

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Bahan

Bahan yang dipakai sebagai sampel dalam pengujian adalah baja profil I 150x75. Dalam pengujian tarik untuk menentukan tegangan leleh baja, bahan yang dipakai diambil dari potongan badan dan sayap sepanjang 300 mm dari profil tersebut, sedangkan untuk pengujian lentur dan geser dipakai profil I dengan panjang tiap sampel 1000 mm sebanyak 5 buah.

4.2 Peralatan

Alat yang digunakan dalam pengujian tarik adalah 1(satu) unit alat uji tarik dan 1(satu) buah *dial gauge* untuk pembacaan perubahan panjang sampel yang terjadi. Alat-alat untuk pengujian lentur dan geser dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian 'Uji Lentur dan Geser' balok *castella* dengan menggunakan profil I 150x75

No	Nama Alat	Jml	Kegunaan
1	Portal baja	1 set	Uji lentur dan geser
2	Besi siku	4	Dudukan sendi-rol
3	Besi silinder padat Ø5 cm, panjang 10 cm	4	Dukungan model sendi-rol dan pembeban 2 titik

Lanjutan Tabel 4.1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian 'Uji Lentur dan Geser' balok *castella* dengan menggunakan profil I 150x75

4	Besi rel kereta api, panjang 100 cm	1	Mendistribusikan beban
5	Pipa Ø55 mm, panjang 50 mm	5	Fungsi sendi-rol
6	<i>Dial gauge</i>	2	Pengukuran lentur dan tekuk
7	<i>Jack load</i>	1	Pembebanan
8	<i>Hydrolick pump</i>	1	Menaikkan beban

4.3 Pelaksanaan

4.3.1 Persiapan

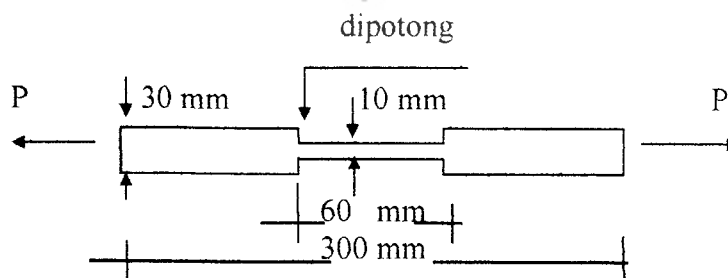
Sebelum pengujian dilaksanakan terlebih dahulu dilakukan persiapan yang meliputi pembuatan sampel dan penyiapan alat uji.

1. Pembuatan Sampel

a. Sampel uji tarik

Pembuatan sampel untuk uji tarik adalah sebagai berikut ini.

- 1) Diambil bagian badan dan sayap profil uji, masing-masing sepanjang 300 mm dan lebar 30 mm. Jumlah benda uji tarik dibuat satu buah pada badan dan satu pada sayap.
- 2) Pada daerah sepanjang 60 mm di tengah-tengah benda uji, lebarnya dikurangi menjadi 10 mm dengan cara dipotong seperti pada gambar 4.1.

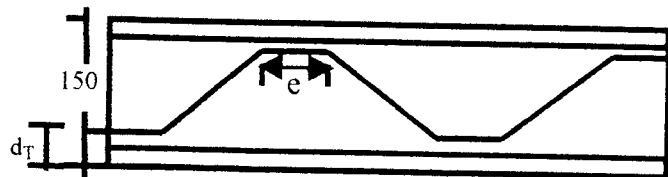


Gambar 4.1 Sampel uji tarik baja

b. Sampel uji lentur dan geser

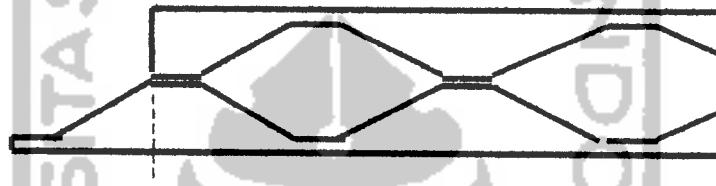
Tahap-tahap pembuatan sampel untuk uji lentur dan geser adalah seperti berikut ini.

- 1) Mempersiapkan baja yang telah dipotong dengan panjang 1200 mm sebanyak empat buah.
- 2) Baja direbahkan dengan ditumpu oleh kedua sayap profil, kemudian dilakukan penekanan atau *pressing* pada kedua sisi, agar tidak terjadi pelengkungan pada waktu dipotong.
- 3) Pemotongan menggunakan alat las dengan suhu yang sangat tinggi.
- 4) Dimulai dari pemotongan pada bagian badan dengan arah horisontal sejauh d_T yang diukur dari salah satu sisi terluar sayap profil.
- 5) Panjang potongan arah horisontal tersebut selanjutnya diberi notasi e .
- 6) Pemotongan dilanjutkan ke arah sisi yang lain dengan membentuk sudut 60° dari arah horisontal sampai pada jarak sejauh d_T dari sisi terluar sayap profil.
- 7) Pemotongan kembali dilakukan dengan arah horisontal sejauh e , kemudian berbelok membentuk sudut 60° dari arah horisontal sampai pada titik sejauh d_T diukur dari sisi terluar sayap profil.
- 8) Selanjutnya diulang seperti pada awal pemotongan, lihat gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pemotongan pola zig-zag dengan sudut 60°

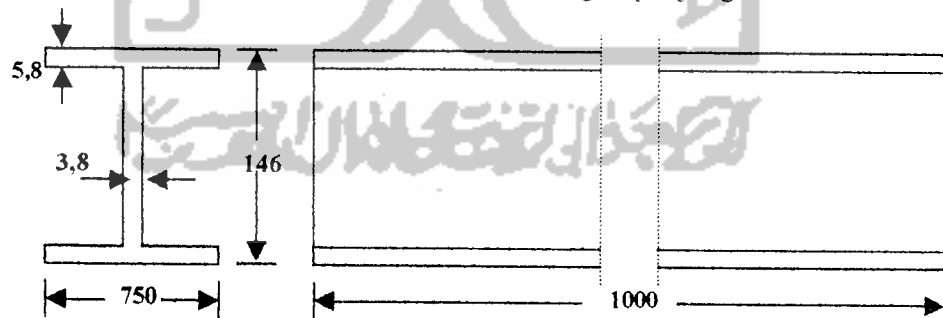
- 9) Kemudian sisi-sisi potongan terluar profil baja disatukan seperti pada gambar 4.3 dengan metode pengelasan, sehingga didapat empat buah *castella* model lubang segi enam dengan perbedaan pada ketebalan d_T masing-masing setebal 35 mm, 40 mm, 50 mm dan 60 mm. Panjang balok yang mula-mula 1200 mm setelah menjadi *castella* menjadi 1000 mm. Jadi secara keseluruhan didapat 5 buah sampel, satu sampel yang dibiarkan tetap dalam bentuk utuh, empat buah *castella* dengan model lubang segi enam.



Gambar 4.3 Penyambungan model lubang segi enam

- 10) Bentuk dan ukuran sampel yang akan diuji secara rinci dapat diuraikan seperti berikut ini (satuan ukuran dalam mm).

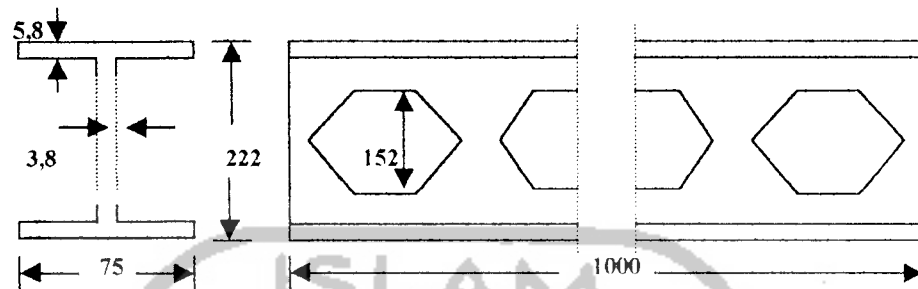
(i) Sampel I (utuh), yaitu baja profil I utuh dengan panjang 1000 mm.



Gambar 4.4. Tampang melintang dan memanjang sampel I

(ii) Sampel II (*castella* 1), profil *castella* model lubang segi enam d_T setebal

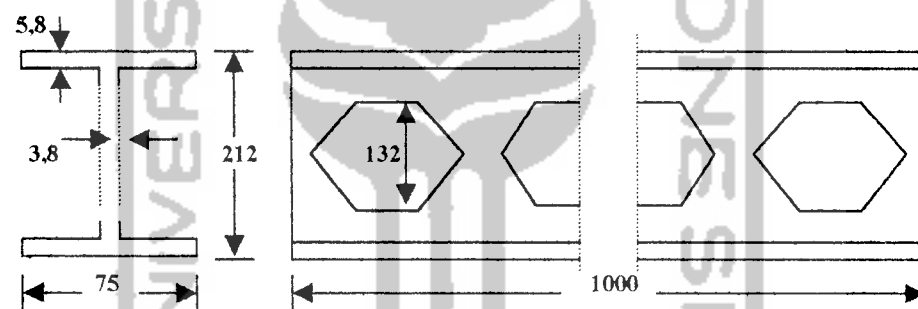
35 mm.



Gambar 4.5. Tampang melintang dan memanjang sampel II

(iii) Sampel III (*castella* 2), profil *castella* model lubang segi enam d_T

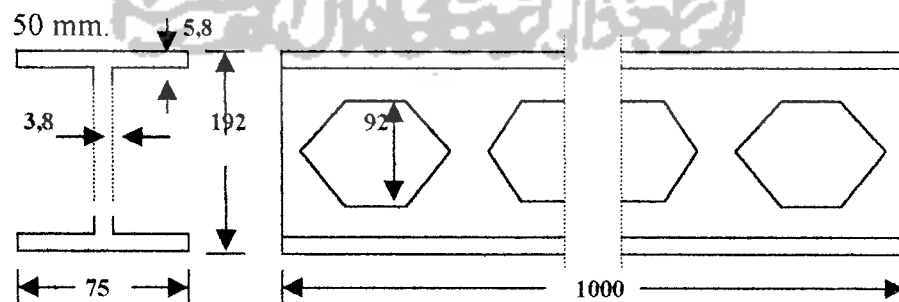
setebal 40 mm..



Gambar 4.6. Tampang melintang dan memanjang sampel III

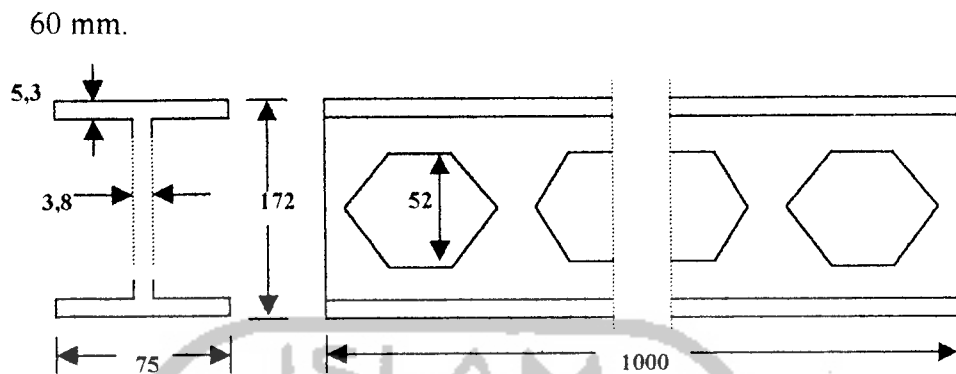
(iv) Sampel IV (*castella* 3), profil *castella* model lubang segi enam d_T setebal

50 mm.



Gambar 4.7. Tampang melintang dan memanjang sampel IV

(v) Sampel V (*castella* 4), profil *castella* model lubang segi enam *d1* setebal



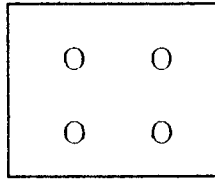
Gambar 4.8. Tampang melintang dan memanjang sampel V

2. Penyiapan Alat

Dalam pengujian tarik, 1(satu) unit alat uji tarik dan 1(satu) buah *dial gauge* telah tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, dan dalam kondisi siap pakai untuk pengujian.

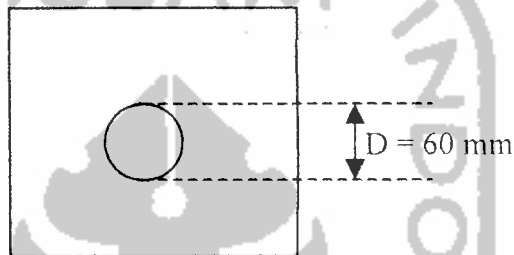
Penyiapan alat-alat yang diperlukan dalam pengujian lentur dan geser adalah sebagai berikut ini.

1. Mempersiapkan portal baja yang berguna sebagai penahan beban dengan tinggi dari dasar 600 mm.
2. Sebagai alat untuk penahan dukungan sendi-rol dibuat dari besi pelat dengan tebal 10 mm. Besi pelat tersebut dipotong dengan ukuran 250 x 250 mm, sebanyak 8 buah. Untuk empat potongan, masing-masing dibuat 4 buah lubang untuk masuknya baut (periksa gambar 4.9).



Gambar 4.9 Besi pelat dengan 4 buah lubang

- Empat buah potongan yang lain dibuat lubang dengan diameter 60 mm untuk masuknya besi padat berbentuk silinder (periksa gambar 4.10).



Gambar 4.10 Besi pelat dengan lubang pada pusatnya

- Kemudian kedua besi pelat yang mana disatukan dengan metode pengelasan, dengan membentuk sudut 90° atau membentuk siku.
- Diperoleh 4 buah besi pelat siku dan dipasang pada landasan dengan posisi lubang berdiameter 60 mm saling sejajar, dengan jarak 80 mm.
- Besi pelat siku kemudian dikunci dengan mur dan baut pada landasan.
- Dibuat dukungan untuk sendi-rol dari besi padat berbentuk silinder, dengan diameter 50 mm dan panjang 60 mm.
- Untuk pembebanan dibuat model pembebanan dua titik dengan menggunakan dua buah besi padat berbentuk silinder yang diletakkan pada masing-masing titik pembebanan di atas sampel yang diuji. Kemudian di atas besi itu diletakkan besi

rel kereta api sepanjang 1000 mm, dan di atasnya lagi diletakkan sebuah *jack load*.

4.3.2 Pengujian

1. Uji Kuat Tarik Baja

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Bahan yang digunakan adalah baja Profil I 150x75. Untuk menentukan nilai tegangan leleh profil tersebut terlebih dahulu dilakukan pengujian tarik pada baja tersebut pada bagian sayap dan badan profil, dengan cara seperti berikut ini.

- a. Menyiapkan sampel yang akan diuji yang diambil dari potongan badan dan sayap baja sampel sepanjang 300 mm, dengan lebar 30 mm.
- b. Memasang *dial gauge* pada bagian yang dikurangi ketebalannya untuk pembacaan pertambahan panjang.
- c. Sampel yang siap diuji diletakkan pada alat untuk uji tarik dengan posisi berdiri.
- d. Kedua ujung benda uji ditarik dengan alat untuk uji tarik secara perlahan-lahan.
- e. Kemudian dibaca kenaikan beban yang terjadi pada sampel uji sewaktu ditarik dan hasilnya dicatat.
- f. Beban yang terbaca dibagi dengan luas benda uji arah melintang badan, sehingga akan diperoleh tegangan tarik baja.

- g. Pertambahan tegangan diikuti pula dengan pertambahan regangan yang diperoleh dari hasil pembagian pertambahan panjang dengan panjang mula-mula.
- h. Kontrol lama waktu pembebanan yang terjadi.
- i. Sampai mencapai batas maksimum, maka benda uji akan mengalami kondisi putus atau patah.
- j. Dibuat grafik tegangan dan regangan dari hasil pengujian.
- k. Dibaca kenaikan tegangan dan regangan dari hasil grafik.
- l. Sebelum benda uji mengalami kondisi putus atau patah, maka kondisi tersebut adalah kondisi leleh baja. Kondisi sebelum patah atau kondisi leleh baja inilah yang akan dipakai sebagai tegangan leleh baja.

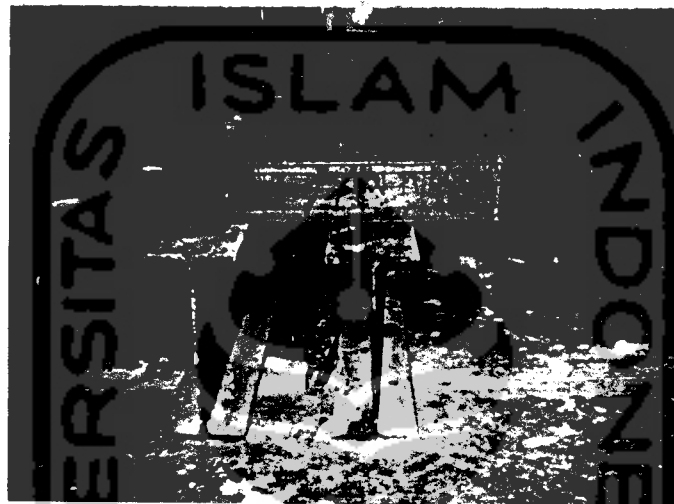
2. Uji Kuat Lentur dan Geser

Material atau bahan yang digunakan untuk pengujian adalah baja profil I 150x75 dengan ukuran profil sebagai berikut ini.

- h_w = tinggi badan (*web*) = 146 mm
- b_f = lebar sayap (*flens*) = 75 mm
- t_w = tebal badan = 3,8 mm
- t_f = tebal sayap = 5,3 mm
- L = panjang batang = 1000 mm

Baja yang akan diuji didatangkan dari pabrik baja yang berada di Semarang, dengan panjang batang 12000 mm, lalu dipotong-potong sebanyak 5 buah sebagai

sampel dengan panjang masing-masing 1000 mm. Dari 5 potongan tersebut, 4 buah potongan dibuat menjadi baja *castella* model lubang segi enam, dengan perbedaan pada ketebalan d_T yaitu masing-masing 35 mm, 40 mm, 50 mm dan 60 mm, sedangkan sisanya dibiarkan utuh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.



Gambar 4.11 Balok baja utuh



Gambar 4.12 Balok baja *castella* model lubang segi enam

Kondisi sampel yang akan diuji haruslah bersih dari material apapun yang sifatnya tambahan, dan tidak terdapat cacat fisik, agar terjamin kekuatan baja sesuai dengan perencanaan. Adapun urutan pelaksanaan pengujian di laboratorium untuk setiap sampel hampir sama, dengan tahapan sebagai berikut ini.

1. Menyiapkan sampel yang akan diuji.
2. Mengambil satu buah pipa besi yang sudah disiapkan sebelumnya, kemudian direkatkan 50 mm dari salah satu ujung balok dengan cara dilas untuk mewakili fungsi sendi, lihat gambar 4.13.



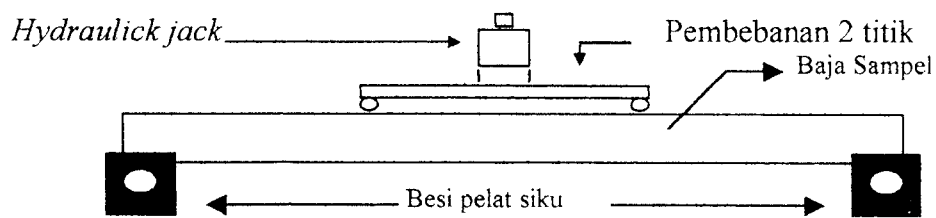
Gambar 4.13 Pipa besi yang dilaskan pada sampel

3. Ke dalam pipa besi tersebut dimasukkan besi padat silinder yang sudah disiapkan sebelumnya.
4. Besi padat tersebut juga dimasukkan ke dalam lubang pada besi pelat siku sebagai dukungan.



Gambar 4.14 Posisi baja sampel diatas dua dukungan

5. Di atas baja sampel yang akan diuji, diletakkan pembebanan 2 titik yang terbuat dari besi rel kereta api dengan dua buah besi padat yang diletakkan pada masing-masing titik pembebanan. Di atas pembebanan dua titik tersebut diletakkan alat yang disebut *hydraulic jack*, yang fungsinya sebagai beban yang terukur.



Gambar 4.15. Baja sampel siap uji

6. Ujung atas *hydraulic jack*, sebelum dipompa harus tepat menyentuh bagian bawah portal.
7. *Hydraulic jack* tersebut dihubungkan dengan pompa yang berfungsi untuk menaikkan beban secara bertahap.
8. Di tengah-tengah profil bagian bawah dipasang alat pembaca lendutan atau lentur yang terjadi pada benda uji, yang disebut dengan *dial gauge*. Alat ini berfungsi untuk membaca seberapa besar lendutan yang terjadi pada profil.
9. Pada badan profil dekat tumpuan juga dipasang *dial gauge* untuk membaca besarnya tekuk (*buckling*) yang terjadi waktu pengujian sedang berlangsung.
10. Setelah alat-alat dan bahan untuk pengujian siap, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui kapasitas lentur dari masing-masing sampel.
11. Beban dari *hydraulic jack* dinaikkan secara perlahan-lahan, dengan cara dipompa pada alat pompa untuk menaikkan beban.
12. Beban dinaikkan secara bertahap, sambil dibaca lendutan yang terjadi dan dikontrol tekuk (*buckling*) yang terjadi sampai beban tidak dapat bertambah lagi.
13. Hasil setiap pengujian dicatat dalam bentuk tabel.

14. Adapun sampel yang akan diuji adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2. Sampel yang akan diuji di laboratorium

Sampel	Model Lubang	Panjang (mm)	d_T (mm)	d_g (mm)
Utuh	Utuh	1000	-	146
<i>Castella 1</i>	Segi enam	1000	35	222
<i>Castella 2</i>	Segi enam	1000	40	212
<i>Castella 3</i>	Segi enam	1000	50	192
<i>Castella 4</i>	Segi enam	1000	60	172

4.3.3 Analisis Penelitian

Sebelum dilaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan perhitungan analitis untuk menentukan besar beban total teoritis yang mampu ditahan tiap sampel. Hasil perhitungan analitis ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian di laboratorium.

Analisis penelitian diorientasikan kepada pengaruh kombinasi lentur dan geser yang terjadi. Namun demikian, analisis terhadap lentur murni tetap dilakukan sebagai pelengkap dalam mengadakan penelitian. Untuk perhitungan analitis ini, panjang efektif balok sampel yang dipakai adalah 900 mm, karena dukungan sendi dan rol terletak sejauh 50 mm dari masing-masing ujung balok. Dalam perhitungan, berat sendiri balok sepanjang 50 mm tersebut diabaikan.

1. Analisis Lentur Murni.

a. Sampel utuh

Profil yang digunakan untuk pengujian di laboratorium adalah profil I 150x75 dengan data sebagai berikut ini.

$$d_h = 146 \text{ mm} = 5,748 \text{ in}$$

$$t_w = 3,8 \text{ mm} = 0,1496 \text{ in}$$

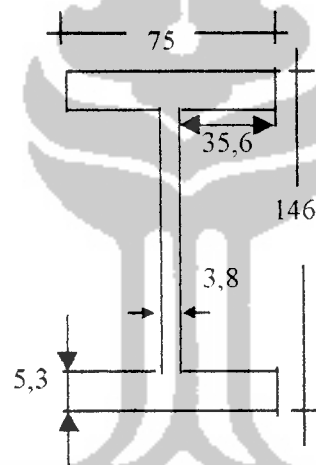
$$b_f = 75 \text{ mm} = 2,9528 \text{ in}$$

$$t_f = 5,3 \text{ mm} = 0,2087 \text{ in}$$

$$A_f = b_f \times t_f = 2,9528 \times 0,2087 = 0,6163 \text{ in}^2$$

$$\sigma_y = 36 \text{ ksi} = 5580,0112 \text{ kg/cm}^2$$

$$d/A_f = 5,748/0,6163 = 9,3266 \text{ in}^{-1}$$



Gambar 4.16 Tampang melintang sampel utuh (ukuran dalam mm)

i) Menghitung tegangan lentur ijin

Kontrol terhadap kekompakan.

Geometri penampang :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{7,5}{2 \times 0,53} = 7,0755 < \frac{65}{\sqrt{\sigma_y}} = \frac{65}{\sqrt{36}} = 10,8333 \dots \text{Oke..!}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{14,60}{0,38} = 38,4210 < \frac{640}{\sqrt{\sigma_y}} = \frac{640}{\sqrt{36}} = 106,6667 \dots \text{Oke..!}$$

Lb = jarak dukungan lateral = 90 cm = 35,4331 in

$$L_c = \frac{76 \times b_f}{\sqrt{\sigma_y}} = \frac{76 \times 2,9528}{\sqrt{36}} = 34,4021 \text{ in}$$

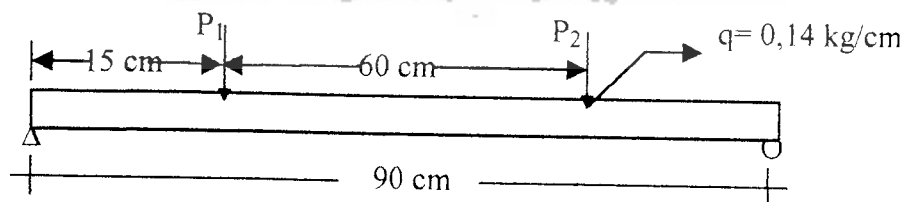
$$L_u = \frac{20000}{\left(\frac{d}{A_f}\right) \times \sigma_y} = \frac{20000}{0,6163 \times 36} = 901,4369 \text{ in}$$

$L_c < L_b < L_u \dots \dots \dots \text{non kompak} \dots \dots \dots !$

Dari penampang geometri dan panjang dukungan lateral, maka penampang dalam keadaan non kompak,

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= 0,60 \sigma_y \\ &= 0,60 \times 5580,0112 = 3348,0067 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

ii) Menghitung momen akibat P



Untuk pembebanan dua titik, momen terbesar terjadi sepanjang 60 cm dari titik P_1 sampai dengan P_2 , sebesar :

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= P.X - 1/8.q.L^2 \\ &= P \times 15 - 1/8 \times 0,14 \times 90^2 \\ M_{\text{maks}} &= 15P - 141,75 \text{ kgcm} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

iii) Menghitung momen inersia profil

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

iv) Menghitung jarak antara serat tepi terluar dengan garis netral profil

$$y_a = 1/2 \text{ dh} = 1/2 \cdot 14,6 = 7,3 \text{ cm}$$

v) Menghitung momen ijin

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= \frac{M.y}{I} \\ M &= \frac{\bar{\sigma} \times I}{y} = \frac{3348,0067 \times 472,2478}{7,3} = 216587,5066 \text{ kgcm} \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

vi) Menghitung beban P

Dari persamaan (1) dan (2) didapat:

$$216587,5066 = 15.P - 141,75$$

$$P = 14448,6171 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tot}} = 2P = 28897,2342 \text{ kg}$$

b. Sampel *castella* 1

Data mengenai sampel yang dipakai sebagai bahan uji adalah sebagai berikut ini.

$$b_f = 75 \text{ mm}$$

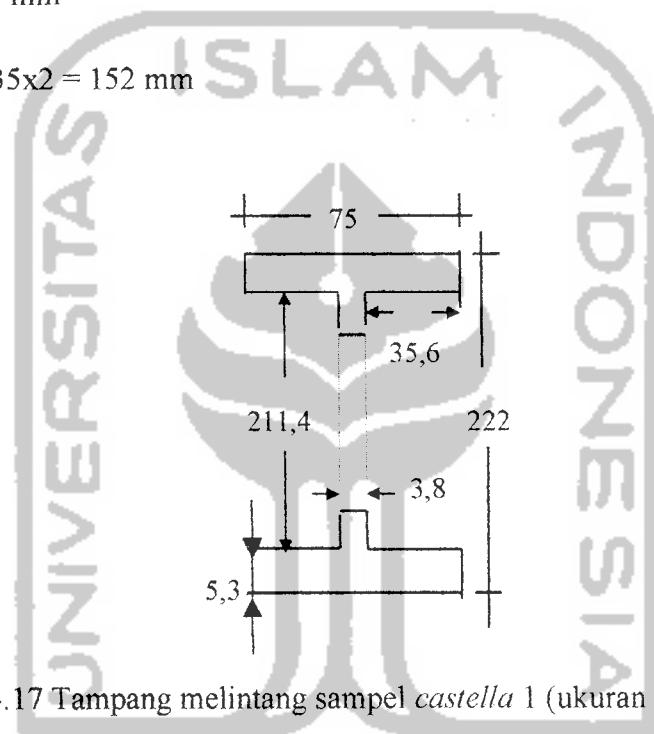
$$t_f = 5,3 \text{ mm}$$

$$t_w = 3,8 \text{ mm}$$

$$d_g = (146 - 35) \times 2 = 222 \text{ mm}$$

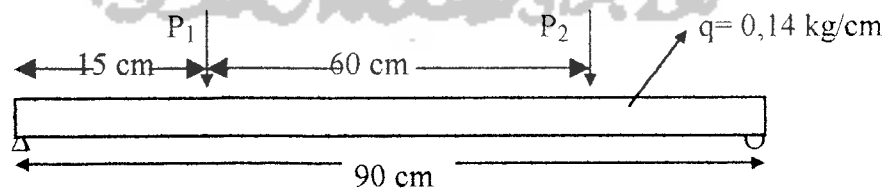
$$h_w = 211,4 \text{ mm}$$

$$h_p = 222 - 35 \times 2 = 152 \text{ mm}$$



Gambar 4.17 Tampang melintang sampel *castella* 1 (ukuran dalam mm)

i) Menghitung momen akibat P



Untuk pembebanan dua titik, momen terbesar terjadi sepanjang 60 cm dari titik P₁

sampai dengan P₂, sebesar :

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

$$= P \times 15 - 1/8 \times 0,14 \times 90^2$$

$$M_{maks} = 15P - 141,75 \text{ kgcm} \dots \dots \dots (1)$$

ii) Menghitung luas penampang profil

$$A_T = 2 \cdot (A_f + A_s)$$

$$= 2 \cdot (b_f \cdot t_f + t_w \cdot h_s)$$

$$= 2 \times (7,5 \times 0,53 + 0,38 \times 2,97)$$

$$= 10,2072 \text{ cm}^2$$

iii) Menghitung tegangan lentur ijin

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{\sigma_y}}$$

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

$$\sigma_y = 5580,0112 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2100000}{5580,0112}} = 86,1900$$

$$\bar{\sigma} = \left[1 - \frac{10,434 \left(\frac{h}{t_w} \right)^2}{C_c^2} \right] \cdot 0,6 \cdot \sigma_y$$

$$\bar{\sigma} = \left[1 - \frac{10,434}{86,1900^2} \times \left(\frac{7,6}{0,38} \right)^2 \right] \times 0,6 \times 5580,0112 = 1467,0302 \text{ kg/cm}^2$$

iv) Menghitung momen inersia

$$I_g = 1/12 \cdot b_f \cdot d_g^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 21,14^3) - 1/12 \cdot t_w \cdot (h_p)^3$$

$$= 1/12 \times 7,5 \times 22,2^3 - 2 \times (1/12 \times 3,56 \times 21,14^3) - 1/12 \times 0,38 \times 15,2^3$$

$$= 1121,4563 \text{ cm}^4$$

v) Menghitung jarak serat tepi terluar ke garis netral profil

$$y_a = \frac{1}{2} d_g = \frac{1}{2} \times 22,2 = 11,1 \text{ cm}$$

vi) Menghitung modulus penampang profil

$$S_b = I_g / y_a = \frac{1121,4563}{11,1} = 101,0321 \text{ cm}^3$$

vii) Menghitung momen ijin

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

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

$$M = \left(1467,0302 - \frac{P \times 5}{4 \times 101,0321} \right) \times 15,2 \times 10,2072$$

$$= 227608,9080 - 1,9196P \dots \dots \dots (2)$$

viii) Menghitung beban P

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

$$227608,9080 - 1,9196P = 15 \cdot P - 141,75$$

$$P = 13460,7590 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tot}} = 2P = 26921,5180 \text{ kg}$$

Dengan langkah-langkah perhitungan yang sama, maka hasil dari perhitungan analitis untuk sampel *castella* dapat ditabelkan seperti berikut ini.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan analisis lentur murni untuk sampel *castella*

Variabel	Castella 1	Castella 2	Castella 3	Castella 4
d_f (mm)	35	40	50	60
b_f (mm)	75	75	75	75
t_f (mm)	5,3	5,3	5,3	5,3
t_w (mm)	3,8	3,8	3,8	3,8
d_s (mm)	222	212	192	172
h_w (mm)	211,4	201,4	181,4	161,4
h_p (mm)	152	132	92	52
A_T (cm ²)	10,2072	10,5872	11,3472	12,1072
σ (kg/cm ²)	1467,0302	1929,4586	2658,9232	3127,8647
I_x (cm ⁴)	1121,4563	1035,2016	857,3311	681,1790
y_a (cm)	11,1	10,6	9,6	8,6
S_x (cm ³)	101,0321	97,6605	89,3053	79,5069
P (ton)	13460,7590	16069,4751	16871,0675	12321,4352
Ptot (ton)	26921,5180	32138,9503	33742,1351	24642,8704

2. Analisis Kombinasi Lentur dan Geser

a. Sampel utuh

Profil yang digunakan untuk pengujian lentur dan geser adalah profil I150x75 dengan data sebagai berikut ini.

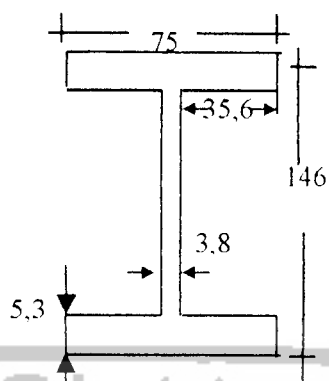
$$d_h = 146 \text{ mm} = 5,748 \text{ in}$$

$$b_f = 75 \text{ mm} = 2,9528 \text{ in}$$

$$\sigma_y = 36 \text{ ksi} = 5580,0112 \text{ kg/cm}^2$$

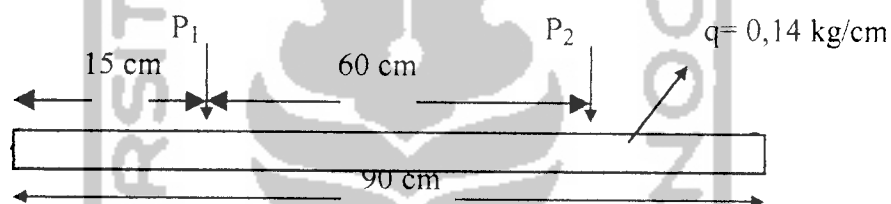
$$t_w = 3,8 \text{ mm} = 0,1496 \text{ in}$$

$$t_f = 5,3 \text{ mm} = 0,2087 \text{ in}$$



Gambar 4.18 Tampang melintang sampel utuh (ukuran dalam mm)

i) Momen akibat P



Untuk pembebanan dua titik, momen terbesar terjadi sepanjang 60 cm dari titik P_1 sampai dengan P_2 , sebesar :

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

$$= P \times 20 - 1/8 \times 0,14 \times 90^2$$

$$M_{\text{maks}} = 15P - 14175 \text{ kgcm} \dots \dots \dots (1)$$

ii) Menghitung tegangan lentur ijin

$$\bar{\sigma} = 0,60 \sigma_y$$

$$= 0,60 \times 5580,0112 = 3348,0067 \text{ kg/cm}^2$$

iii) Menghitung momen inersia profil

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

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

iv) Menghitung jarak antara serat tepi terluar dengan garis netral profil

$$y_a = \frac{1}{2} dh = \frac{1}{2} \cdot 14,6 = 7,3 \text{ cm}$$

v) Tegangan lentur aktual

$$\sigma = \frac{M \cdot y_b}{I_g}$$

$$= \frac{(15P - 141,75) \times 7,3}{472,2487} = 0,2319P - 2,1912$$

vi) Tegangan geser aktual

$$\tau = \frac{P((7,5 \times 0,53) \times 7,03 + (0,38 \times 6,77) \times 3,39)}{472,2478 \times 0,38} = 0,2043P$$

vii) Tegangan geser ijin

$$\frac{h}{t_w} = \frac{(14,6 - 2 \times 0,53)}{0,38} = 35,6316 < \frac{380}{\sqrt{\sigma_y}} = \frac{380}{\sqrt{36}} = 63,3333$$

sehingga dipakai rumus:

$$\bar{\tau} = 0,40 \sigma_y = 0,40 \times 5580,0112 = 2232,0015 \text{ kg/cm}^2$$

viii) Menghitung P total

$$\left[\frac{\tau}{\sigma} \right]^2 + \left[\frac{\sigma}{\sigma} \right]^2 = 1$$

$$\left[\frac{0,2043P}{2232,0019} \right]^2 + \left[\frac{0,2319P - 2,1912}{3348,0067} \right]^2 = 1$$

$$1,3176 \times 10^{-8} P^2 - 9,0665 \times 10^{-8} P - 1 = 0$$

$$P = 8715,2474 \text{ kg}$$

$$P_{tot} = 2P = 17430,4949 \text{ kg}$$

b. Sampel *castella* 1

Data mengenai sampel yang dipakai sebagai bahan uji adalah sebagai berikut ini.

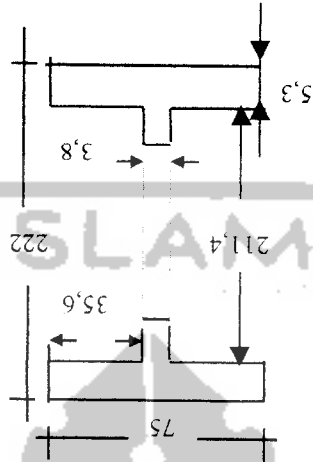
$$b_f = 75 \text{ mm}$$

$$t_w = 3,8 \text{ mm}$$

$$h_p = 222 - 35 \times 2 = 152 \text{ mm}$$

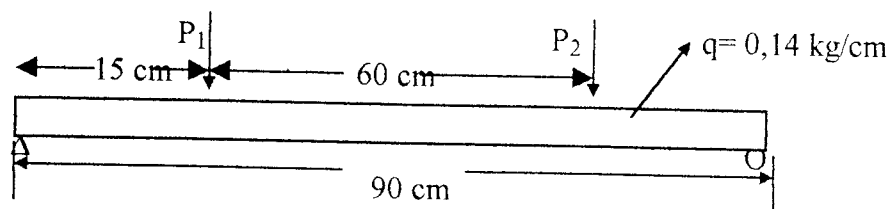
$$d_g = (146 - 35) \times 2 = 222 \text{ mm}$$

$$t_f = 5,3 \text{ mm}$$



Gambar 4.19 Tampang melintang sampel *castella* 1 (ukuran dalam mm)

i) Momen akibat P



Untuk pembebanan dua titik, momen terbesar terjadi sepanjang 60 cm dari titik P_1 sampai dengan P_2 , sebesar :

$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}} &= P \cdot X - 1/8 \cdot q \cdot L^2 \\
 &= P \times 15 - 1/8 \times 0,14 \times 90^2 \\
 M_{\text{maks}} &= 15P - 141,75 \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

ii) Luas penampang profil

$$A_T = 10,2072 \text{ cm}^2$$

iii) Menghitung tegangan lentur ijin

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{\sigma_y}}$$

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

$$\sigma_y = 5580,0112 \text{ kg/cm}^2$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2100000}{5580,0112}} = 86,1900$$

$$\bar{\sigma} = \left[1 - \frac{10,434 \left(\frac{h}{t_w} \right)^2}{Cc^2} \right] 0,6 \cdot \sigma_y$$

$$\bar{\sigma} = \left[1 - \frac{10,434}{86,1900^2} \times \left(\frac{7,6}{0,38} \right)^2 \right] \times 0,6 \times 5580,0112 = 1467,0302 \text{ kg/cm}^2$$

iv) Menghitung momen inersia

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \cdot b_f \cdot d_g^3 - 2 \cdot (1/12 \cdot 3,56 \cdot 21,14^3) - 1/12 \cdot t_w \cdot (h_p)^3 \\ &= 1/12 \times 7,5 \times 22,2^3 - 2 \times (1/12 \times 3,56 \times 21,14^3) - 1/12 \times 0,38 \times 15,2^3 \\ &= 1121,4563 \text{ cm}^7 \end{aligned}$$

v) Menghitung jarak serat tepi terluar ke garis netral profil

$$y_a = \frac{1}{2} d_g = \frac{1}{2} 22,2 = 11,1 \text{ cm}$$

vi) Menghitung modulus penampang profil

$$S_b = I_g / y_a = \frac{1121,4563}{11,1} = 101,0321 \text{ cm}^3$$

vii) Tegangan lentur aktual

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{h \cdot A_T} + \frac{V_T \cdot e}{4Sb} \\ &= \left(\frac{15P - 141,75}{15,2 \times 10,2072} + \frac{P \times 5}{4 \times 101,0321} \right) \\ &= 0,1091P - 0,9136 \end{aligned}$$

viii) Tegangan geser ijin

Dari tabel 3.1. rumus tegangan geser ijin profil *castella* untuk sudut pemotongan

(ϕ) 60° adalah :

$$\bar{\tau} = 0,6332 \cdot \bar{\sigma} = 0,6332 \times 1467,0302 = 928,9235 \text{ kg/cm}^2$$

ix) Tegangan geser aktual

$$\tau = \frac{P((7,5 \times 0,53) \times 10,84 + (0,38 \times 10,57) \times 5,29)}{1121,4563 \times 0,38} = 0,1510P$$

x) Menghitung P total

$$\left[\frac{\tau}{\bar{\tau}} \right]^2 + \left[\frac{\sigma}{\bar{\sigma}} \right]^2 = 1$$

$$\left[\frac{0,1510P}{928,9235} \right]^2 + \left[\frac{0,1091P - 0,9136}{1467,0302} \right]^2 = 1$$

$$3,2126 \times 10^{-8} P^2 - 9,2626 \times 10^{-8} P - 1 = 0$$

$$P = 5580,6385 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tot}} = 2P = 11161,2770 \text{ kg}$$

Dengan langkah-langkah perhitungan yang sama, maka hasil dari perhitungan analitis untuk sampel *castella* dapat ditabelkan seperti berikut ini.



Tabel 4.4 Hasil perhitungan analisis kombinasi lentur dan geser untuk sampel *castella*

Variabel	<i>Castella 1</i>	<i>Castella 2</i>	<i>Castella 3</i>	<i>Castella 4</i>
d_T (mm)	35	40	50	60
b_T (mm)	75	75	75	75
t_f (mm)	5,3	5,3	5,3	5,3
t_w (mm)	3,8	3,8	3,8	3,8
d_g (mm)	222	212	192	172
h_w (mm)	211,4	201,4	181,4	161,4
h_p (mm)	152	132	92	52
A_T (cm ²)	10,2072	10,5872	11,3472	12,1072
$\bar{\sigma}$ (kg/cm ²)	1467,0302	1929,4586	2658,9232	3127,8647
I_g (cm ⁴)	1121,4563	1035,2016	857,3311	681,1790
y_u (cm)	11,1	10,6	9,6	8,6
S_b (cm ³)	101,0321	97,6605	89,3053	79,5069
σ (kg/cm ²)	0,1091P-0,9136	0,1201P-1,0143	0,1577P-1,3578	0,2540P-2,2515
$\bar{\tau}$ (kg/cm ²)	928,9235	1221,7332	1683,6302	1980,5639
τ (kg/cm ²)	0,1510P	0,1534P	0,1619P	0,1758P
P (ton)	5580,6385	7138,4882	8865,8066	8316,3304
P_{tot} (ton)	11161,2770	14276,9764	17731,6132	16632,6608