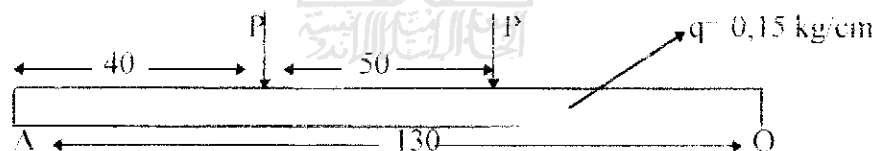
Dari persamaan (1) dan (2), maka didapat besarnya P adalah :

$$260951,1626 - 3,3891.P = 40.P - 316,875$$

$$260334,2876 = 43,3891.P$$

$$P_{\min} = 6014,5990 \text{ kg}$$

5.2.4 Balok Sampel 4



Untuk pembebanan 2 titik, momen terbesar terjadi sepanjang titik P1 sampai dengan P2, sebesar :

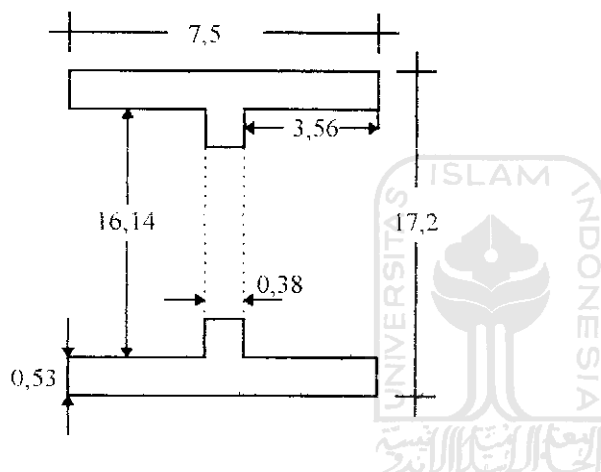
$$M_{\max} = P.X - 1/8.q.L^2$$

$$= P \times 40 - 1/8 \times 0,15 \times 130^2$$

$$M_{\max} = 40P - 316,875 \text{ kg.cm} \dots \dots \dots (1)$$

Kemudian dicari momen lentur dengan metode elastis akibat adanya pembebanan sebesar P dan lendutan yang terjadi. Adapun data-data sampel profil yang dipakai sebagai bahan uji adalah berikut ini.

$$\begin{aligned} b_f &= 7,5 \text{ cm} & t_f &= 0,53 \text{ cm} \\ t_w &= 0,38 \text{ cm} & d_g &= (14,6 - 6) \times 2 = 17,2 \text{ cm} \\ h_w &= 16,14 \text{ cm} & h_p &= 17,2 - 6 \times 2 = 5,2 \text{ cm} \\ V_T &= \frac{1}{2} P_{total} \end{aligned}$$



Gambar 5.4 Tampang melintang balok sampel 4

1. Menghitung luas profil

$$\begin{aligned} A &= 2 \cdot A_f + A_w \\ &= 2 \cdot (b_f \cdot t_f) + t_w \cdot h_w \\ &= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 16,14 \\ &= 14,0832 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2. Menghitung tegangan akibat beban yang bekerja

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 5620,8482 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \times \left(\frac{2,6}{0,38} \right)^2 \right) \times 0,6 \times 5620,8482 = 3148,9032 \text{ kg/cm}^2$$

3. Menghitung inersia balok dengan anggapan tidak ada lubang pada balok :

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \cdot b_f \cdot d_g^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 16,14^3) - 1/12 \cdot t_w \cdot (h_p)^3 \\ &= 1/12 \times 7,5 \times 17,2^3 - 2 \times (1/12 \times 3,56 \times 16,14^3) - 1/12 \times 0,38 \times 5,2^3 \\ &= 681,1790 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a = \frac{1}{2} d_g = \frac{1}{2} 17,2 = 8,6 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = \frac{I_g}{y_a} = \frac{681,1790}{8,6} = 79,2069 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h.A} + \frac{V_t \cdot e}{4.S_b}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_t \cdot x e}{4.S_b} \right) \times h.A$$

$$M = \left(3148,9032 - \frac{5.P}{4 \times 79,2069} \right) \times 5,2 \times 14,0832$$

$$M = 230602,3742 - 1,1557.P \dots \dots \dots (2)$$

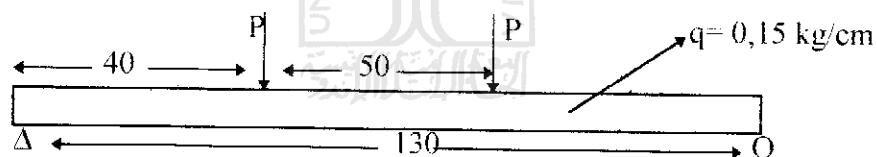
Dari persamaan (1) dan (2), maka didapat besarnya P adalah :

$$230602,3742 - 1,1557.P = 40.P - 316,875$$

$$230919,2492 = 41,1557.P$$

$$P_{\min} = 5610,8692 \text{ kg}$$

5.2.5 Balok Sampel 5



Untuk pembebanan 2 titik, momen terbesar terjadi sepanjang titik P₁ sampai dengan P₂, sebesar :

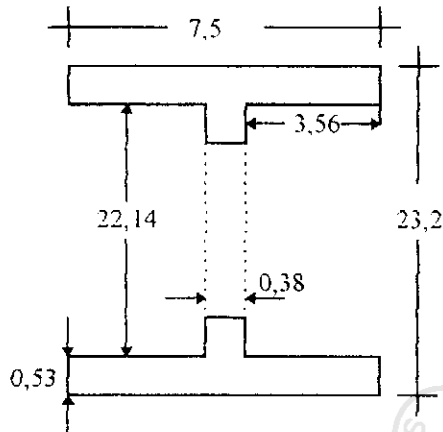
$$M_{\max} = P.X - 1/8.q.L^2$$

$$= P \times 40 - 1/8 \times 0,15 \times 130^2$$

$$M_{\max} = 40P - 316,875 \text{ kg.cm} \dots \dots \dots (1)$$

Kemudian dicari momen lentur dengan metode elastis akibat adanya pembebanan sebesar P dan lendutan yang terjadi dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 b_f &= 7,5 \text{ cm} & t_f &= 0,53 \text{ cm} \\
 t_w &= 0,38 \text{ cm} & d_g &= (14,6 - 3) \times 2 = 23,2 \text{ cm} \\
 h_w &= 22,14 \text{ cm} & h_p &= 23,2 - 3 \times 2 = 17,2 \text{ cm} \\
 V_T &= \frac{1}{2} P_{total}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.5 Tampang melintang balok sampel 5

1. Menghitung luas profil

$$\begin{aligned}
 A &= 2.A_f + A_w \\
 &= 2.(b_f \cdot t_f) + t_w \cdot h_{bt} \\
 &= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 22,14 \\
 &= 16,3632 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$h_b = 2 \times h_{bt} = 2 \times 11,07 = 22,14 \text{ cm}$$

2. Menghitung tegangan akibat beban yang bekerja

$$E = 2,1 \times 10^3 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_v = 5620,8482 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \times \left(\frac{8,6}{0,38} \right)^2 \right) \times 0,6 \times 5620,8482 = 926,1110 \text{ kg/cm}^2$$

3. Menghitung inersia balok dengan anggapan tidak ada lubang pada balok :

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \cdot b \cdot f \cdot d_g^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 22,14^3) - 1/12 \cdot t_w \cdot (2 \cdot h_p)^3 \\ &= 1/12 \cdot 7,5 \cdot 23,2^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 22,14^3) - 1/12 \cdot 0,38 \cdot 17,2^3 \\ &= 1204,1505 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a = \frac{1}{2} d_g = \frac{1}{2} 23,2 = 11,6 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = I_g / y_a = \frac{1204,1505}{11,6} = 103,8061 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h \cdot A} + \frac{V_f \cdot e}{4 \cdot S_b}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_f \cdot xe}{4 \cdot S_b} \right) \cdot xh \cdot A$$

$$M = \left(926,111 - \frac{10 \cdot P}{4 \cdot 103,8061} \right) \cdot 17,2 \cdot 16,3632$$

$$M = 260651,1626 - 6,7782 \cdot P \dots \dots \dots (2)$$

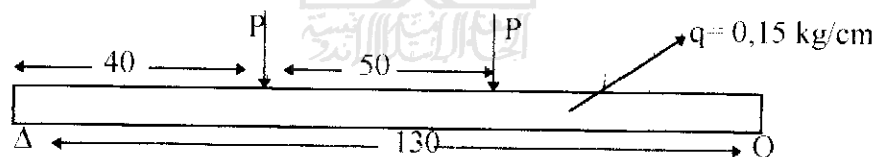
Dari persamaan (1) dan (2), maka didapat besarnya P adalah :

$$260651,1626 - 6,7782 \cdot P = 40 \cdot P - 316,875$$

$$260968,0375 = 46,7782 \cdot P$$

$$P_{\min} = 5578,8388 \text{ kg}$$

5.2.6 Balok Sampel 6



Untuk pembebanan 2 titik, momen terbesar terjadi sepanjang titik P1 sampai dengan P2, sebesar :

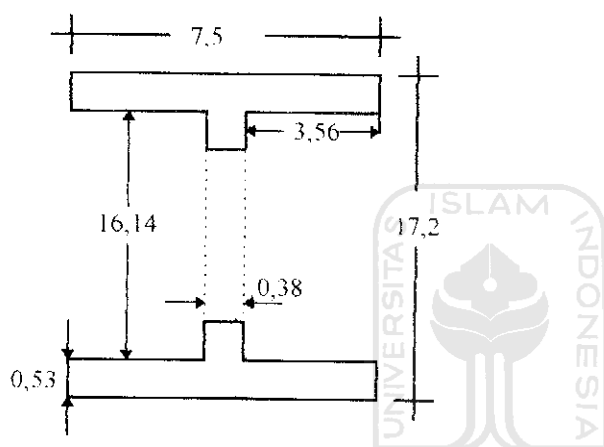
$$M_{\max} = P \cdot X - 1/8 \cdot q \cdot L^2$$

$$= P \cdot 40 - 1/8 \cdot 0,15 \cdot 130^2$$

$$M_{\max} = 40P - 316,875 \text{ kg.cm} \dots \dots \dots (1)$$

Kemudian dicari momen lentur dengan metode elastis akibat adanya pembebanan sebesar P dan lendutan yang terjadi. Adapun data-data sampel profil yang dipakai sebagai bahan uji adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} b_f &= 7,5 \text{ cm} & t_f &= 0,53 \text{ cm} \\ t_w &= 0,38 \text{ cm} & d_g &= (14,6 - 6) \times 2 = 17,2 \text{ cm} \\ h_w &= 16,14 \text{ cm} & h_p &= 17,2 - 6 \times 2 = 5,2 \text{ cm} \\ V_T &= \frac{1}{2} P_{total} \end{aligned}$$



Gambar 5.6 Tampang melintang balok sampel 6

1. Menghitung luas profil

$$\begin{aligned} A &= 2.A_f + A_w \\ &= 2.(b_f \cdot t_f) + t_w \cdot h_{bt} \\ &= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 16,14 \\ &= 14,0832 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$h_b = 2 \times h_{bt} = 2 \times 8,07 = 16,14 \text{ cm}$$

2. Menghitung tegangan akibat beban yang bekerja

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 5620,8482 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \times \left(\frac{2,6}{0,38} \right)^2 \right) \times 0,6 \times 5620,8482 = 3148,9032 \text{ kg/cm}^2$$

3. Menghitung inersia balok dengan anggapan tidak ada lubang pada balok :

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \cdot b \cdot f \cdot d_g^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 16,14^3) - 1/12 \cdot t_w \cdot (2 \cdot h_p)^3 \\ &= 1/12 \times 7,5 \times 17,2^3 - 2 \times (1/12 \times 3,56 \times 16,14^3) - 1/12 \times 0,38 \times 5,2^3 \\ &= 681,1790 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a = \frac{1}{2} d_g = \frac{1}{2} 17,2 = 8,6 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = I_g / y_a = \frac{681,1790}{8,6} = 79,2069 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h \cdot A} + \frac{V_r \cdot e}{4 \cdot S_b}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_r \cdot e}{4 \cdot S_b} \right) \cdot h \cdot A$$

$$M = \left(3148,9032 - \frac{10 \cdot P}{4 \cdot 79,2069} \right) \cdot 5,2 \cdot 14,0832$$

$$M = 230602,3742 - 2,3114 \cdot P \dots \dots \dots (2)$$

Dari persamaan (1) dan (2), maka didapat besarnya P adalah :

$$230602,3742 - 2,3114 \cdot P = 40 \cdot P - 316,875$$

$$230919,2492 - 42,3114 \cdot P$$

$$P_{\min} = 5457,6131 \text{ kg}$$



5.3 Hasil Pengujian di Laboratorium

5.3.1 Hasil Pengujian Tarik

Adapun hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel 5.1 dengan karakteristik bahan sebagai berikut ini.

tw – tebal sampel = 0,38 cm,

hw = lebar bagian sampel yang di potong = 1,03 cm,

h = lebar sampel yang tidak dipotong/dikurangi panjangnya = 3 cm.

Untuk menghitung tegangan dan regangan setiap pembebanan, maka diperlukan:

A = luas bagian yang dipotong

$$= hw \cdot tw = 0,38 \times 1,03 = 0,3914 \text{ cm}^2$$

Lo = panjang bagian yang dipotong = 5,2 cm.

Tabel 5.1 Tegangan dan regangan plat badan.

Beban(P) (kg)	ΔL (1×10^{-3} cm)	σ (P/A) kg/cm ²	ϵ ($\Delta L/L_0$) 1×10^{-3}
100	7	255,4913	0,13
200	17	510,9862	3,2692
300	20	766,4793	3,8461
400	22,5	1021,9724	4,3269
500	24	1277,4655	4,6154
600	25	1532,9586	4,8077
700	26	1788,4517	5,0000
800	27	2043,9448	5,1923
900	29	2294,4379	5,5769
1000	30	2554,9310	5,7692
1100	31	2810,4241	5,9615
1200	31	3065,9172	5,9615
1300	33	3321,4103	6,3461
1400	34	3576,9034	6,5385
1500	34	3832,3965	6,5385
1600	34,5	4087,8896	6,6346
1700	34,5	4343,3828	6,6346
1800	37	4598,8758	7,1154
1900	50	4854,3689	9,6153
2200	103	5620,8482	19,8076
2570	550	6566,1727	105,7692
2690	570	6872,7644	109,6154
2750	590	7026,0060	113,4615
2680	610	6847,2151	117,3077

σ_{maks} = tegangan maksimum yang dicapai pada pembebanan 2750 kg

adalah 7026,0060 kg/cm²

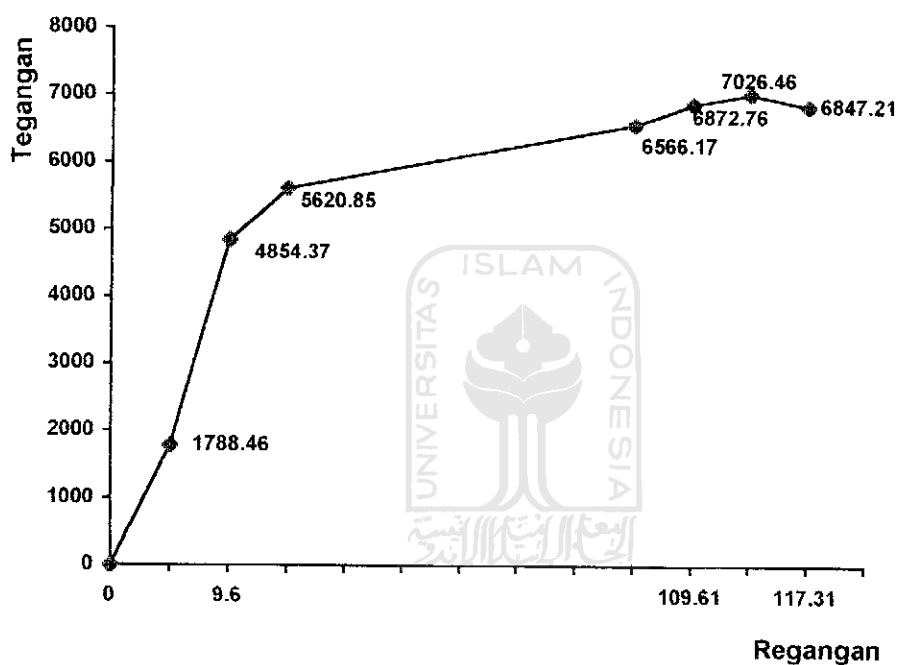
σ_y = tegangan leleh yang terjadi pada pembebanan 2200 kg adalah

5620,8482 kg/cm²

σ_p – batas sebanding antara tegangan dan regangan pada beban 1900 kg adalah 4854,3689 kg/cm²

σ_e = batas leleh baja pada beban 2570 kg adalah 6566,1722 kg/cm²

Kurva tegangan dan regangan yang terjadi disajikan pada grafik 5.1 seperti dibawah ini.



Grafik 5.1 Kurva Tegangan dan Regangan

5.3.2 Hasil Pengujian Lentur

Hasil pengujian kapasitas lentur di Laboratorium berupa beban dan lendutan yang terjadi disajikan dalam bentuk tabel, dengan skala kenaikan beban setiap satu ton dan lendutan yang terjadi dalam milimeter.

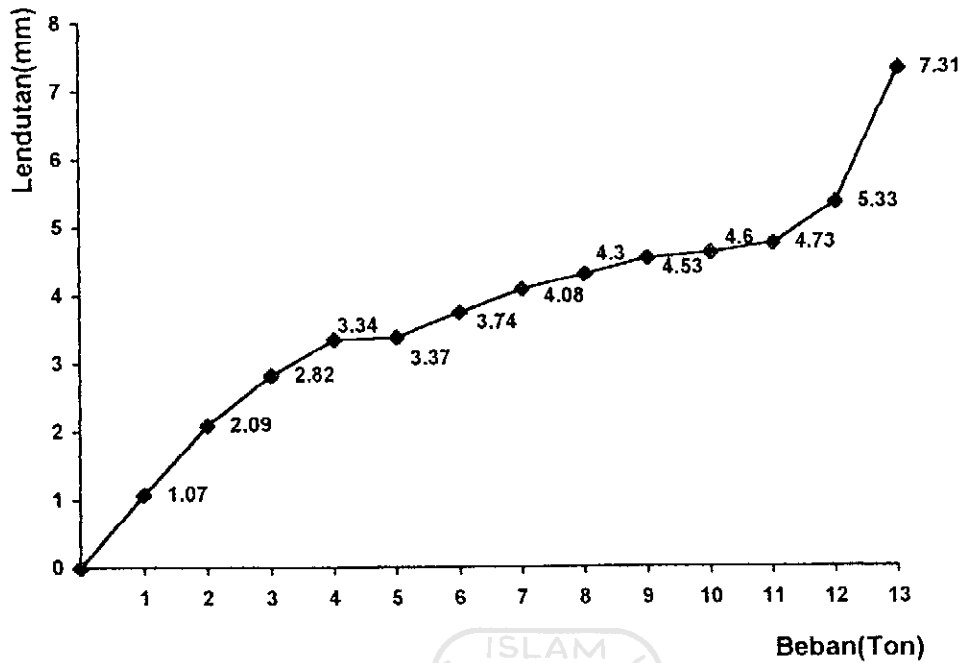
1. Balok Utuh

Yang dimaksud dengan balok utuh adalah, baja profil yang tidak dibuat menjadi balok *Castella*, artinya bentuk fisiknya masih tetap utuh. Hasil dari pengujian balok sampel berupa beban dan lendutan, kemudian dihitung besar momen yang terjadi. Momen hasil pengujian balok utuh ini akan dijadikan acuan menaikkan kapasitas lentur. Adapun hasil pengujian di laboratorium disajikan dalam tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Hasil pengujian kapasitas lentur untuk sampel 1

Beban (Ton)	Lendutan (mm)	Buckling (mm)
1	1,07	- 0,15
2	2,09	- 0,62
3	2,82	- 1,19
4	3,34	- 1,70
5	3,37	- 1,81
6	3,74	- 2,03
7	4,08	- 2,30
8	4,30	- 2,48
9	4,53	- 2,70
10	4,60	- 2,78
11	4,73	- 2,91
12	5,33	- 3,64
13	7,31	- 4,55

Pada posisi pembacaan beban sebesar 13 ton, beban tidak bertambah lagi, bahkan pada pembacaan jarum beban menunjukkan jarum cenderung turun kembali dari angka 13 ton. Total beban ditambahkan dengan berat besi rel + besi bulat 2 buah + *jack load* adalah 60 kg. Kurva beban dan lendutan yang terjadi disajikan dalam grafik 5.2 di bawah ini.



Grafik 5.2 Kurva lendutan balok sampel 1

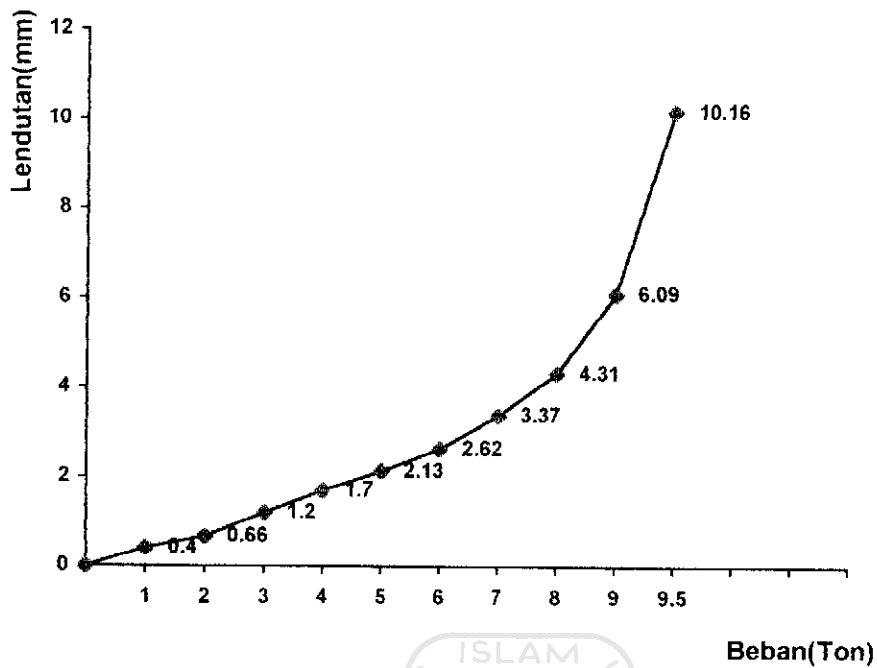
2. *Castella* Model Lubang Segi Enam dengan $dT = 2,5$ cm

Balok *Castella* model lubang segi enam adalah *modifikasi* dari balok baja profil utuh. Modifikasi balok tersebut pada badan dengan bentuk lubang segi enam. Akibat modifikasi pada badan balok tersebut maka pada balok tersebut terjadi kenaikan tinggi badan, dari d_h menjadi d_g , sehingga akan memperbesar inersia balok. Sedangkan panjang balok sampel menjadi berkurang karena ada pengurangan pada ujung - ujung batang penyambungan kembali balok yang telah dipotong (lihat penjelasan pada Bab IV). Adapun hasil pengujian balok *Castella* model lubang segi enam dengan $dT = 2,5$ cm disajikan pada tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Hasil pengujian kapasitas lentur untuk sampel 2

Beban (Ton)	Lendutan (mm)	Buckling (mm)
1	0,40	0,12
2	0,66	0,50
3	1,20	0,80
4	1,70	1,08
5	2,13	1,06
6	2,62	1,04
7	3,37	0,62
8	4,31	0,55
9	6,09	0,60
9,5	10,16	0,84

Pada posisi pembacaan beban sebesar 9,5 ton, beban tidak bertambah lagi, bahkan jarum beban cenderung turun kembali dari angka 9,5 ton. Selama pembebanan berlangsung, terjadi dua kali tekuk yang berlawanan arah, yaitu pada posisi pembacaan beban 5 ton dan posisi pembacaan beban 9 ton. Total beban ditambahkan dengan berat besi rel + Besi bulat 2 buah + *jack load* adalah 60 kg. Kurva beban terhadap lendutan untuk balok *Castella* model lubang segi enam dengan tebal *dT* sebesar 2,5 cm, dapat dilihat pada grafik 5.3 di bawah ini



Grafik 5.3 Kurva lendutan balok Castella sampel 2

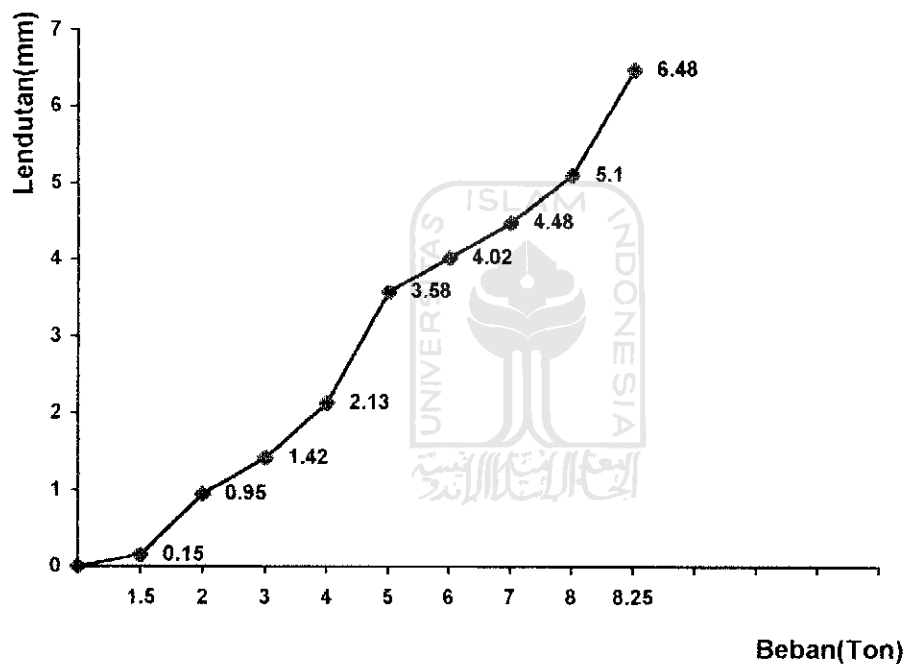
3. *Castella* Model Lubang Segi Enam dengan $dT = 3$ cm

Adapun hasil pengujian balok *Castella* model lubang segi enam dengan tebal dT sebesar 3 cm dapat dilihat pada tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Hasil pengujian kapasitas lentur untuk sampel 3

Beban (Ton)	Lendutan (mm)	Buckling (mm)
1,5	0,15	0,12
2	0,95	0,91
3	1,42	1,47
4	2,13	2,20
5	3,58	3,12
6	4,02	4,02
7	4,48	4,07
8	5,10	5,01
8,25	6,48	6,61

Pada posisi pembacaan beban sebesar 8,25 ton, beban tidak bertambah lagi, bahkan jarum beban cenderung turun kembali dari angka 8,25 ton. Total beban ditambahkan dengan berat besi rel kereta api + besi bulat 2 buah + *jack load* adalah 60 kg. Kurva beban terhadap lendutan untuk balok *Castella* model lubang segi enam dengan tebal dT sebesar 3 cm dapat dilihat pada grafik 5.4 di bawah ini.



Grafik 5.4 Kurva lendutan balok sampel 3

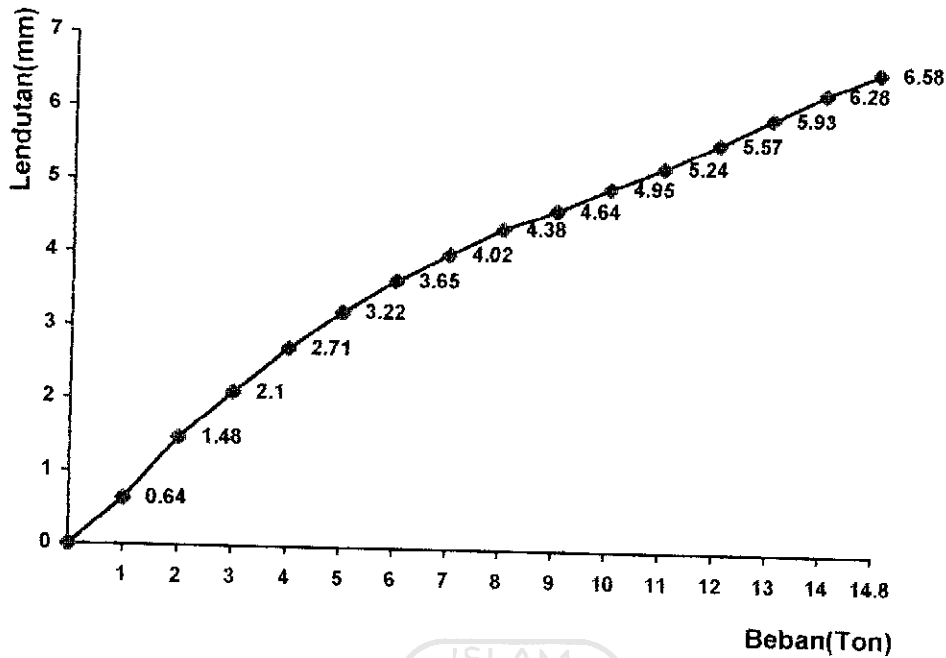
4. *Castella* Model Lubang Segi Enam dengan dT sebesar 6 cm

Adapun hasil pengujian balok *Castella* model lubang segi enam dengan tebal dT sebesar 6 cm dapat dilihat pada tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5.5 Hasil pengujian kapasitas lentur untuk sampel 4

Beban (Ton)	Lendutan (mm)	Buckling 1 (mm)	Buckling 2 (mm)
1	0,64	- 0,20	0,38
2	1,48	- 0,61	0,58
3	2,10	- 0,81	0,71
4	2,71	- 0,81	0,99
5	3,22	- 0,68	1,15
6	3,65	- 0,48	1,13
7	4,02	- 0,32	1,09
8	4,38	- 0,26	1,00
9	4,64	- 0,25	0,83
10	4,95	- 0,28	0,64
11	5,24	- 0,33	0,49
12	5,57	- 0,42	0,37
13	5,93	- 0,51	0,25
14	6,28	- 0,85	0,20
14,5	6,43	- 2,11	1,25
14,8	6,58	- 3,25	2,55

Pada posisi pembacaan beban sebesar 14,8 ton, beban tidak bertambah lagi, bahkan jarum beban cenderung turun kembali dari angka 14,8 ton. Total beban ditambahkan dengan berat besi rel kereta api + besi bulat 2 buah + *jack load* adalah 60 kg. Adapun kurva beban terhadap lendutan yang dihasilkan oleh balok *Castella* model lubang segi enam dengan tebal dT sebesar 6 cm dapat dilihat pada grafik 5.5 di bawah ini.



Grafik 5.5 Kurva lendutan balok sampel 4

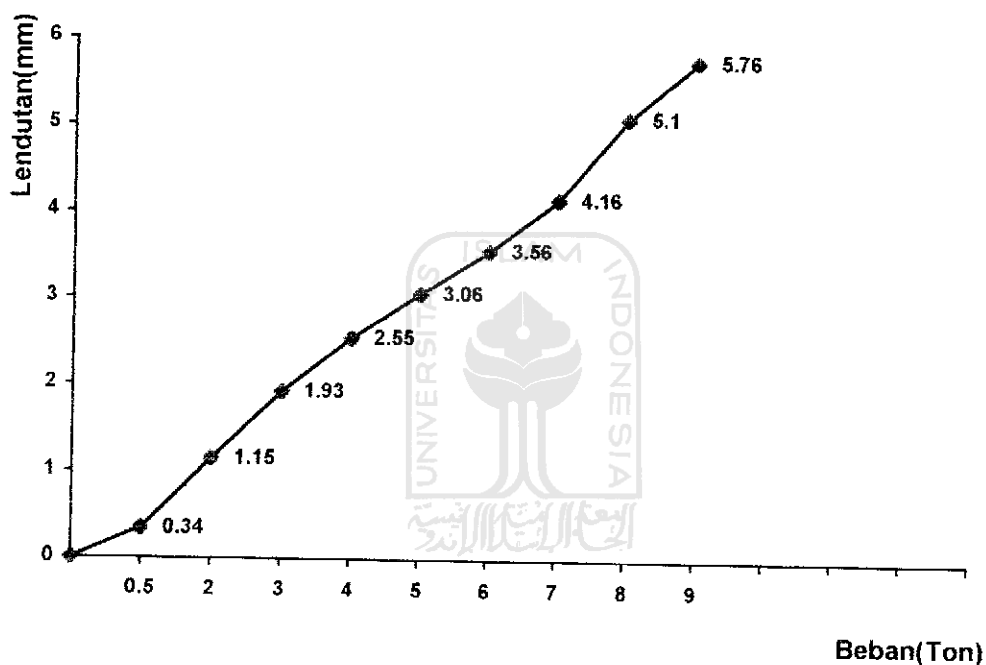
5. *Castella* Model Lubang Empat Persegi Panjang dengan $dt = 3$ cm

Adapun hasil pengujian balok *Castella* model lubang empat persegi panjang dengan ketebalan dt sebesar 3 cm disajikan dalam tabel 5.6 seperti di bawah ini.

Tabel 5.6 Hasil pengujian kapasitas lentur untuk sampel 5

Beban (Ton)	Lendutan (mm)	Buckling (mm)
0,5	0,34	0,04
2	1,15	0,07
3	1,93	0,16
4	2,55	0,20
5	3,06	0,25
6	3,56	0,23
7	4,16	0,19
8	5,10	0,15
9	5,76	0,02

Pada pembacaan 9 ton, beban tidak bertambah lagi, bahkan jarum beban cenderung menunjukkan turun. Total beban ditambahkan dengan berat besi rel kereta api + besi bulat 2 buah + *jack load* adalah 60 kg. Adapun kurva beban terhadap lendutan yang dihasilkan oleh balok *Castella* model lubang segi enam dengan tebal *dT* sebesar 6 cm adalah sebagai berikut, seperti dibawah ini.



Grafik 5.6 Kurva lendutan balok sampel 5

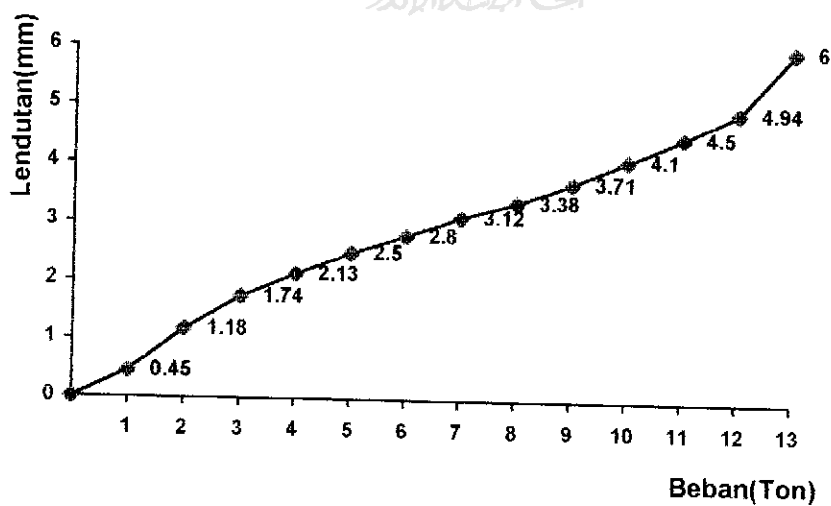
6. *Castella* Model Lubang Empat Persegi Panjang dan $dT = 6$ cm

Adapun hasil pengujian untuk balok *Castella* model lubang empat persegi panjang dengan tebal *dT* sebesar 6 cm disajikan pada tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.7 Hasil pengujian kapasitas lentur untuk sampel 6

Beban (Ton)	Lendutan (mm)	Tekuk (mm)
1	0,45	0,00
2	1,18	0,05
3	1,74	0,14
4	2,13	0,10
5	2,50	0,02
6	2,80	0,28
7	3,12	0,78
8	3,38	1,19
9	3,71	1,61
10	4,10	2,14
11	4,50	2,80
12	4,94	2,94
13	6,00	3,64

Pada pembacaan beban sebesar 13 ton, jarum beban tidak bertambah lagi bahkan cenderung turun. Kurva beban terhadap lendutan untuk balok Castella model lubang empat persegi panjang dengan tebal dt sebesar 6 cm dapat dilihat pada grafik 5.7 di bawah ini.



Grafik 5.7 Kurva lendutan balok sampel 6

5.4 Kapasitas Momen pada Balok Sampel

Pada bagian ini yang akan dicari adalah seberapa besar kapasitas momen yang dimiliki oleh setiap balok sampel, akibat pembebanan sebesar P yang dihasilkan pada eksperimen di laboratorium, dan seberapa besar kapasitas momen yang dihasilkan oleh setiap balok sampel *Castella* akibat kenaikan tinggi badan.

5.4.1 Kapasitas Momen Utuh

Kapasitas momen yang mampu didukung oleh balok sampel 1 atau balok utuh dengan beban sebesar 13000 kg adalah sebagai berikut ini.

$$P_1 = P_2 = 13000 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times 13000 + 60 = 26060 \text{ kg}$$

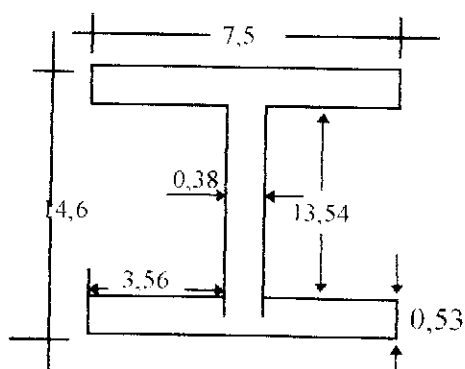
$$b_f = 7,5 \text{ cm}$$

$$t_w = 0,38 \text{ cm}$$

$$h_w = 13,54 \text{ cm}$$

$$t_f = 0,53 \text{ cm}$$

$$d_h = 14,6 \text{ cm}$$



Gambar 5.7 Tampang melintang balok utuh

1. Menghitung luas profil

$$\begin{aligned}
 A &= A_f + A_w \\
 &= bf \cdot tf + tw \cdot hbt \\
 &= 7,5 \times 0,53 + 0,38 \times 6,77 \\
 &= 6,5476 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

2. Menghitung tegangan ijin pada balok utuh

$$\begin{aligned}
 F_b &= 5620,8482 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_y &= 0,6 \times F_b = 0,6 \times 5620,8482 = 3372,5089 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

3. Menghitung luas Inersia pada profil I:

$$\begin{aligned}
 I_h &= 1/12 \cdot bf \cdot dh^3 - 2x(1/12 \cdot 3,56 \cdot 13,54^3) \\
 &= 1/12 \times 7,5 \times 14,6^3 - 2x(1/12 \times 3,56 \times 13,54^3) \\
 &= 472,2478 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

5. Menghitung besar lendutan yang terjadi

$$y_a = (h_T - \Delta_{ijin}) = (7,3 - 0,731) = 6,569 \text{ cm}$$

6. Menghitung momen yang dihasilkan oleh balok utuh

$$F_b \geq f_b = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$M \leq \frac{F_b \cdot I}{y}$$

$$M \leq \frac{3372,5089 \cdot 472,2478}{7,3} = 218172,5902 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

5.4.2 Kapasitas Momen Balok Castella

Tinjauan untuk balok Castella karena adanya kenakan tinggi badan dari dh menjadi dg , sehingga momen inersia badan juga akan ikut bertambah. Karena yang ditinjau adalah kapasitas momen maka pengaruh adanya lubang pada badan harus diperhitungkan, terhadap luas badan, inersia balok dan tegangan yang terjadi. Rumus mencari momen pada balok *Castella* adalah sebagai berikut:

Tegangan ijin *Castella* adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{kip} = \left[1 - \frac{10,434}{C_c} \times \left(\frac{h_p}{2t_w} \right)^2 \right] \times 0,6 \times \sigma$$

$$\sigma_{kip} = \frac{M}{A \cdot h_p} + \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b}$$

$$M = \left(\sigma_{kip} - \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b} \right) \times A \times h_p$$

Adapun kapasitas momen untuk balok *Castella* seperti di bawah ini.

1. Balok Sampel 2

Kapasitas momen yang mampu didukung oleh balok sampel 2 atau balok *Castella* dengan model lubang segi enam dan tebal d_T sebesar 2,5 cm adalah sebagai berikut ini.

$$P_1 = P_2 = 9500 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times 9500 + 60 = 19060 \text{ kg}$$

$$b_f = 7,5 \text{ cm}$$

$$t_f = 0,53 \text{ cm}$$

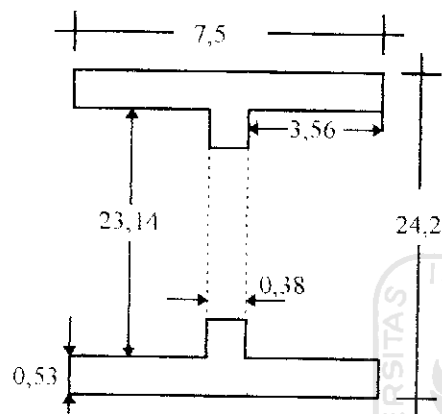
$$t_w = 0,38 \text{ cm}$$

$$d_h = 24,2 \text{ cm}$$

$$h_w = 23,14 \text{ cm}$$

$$h_p = 19,2 \text{ cm}$$

$$V_1 = \frac{1}{2} \times P_{\text{total}} = \frac{1}{2} \times 19060 = 9530 \text{ kg}$$



Gambar 5.8 Tampang melintang *Castella* sampel 2

I. Menghitung luas profil

$$A_p = 2 \cdot A_f + A_w$$

$$= 2 \times b_f \cdot t_f + t_w \cdot h_w$$

$$= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 23,14$$

$$= 16,7432 \text{ cm}^2$$

2. Menghitung tegangan akibat beban yang bekerja

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_v = 5620,8482 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot x \cdot \pi^2 \cdot x \cdot 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \cdot x \left(\frac{9,6}{0,38} \right)^2 \right) \cdot 0,6 \cdot 5620,8482 = 324,1040 \text{ kg/cm}^2$$

3. Menghitung inersia balok dengan anggapan tidak ada lubang pada balok :

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \cdot b \cdot f \cdot d g^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 23,14^3) - 1/12 \cdot t \cdot w \cdot (h p)^3 \\ &= 1/12 \cdot 7,5 \cdot 24,2^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 23,14^3) - 1/12 \cdot 0,38 \cdot 19,2^3 \\ &= 1281,9544 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a = h \cdot t - \Delta = 12,1 - 1,016 = 11,084 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = I_g / y_a = \frac{1281,9544}{11,082} = 115,6789 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h \cdot A_f} + \frac{V_f \cdot e}{4 \cdot S_h}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_f \cdot e}{4 \cdot S_h} \right) \times h_f \times A$$

$$M = \left(324,1040 - \frac{9530 \times 5}{4 \times 115,6789} \right) \times 19,2 \times 16,7432$$

$$M = 71710,1935 \text{ kg.cm}$$

2. Balok Sampel 3

Kapasitas momen yang mampu didukung oleh balok sampel 3 atau balok *Castella* dengan model lubang segi enam dan tebal dt sebesar 3 cm adalah sebagai berikut ini.

$$P_1 = P_2 = 8310 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times 8310 + 60 = 16680 \text{ kg}$$

$$b_f = 7,5 \text{ cm}$$

$$t_f = 0,53 \text{ cm}$$

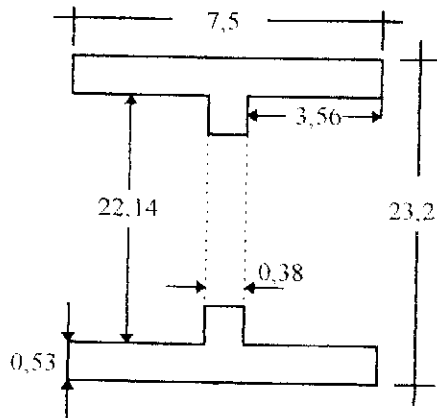
$$t_w = 0,38 \text{ cm}$$

$$d_h = 23,2 \text{ cm}$$

$$h_w = 22,14 \text{ cm}$$

$$h_p = 17,2 \text{ cm}$$

$$V_f = \frac{1}{2} \times P_{\text{total}} = \frac{1}{2} \times 16680 = 8340 \text{ kg}$$



Gambar 5.9 Tampang melintang *Castella* sampel 3

1. Menghitung luas profil

$$A_p = 2 \times A_f + A_w$$

$$= 2 \times b_f \cdot t_f + t_w \cdot h_b$$

$$= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 22,14$$

$$= 16,3632 \text{ cm}^2$$

$$h_b = 2 \times h_{bt} = 2 \times 11,07 = 22,14 \text{ cm}$$

2. Menghitung tegangan ijin yang terjadi akibat pembebanan

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_y = 5620,8482 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \times \left(\frac{8,6}{0,38} \right)^2 \right) \times 0,6 \times 5620,8482 = 926,111 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

3. Menghitung inersia dengan anggapan tidak ada lubang pada balok:

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12.bf.dg^3 - 2.(1/12.3,56.22,14^3) - 1/12.tw.17,2^3 \\ &= 1/12 \times 7,5 \times 23,2^3 - 2 \times (1/12 \times 3,56 \times 22,14) - 1/12 \times 0,38 \times 17,2^3 \\ &= 1364,7400 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a = h_t - \Delta = 11,6 - 0,648 = 10,952 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = I_g / y_a = 1364,74 / 10,952 = 124,6112 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h \cdot A_T} + \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b} \right) \times h_T \times A$$

$$M = \left(926,1111 - \frac{8340 \times 5}{4 \times 124,6112} \right) \times 17,2 \times 16,3632$$

$$M = 237105,3074 \text{ kg.cm}$$

3. Balok Sampel 4

Kapasitas momen yang mampu didukung oleh balok sampel 4 atau balok *Castella* dengan model lubang segi enam dan tebal dT sebesar 6 cm adalah sebagai berikut ini.

$$P_1 = P_2 = 14800 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times 14800 + 60 = 29660 \text{ kg}$$

$$b_p = 7,5 \text{ cm}$$

$$t_p = 0,53 \text{ cm}$$

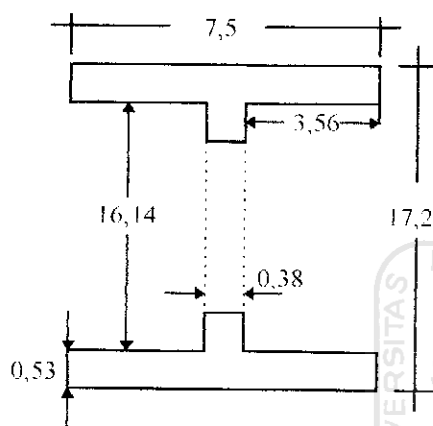
$$t_w = 0,38 \text{ cm}$$

$$d_h = 17,2 \text{ cm}$$

$$h_w = 16,14 \text{ cm}$$

$$h_p = 5,2 \text{ cm}$$

$$V_f = \frac{1}{2} \times P_{\text{total}} = \frac{1}{2} \times 29660 = 14830 \text{ kg}$$



Gambar 5.10 Tampang melintang *Castella* sampel 4

1. Menghitung luas profil

$$A_p = 2 \cdot A_f + A_w$$

$$= 2 \times b_f \cdot t_f + t_w \cdot h_b$$

$$= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 16,14$$

$$= 14,0832 \text{ cm}^2$$

$$h_b = 2 \times h_{bt} = 2 \times 8,07 = 16,14 \text{ cm}$$

2. Menghitung tegangan ijin yang terjadi akibat pembebanan

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_c = 5620,8482 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot x \cdot \pi^2 \cdot 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \cdot \left(\frac{2,6}{0,38} \right)^2 \right) \cdot 0,6 \cdot 5620,8482 = 3148,9063 \text{ kg / cm}^2$$

3. Menghitung inersia dengan anggapan tidak ada lubang pada balok:

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \cdot b \cdot d^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 16,14^3) - 1/12 \cdot t \cdot w \cdot 16,14^3 \\ &= 1/12 \cdot 7,5 \cdot 17,2^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 16,14^3) - 1/12 \cdot 0,38 \cdot 16,14^3 \\ &= 552,4902 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a = h \cdot t - \Delta = 8,6 - 0,658 = 7,942 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = I_g / y_a = 552,4902 / 7,942 = 69,5656 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h \cdot A_T} + \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b} \right) \times h_p \times A$$

$$M = \left(3148,9063 - \frac{14830 \times 5}{4 \times 69,5656} \right) \times 5,2 \times 14,0832$$

$$M = 211088,0466 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

4. Balok Sampel 5

Kapasitas momen yang mampu didukung oleh balok sampel 5 atau balok *Castella* dengan model lubang empat persegi panjang dan tebal dT sebesar 3 cm adalah sebagai berikut ini.

$$P_1 = P_2 = 9000 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times 9000 + 60 = 18060 \text{ kg}$$

$$b_F = 7,5 \text{ cm}$$

$$t_F = 0,53 \text{ cm}$$

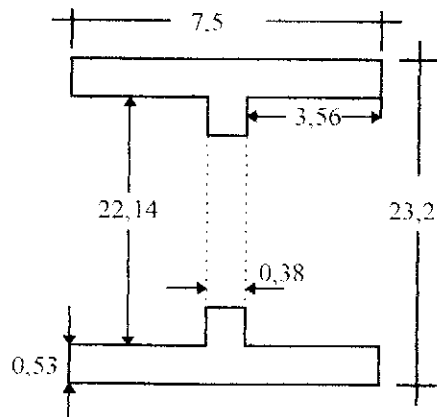
$$t_W = 0,38 \text{ cm}$$

$$d_h = 23,2 \text{ cm}$$

$$h_W = 22,14 \text{ cm}$$

$$h_p = 17,2 \text{ cm}$$

$$V_T = \frac{1}{2} \times P_{\text{total}} = \frac{1}{2} \times 18060 = 9030 \text{ kg}$$



Gambar 5.11 Tampang melintang sampel 5

1. Menghitung luas profil

$$A_p = 2 \times A_f + A_w$$

$$= 2 \times b_f \cdot t_f + t_w \cdot h_b$$

$$= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 22,14$$

$$= 16,3632 \text{ cm}^2$$

$$h_b = 2 \times h_{br} = 2 \times 11,07 = 22,14 \text{ cm}$$

2. Menghitung tegangan ijin yang terjadi akibat pembebanan

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_y = 5620,8482 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$C_r = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \times \left(\frac{8,6}{0,38} \right)^2 \right) \times 0,6 \times 5620,8482 = 926,1111 \text{ kg / cm}^2$$

3. Menghitung inersia dengan anggapan tidak ada lubang pada balok:

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \cdot b \cdot f \cdot d_g^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 22,14^3) - 1/12 \cdot t_w \cdot 17,2^3 \\ &= 1/12 \times 7,5 \times 23,2^3 - 2 \times (1/12 \times 3,56 \times 22,14^3) - 1/12 \times 0,38 \times 17,2^3 \\ &= 1364,7400 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a = h_t - \Delta = 11,6 - 0,648 = 10,952 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = I_g / y_a = 1364,74 / 10,952 = 124,6112 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h \cdot A_T} + \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b} \right) \cdot h_T \cdot A$$

$$M = \left(926,1111 - \frac{9030 \cdot 10}{4 \cdot 124,6112} \right) \cdot 17,2 \cdot 16,3632$$

$$M = 209663,2995 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

5. Balok Sampel 6

Kapasitas momen yang mampu didukung oleh balok sampel 5 atau balok *Castella* dengan model lubang empat persegi panjang dan tebal dT sebesar 6 cm adalah sebagai berikut ini.

$$P_1 = P_2 = 13000 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total}} = 2 \times 13000 + 60 = 26060 \text{ kg}$$

$$b_p = 7,5 \text{ cm}$$

$$t_p = 0,53 \text{ cm}$$

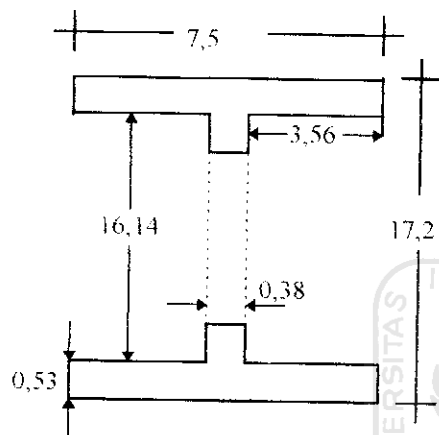
$$t_w = 0,38 \text{ cm}$$

$$d_h = 17,2 \text{ cm}$$

$$h_w = 16,14 \text{ cm}$$

$$h_p = 5,2 \text{ cm}$$

$$V_i = \frac{1}{2} \times P_{\text{total}} = \frac{1}{2} \times 26060 = 13030 \text{ kg}$$



Gambar 5.12 Tampang melintang *Castella* sampel 6

1. Menghitung luas profil

$$A_p = 2 \cdot A_f + A_w$$

$$= 2 \times b_f \cdot t_f + t_w \cdot h_b$$

$$= 2 \times (7,5 \times 0,53) + 0,38 \times 16,14$$

$$= 14,0832 \text{ cm}^2$$

$$h_b = 2 \times h_{bt} = 2 \times 8,07 = 16,14 \text{ cm}$$

2. Menghitung tegangan ijin yang terjadi akibat pembebanan

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_c = 5620,8482 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot x \pi^2 \cdot x \cdot 2100000}{5620,8482}} = 85,8328$$

$$\sigma_{kip} = \left(1 - \frac{10,434}{85,8328^2} \cdot x \left(\frac{2,6}{0,38} \right)^2 \right) \cdot 0,6 \cdot 5620,8482 = 3148,9063 \text{ kg/cm}^2$$

3. Menghitung inersia dengan anggapan tidak ada lubang pada balok:

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \cdot b \cdot f \cdot d_g^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 16,14^3) - 1/12 \cdot t_w \cdot 16,14^3 \\ &= 1/12 \cdot 7,5 \cdot 17,2^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 16,14^3) - 1/12 \cdot 0,38 \cdot 16,14^3 \\ &= 552,4902 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

4. Menghitung lendutan yang terjadi

$$y_a - h_t - \Delta = 8,6 - 0,658 = 7,942 \text{ cm}$$

5. Menghitung luas modulus profil

$$S_b = I_g / y_a = 552,4902 / 7,942 = 69,5656 \text{ cm}^3$$

6. Menghitung besarnya momen yang terjadi

$$\sigma = \frac{M}{h \cdot A_T} + \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b}$$

$$M = \left(\sigma - \frac{V_T \cdot e}{4 \cdot S_b} \right) \cdot h \cdot A_T$$

$$M = \left(3148,9063 - \frac{13030 \cdot 10}{4 \cdot 69,5656} \right) \cdot 5,2 \cdot 14,0832$$

$$M = 196310,5821 \text{ kg.cm}$$

