

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Penjelasan Umum

Balok adalah elemen struktur yang memikul beban arah tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Hal ini menyebabkan balok itu melentur. Apabila memvisualisasi balok untuk analisis maupun desain, akan lebih mudah dengan memandang elemen struktur tersebut dalam bentuk idealisasi. Bentuk ideal itu harus dapat mempresentasikan sedekat mungkin dengan elemen struktur aktualnya, tetapi bentuk ideal juga harus dapat memberikan keuntungan secara matematis.

Dalam penelitian ini digunakan balok dengan tumpuan sederhana sendi-rol. Tumpuan sendi dapat memberikan reaksi vertikal dan horisontal (tetapi tidak ada kekangan terhadap rotasi) dan rol hanya dapat memberikan reaksi vertikal. Akibat adanya beban akan timbul momen lentur di samping geser.

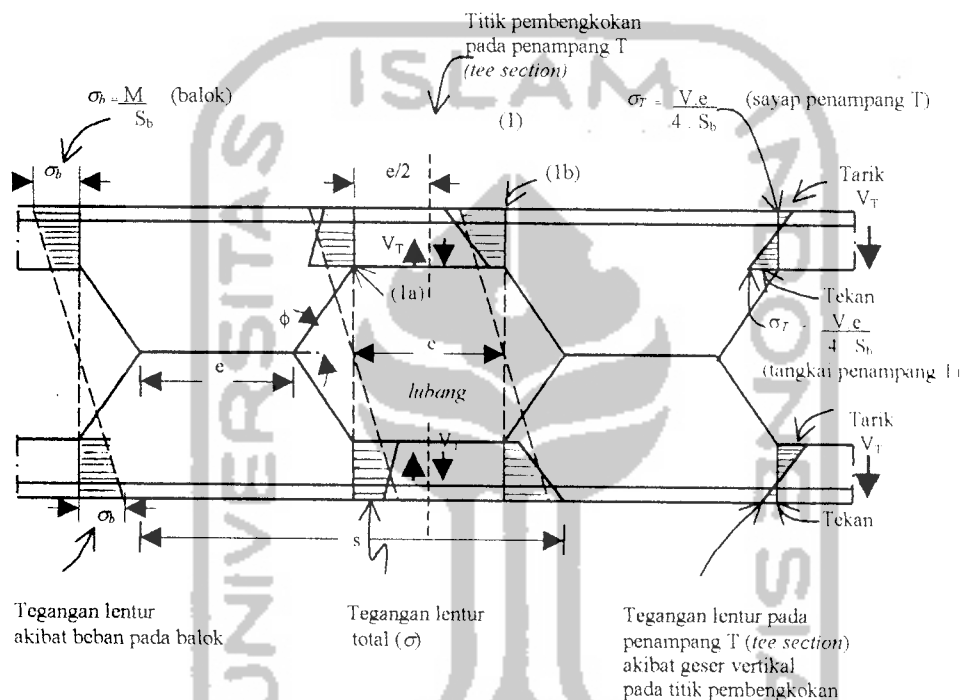
3.2 Balok Baja Profil Castella

Untuk balok *castella* yang perlu diperhatikan adalah seperti berikut ini.

1. Sisi atas dan bawah balok mengalami tegangan tekan dan tegangan tarik akibat

momen lentur utama (lentur akibat muatan pada balok) sebesar $\sigma_b = M/S_b$, dapat dilihat pada Gambar 3.1 (bagian paling kiri).

- Badan balok memikul gaya geser vertikal (V) akibat beban, dan menghasilkan tegangan geser vertikal pada daerah badan (bagian pejal (*solid*) dan bagian tangkai (*stem*) dari penampang T (*tee section*)).



Gambar 3.1. Tegangan-tegangan lentur yang terjadi pada balok *castella* (Omer W. Blodgett, *Design of Welded Structure*)

- Pada daerah lubang, gaya geser vertikal (V) dibagi dua antara penampang T bagian atas dan bagian bawah. Dengan menganggap bahwa geser terjadi pada tengah-tengahnya, maka akan menghasilkan momen lentur pada kantilever penampang T, dapat dilihat pada gambar 3.1 (bagian paling kanan). Tegangan lentur sekunder (σ_τ) yang terjadi adalah:

$$\sigma_T = \frac{V \cdot e}{4 \cdot S} \dots\dots\dots(3.1)$$

yang harus ditambahkan pada tegangan lentur utama.

4. Gaya geser horisontal pada bagian pejal dari badan sepanjang garis netral balok mengakibatkan tekuk (*buckling*).

3.3 Tegangan Lentur Aktual

Tegangan lentur total yang terjadi pada balok merupakan perpaduan antara tegangan lentur akibat geser vertikal (tegangan lentur sekunder σ_T) dengan tegangan lentur akibat beban (tegangan lentur utama σ_b), yaitu:

- a) Tegangan lentur sekunder pada tangkai penampang T (*stem of tee*) akibat geser vertikal (V) di titik (1) ditambah dengan tegangan lentur utama pada tangkai T akibat momen utama (M) di titik (1a) :

$$\sigma_{1a} = \frac{M_{1a} \cdot h}{I_g} + \frac{V_1 \cdot e}{4 \cdot S_b} \dots\dots\dots(3.2a)$$

- b) Tegangan lentur sekunder pada sayap penampang T (*flange of tee*) akibat geser vertikal (V) di titik (1) ditambah dengan tegangan lentur utama pada sayap T akibat momen utama (M) di titik (1b) :

$$\sigma_{1b} = \frac{M_{1b} \cdot d_g}{I_g \cdot 2} + \frac{V_1 e}{4 \cdot S_b} \dots\dots\dots(3.2b)$$

Karena hanya ada satu tegangan lentur total pada titik (1) yang merupakan titik pembengkokan penampang T, maka tidak dikehendaki perhitungan pada dua titik yang berbeda (tangkai pada titik (1a) dan sayap pada titik (1b)), sehingga tegangan lentur total yang terjadi adalah tegangan lentur rata-rata :

$$\sigma = \frac{M_1}{h \cdot A_T} + \frac{V_1 e}{4 \cdot S_b} \dots\dots\dots(3.3)$$

3.4 Tegangan Geser Aktual

Untuk memeriksa tegangan geser yang terjadi pada serat penampang yang berjarak y dari garis netral balok digunakan rumus konvensional untuk tegangan geser, yaitu:

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} = \frac{V(A_f y_f + A_w y_w)}{I \cdot t_w} \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan :

- V = gaya geser vertikal
- Q = statis momen luasan
- I = inersi momen
- t = tebal penampang yang ditinjau

- A_f = luas sayap yang ditinjau
 y_f = jarak titik berat sayap yang ditinjau ke garis netral profil
 A_w = luas badan yang ditinjau
 y_w = jarak titik berat badan yang ditinjau ke garis netral profil

3.5 Tegangan Lentur Ijin

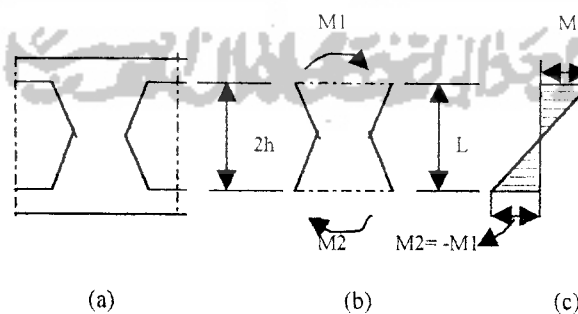
Menurut Omer W. Blodgett dalam bukunya *Design of Welded Struktur*, rumus tegangan lentur ijin profil *castella* didasarkan pada AISC Sec. 1.5.1.4.5. dengan penjabaran sebagai berikut :

$$\bar{\sigma} = \left[1,0 - \frac{\left(\frac{L}{r}\right)^2}{2, Cc^2 Cb} \right] 0,60 \sigma_y \dots \dots \dots (3.5)$$

dengan :

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}} \quad ; E = \text{Elastisitas modulus baja} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$Cb = 1,75 - 1,05 \left[\frac{M_1}{M_2} \right] + 0,3 \left[\frac{M_1}{M_2} \right]^2 \leq 2,3$$



Gambar 3.2. (a) Potongan profil *castella*, (b) Potongan badan, (c) Diagram lentur .

Dari diagram momen yang terjadi, $M_2 = -M_1$ maka C_b akan lebih besar dari 2,3, sehingga dipakai $C_b=2,3$; $L=2h$.

Jari-jari inersia terkecil (r):

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}; I = \frac{bt^3}{12}; A = bt$$

$$r = \sqrt{\frac{\left(\frac{bt^3}{12}\right)}{bt}} = \frac{t}{\sqrt{12}} = 0,288.t$$

Rumus (3.5) menjadi :

$$\frac{\sigma}{\sigma_y} = \left[1,0 - \frac{10,434}{C_c^2} \left(\frac{h}{t_w} \right)^2 \right] 0,60 \sigma_y \dots\dots\dots (3.6)$$

3.6 Tegangan Geser Ijin

Menurut Omer W. Blodgett (*Design of Welded Structure*), rumus tegangan geser untuk profil *castella* adalah :

$$\frac{\tau}{\sigma_y} = \frac{4\theta^2}{3 \cdot \tan\theta} \cdot \sigma_y \leq 0,40 \sigma_y \dots\dots\dots (3.7)$$

dengan : $\theta = 90^\circ - \phi$; ϕ = sudut pemotongan

Untuk berbagai sudut pemotongan pada profil *castella*, rumus tegangan geser ijin yang dipakai dapat dipermudah dengan menggunakan tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1. Tegangan Geser Ijin untuk Berbagai Sudut Pemotongan

$\phi = 45^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\tau = 0,8225 \sigma$
$\phi = 50^\circ$	$\theta = 40^\circ$	$\tau = 0,7745 \sigma$
$\phi = 55^\circ$	$\theta = 35^\circ$	$\tau = 0,7106 \sigma$
$\phi = 60^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\tau = 0,6332 \sigma$

3.7 Kombinasi Geser dan Lentur

Kombinasi geser dan lentur yang terjadi pada balok dinyatakan dengan persamaan:

$$\left[\frac{\tau}{\bar{\tau}} \right]^2 + \left[\frac{\sigma}{\bar{\sigma}} \right]^2 = 1 \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

dengan

σ = tegangan lentur aktual

$\bar{\sigma}$ = tegangan lentur ijin

τ = tegangan geser aktual

$\bar{\tau}$ = tegangan geser ijin

(Edwin, Charles, James, *Design of Steel Structures*)