

BALOK PELAT BERDINDING PENUH (GIRDER PLATE BEAM)

Rusman Asri

Tenaga Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Indo Global Mandiri Palembang
Email : rusman_asri@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pekerjaan konstruksi baja secara umum memerlukan kekuatan maksimal yang dapat ditahan oleh penampang dalam memikul beban, sehingga untuk itu dibutuhkan suatu penampang yang cukup besar dalam memikul beban. Dalam usaha mengatasi permasalahan ini, dibuat profil baru sesuai dengan kebutuhan, sehingga dipakailah suatu penampang Balok Pelat Berdinding Penuh atau sering disebut Pelat Girder (*Girder Plate*). Balok Pelat Berdinding Penuh merupakan balok dengan penampang yang tinggi, sehingga sangat mungkin dipengaruhi oleh terjadinya lipatan pada elemen pelat sayap ataupun tekuk pada elemen pelat badan, sehingga diperlukan perhitungan guna mengatasi lipatan dan tekuk tersebut. Untuk mengatasi terjadi lipatan ataupun tekuk ini, diperlukan perhitungan tekuk lokal (*local buckling*) dan jika benar diperlukan, maka dipasang komponen pengaku (*stiffener*), *Bearing stiffener*, *Intermediate stiffener*, dan *Longitudinal stiffener*. Untuk memenuhi kebutuhan balok untuk mendukung beban yang ada, sehingga didapatkan balok pelat berdinding penuh (*Plat Girder*) ukuran tinggi $d = 1.400$ mm, dengan plat badan ukuran 15 mm x 1.350 mm, dan pelat sayap ukuran 25 mm x 500 mm baja $f_y = 240$ MPa. Balok dipasang pengaku utama (*bearing stiffener*), pengaku antara (*intermediate stiffener*) dan pengaku memanjang (*longitudinal stiffener*).

Kata kunci: *plat girder*, tekuk lokal, pengaku

ABSTRACT

Steel construction work generally requires a maximum power that can be retained by a cross-section of the burden, so for that we need a large enough cross-section to carry the load. In an attempt to overcome this problem, created a new profile as needed, so that the use of a cross-section Walled Beams Plates Plates Full or often called Girder (Girder Plate). Fully walled plate girder is a beam with a high cross-section, so it is probably influenced by the folding wings on plate element or the element plates bend the body, so that the necessary calculations to solve the folding and buckling. To overcome this happens folding or bending, buckling calculations required lokak (local buckling) and if it is necessary, then the component mounted stiffeners (stiffener), Bearing stiffener, Intermediate stiffener, and Longitudinal stiffener. To meet the needs of the beams to support the existing load, so he found a full-walled beam size plate (Plate Girder) $d = 1,400$ mm high, with a weight plate size 15 mm x 1350 mm, and the wing plate size 25 mm x 500 mm of steel $f_y = 240$ MPa. Beam stiffeners fitted pedestal (Bearing stiffener), stiffeners between (Intermediate stiffener) and longitudinal stiffeners (stiffener Longotudinal).

Keywords: girder plate, local buckling, stiffener

PENDAHULUAN

Pekerjaan konstruksi baja secara umum memerlukan kekuatan maksimal yang dapat ditahan oleh penampang dalam memikul beban, sehingga untuk itu dibutuhkan suatu penampang yang cukup besar dalam memikul beban tersebut. Sebagaimana diketahui pada struktur baja, penampang baja gilas panas yang tersedia sebagaimana telah diproduksi oleh pabrik, ukuran penampang dan daya dukungnya terbatas, sehingga untuk memenuhi kebutuhan konstruksi tertentu yang

memerlukan penampang profil baja yang lebih, lebih tinggi, lebih besar ukuran, atau lebih besar daya dukungnya maka dibutuhkan suatu penampang khusus yang dirancang untuk itu, sehingga diperlukan pemenuhan kebutuhan profil tersebut dengan cara membuat profil secara khusus.

Dalam usaha mengatasi permasalahan ini, maka para ahli teknik sipil berusaha untuk mengatasi hal ini, agar didapatkan suatu penampang yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut dengan cara memodifikasi penampang dari profil baja gilas panas yang telah ada, atau dengan

cara membuat profil baru sesuai dengan kebutuhan, sehingga dipakailah suatu penampang Balok Pelat Berdinding Penuh atau sering disebut Pelat Girder (*Girder Plate*).

Sebagaimana diketahui dalam usaha memenuhi kebutuhan penampang yang dapat memikul momen kerja, maka dapat berupa Balok yang dibuat dari Profil baja gilas panas *WF* atau sejenisnya yang telah tersedia dari pabrik dengan menambahkan suatu pelat pada salah satu sisi luar sayap *WF*, atau pada kedua sisi luar sayap *WF* tersebut (*Cover Plate*) sehingga terpenuhi kebutuhan daya dukung dari balok. Jika alternatif ini masih belum mencukupi untuk menahan momen kerja, maka dibuatlah suatu balok dengan penampang khusus yang terdiri dari susunan elemen-elemen pelat yang disambung satu dengan lainnya (Balok Pelat Berdinding Penuh). Jika alternatif ini pun masih belum mampu menahan momen kerja, maka digunakan alternatif lainnya dengan cara memakai struktur rangka batang.

Balok Pelat Berdinding Penuh pada dasarnya adalah balok yang tinggi, yang terdiri dari pelat badan (*web*) dengan tebal (t_w) dan pelat sayap (*flans*) dengan tebal (t_f), sehingga semua persyaratan dan batasan sebagai balok harus dipenuhi. Pembuatan balok pelat berdinding penuh, dapat dilakukan dengan merangkai elemen pelat badan dengan pelat sayap menjadi sebuah profil yang dibutuhkan dengan menggunakan alat sambung yang tersedia, dalam hal ini alat sambung dapat digunakan alat sambung dari paku keling, baut ataupun dengan menggunakan alat sambung las.

Balok Pelat Berdinding Penuh merupakan balok dengan penampang yang tinggi, sehingga sangat mungkin dipengaruhi oleh terjadinya lipatan pada elemen pelat sayap ataupun tekuk pada elemen pelat badan, sehingga diperlukan perhitungan guna

mengatasi lipatan dan tekuk tersebut. Untuk mengatasi terjadi lipatan ataupun tekuk ini, diperlukan perhitungan tekuk lokak (*lokal buckling*) dan jika benar diperlukan, maka dipasang komponen pengaku (*stiffener*).

Pengaku (*stiffener*) yang dipergunakan dapat digunakan hanya pengaku utama saja Bearing stiffener, atau bersama-sama dengan pengaku antara (*Intermediate stiffener*) ataupun ditambah dengan pengaku memanjang (*Longitudinal stiffener*).

TINJAUAN PUSTAKA

Struktur balok dapat dikategorikan apakah balok biasa ataukah balok pelat berdinding penuh, tergantung dari rasio kelangsingan badan (*web*) h/t_w . Dalam perencanaan balok pelat berdinding penuh (*girder plate beam*), beberapa persyaratan yang harus diketahui dan dipenuhi, seperti kuat momen nominal M_n , kelangsingan λ , tekuk, kuat geser dan pengaku jika diperlukan.

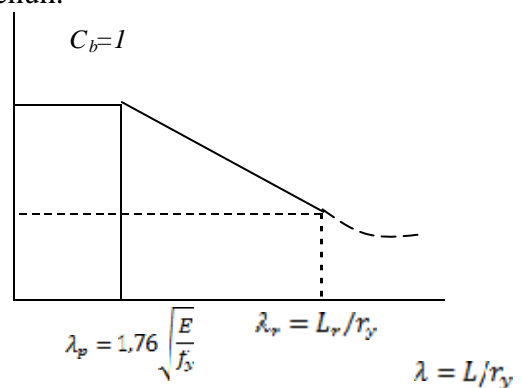
1. Kelangsingan Badan (λ)

Kelangsingan badan (*web*) ditetapkan untuk mencegah terjadinya tekuk vertikal dari flens. Kelangsingan web, h/t_w . Jika rasio kelangsingan

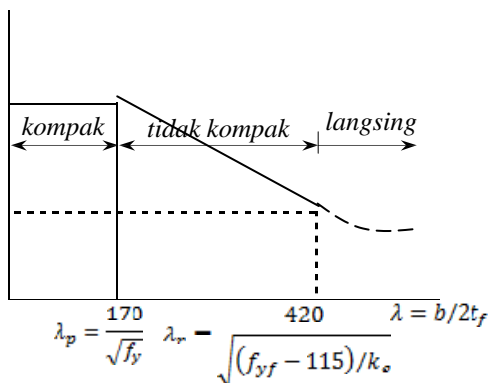
$h/t_w < 2550 / f_y$ 2.1

maka balok dikategorikan adalah balok biasa.

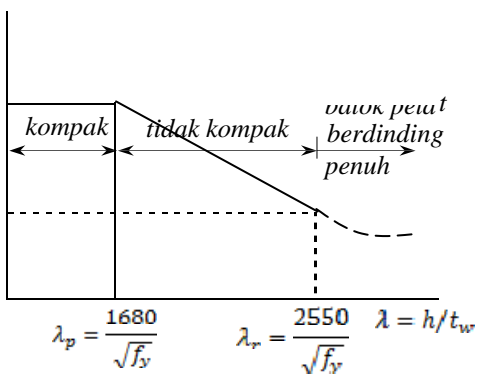
dan jika : $h/t_w > 2550 / f_y$ 2.2
maka dikategorikan balok pelat berdinding penuh.



(a). Batasan Tekuk Torsi Lateral



(b). Batasan Tekuk Lokal



(c). Batasan Tekuk Lokal

Gambar 1. Kondisi Batas Balok Terlentur

2. Kuat Momen Nominal

a) Balok pelat berding penuh
 Dalam hal ini adalah balok yang mempunyai ukuran $h/t_w > \lambda_r$. Kuat lentur nominal komponen struktur dinyatakan dengan :

$$M_n = K_g S f_{cr} \dots\dots\dots 2.3$$

dimana :

f_{cr} adalah tegangan kritis yang besarnya ditentukan oleh butir 8.4.3, 8.4.4, dan 8.4.5 SNI 03 – 1729 – 2002

S adalah modulus penampang

K_g adalah koefisien balok pelat berding penuh

$$K_g = 1 - \left[\frac{a_r}{1200 + 300 a_r} \right] \left[\frac{h}{t_w} - \frac{2550}{\sqrt{f_{cr}}} \right] \leq 1 \dots 2.4$$

Dimana a_r adalah perbandingan luas pelat badan dengan pelat sayap $a_r = A_w/A_f$. Kuat momen nominal dari balok pelat berding penuh diambil dari nilai

terkecil keruntuhan tekuk torsi lateral, hal ini tergantung dari panjang bentang, dan tekuk lokan flens yang tergantung dari ketebalan flens tekan.

b). Faktor pengali momen C_b ditentukan oleh persamaan

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3 \dots 2.5$$

3. Kuat Lentur Berdasarkan Faktor kelangsingan

Kuat lentur balok pelat berding penuh diambil nilai terkecil dari keruntuhan akibat tekuk torsi lateral yang tergantung panjang bentang dan akibat tekuk lokal yang ditentukan oleh tebal pelat sayap.

a). Faktor kelangsingan berdasarkan panjang bentang.

Faktor kelangsingan ini dinyatakan dengan persamaan $G = L/r_t$ dimana :

L adalah jarak antara pengekang, mm

r_t adalah jari-jari girasi daerah pelat sayap ditambah sepertiga bagian pelat badan yang mengalami tekan, mm.

Dengan batas - batas kelangsingan :

$$\lambda_p = \frac{1,76}{2t_f} \dots\dots\dots 2.6$$

$$\lambda_r = \frac{4,40}{2t_f} \dots\dots\dots 2.7$$

L adalah panjang bentang tak terkekang, dan r_t adalah jari-jari girasi daerah pelat sayap ditambah sepertiga bagian web yang mengalami tekan.

Jika $\lambda_G \leq \lambda_p$ keruntuhan akan terjadi akibat leleh, sehingga : $f_{cr} = f_y$

Jika $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$ keruntuhan yang terjadi adalah tekuk torsi later inelastis

$$f_{cr} = C_b \cdot f_y \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda_G - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] < f_y \dots 2.8$$

Jika $\lambda_G > \lambda_r$ keruntuhan akan terjadi akibat tekuk torsi lateral elastis :

$$f_{cr} = f_c \left(\frac{\lambda_r}{\lambda_G} \right)^2 \dots\dots\dots 2.9$$

dengan : $f_c = \frac{C_b \cdot f_y}{2} \leq f_y \dots\dots\dots 2.10$

b). Faktor kelangsingan berdasar kan tebal pelat sayap.

Faktor kelangsingan yang diperhitungkan adalah berdasar kan tebal pelat sayap tekan yang dinyatakan dengan persamaan :

$$\lambda_G = \frac{b_f}{2t_f} \dots\dots\dots 2.11$$

dimana :

b_f adalah lebar pelat sayap, mm

t_f adalah tebal pelat sayap, mm

dengan batas-batas kelangsingan :

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots 2.12$$

$$\lambda_r = 1,35 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots 2.13$$

$$k_e = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}}$$

Dengan

dan $0,35 \leq k_e \leq 0,763$

Jika $\lambda_G \leq \lambda_p$ keruntuhan terjadi akibat leleh, maka

$$f_{cr} = f_y$$

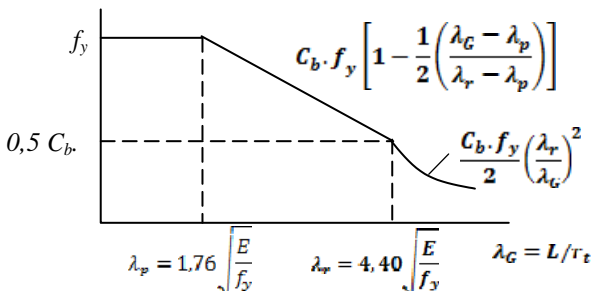
Jika $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$ keruntuhan terjadi akibat tekuk lokal flens inelastis, maka

$$f_{cr} = f_y \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda_G - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq f_y \dots 2.14$$

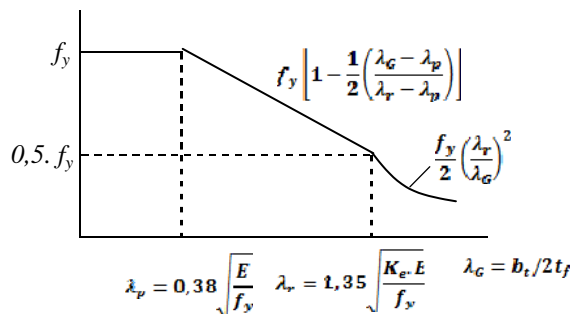
Jika $\lambda_G > \lambda_r$ keruntuhan terjadi akibat tekuk lokal flens elastis, maka

dengan : $f_c = \frac{f_y}{2}$

$$f_{cr} = f_c \left(\frac{\lambda_r}{\lambda_G} \right)^2$$



(a). Tekuk Torsi Lateral



(b). Tekuk Lokal Flens

Gambar 2. Batasan Tekuk Balok Pelat Berdinding Penuh

c). Balok Hebrida

Balok pelat berdinding penuh yang berbeda kuat leleh antara flens dan web dinamakan balok hibrida. Pada umumnya kuat leleh flens lebih tinggi daripada web, sehingga web mengalami leleh terlebih dahulu sebelum kuat maksimum flens tercapai. Kuat momen nominal balok Hebrida :

$$M_n = K_g \cdot S \cdot F_{cr} \cdot R_e$$

dengan :

$$R_e = \frac{12 + a_r(3m - m^3)}{12 + 2 \cdot a_r} \leq 1,0 \dots 2.14$$

dan :

$$a_r = A_w/A_f$$

= rasio antara luas penampang melintang web dengan flens

$$m = f_{yw}/f_{yf}$$

= rasio antara kuat leleh web dengan flens

4. Kuat Geser Nominal

Kuat geser desain balok pelat berdinding penuh adalah $\phi \cdot V_n$ dimana $\phi = 0,9$, Kuat geser balok pelat berdinding penuh adalah merupakan fungsi dari rasio tinggi dan

oleh jarak antara pengaku vertikal yang digunakan. Kuat geser balok pelat berdinding penuh dapat dibedakan menjadi kuat geser pratekuk dan kuat geser pasca tekuk yang dihasilkan dari aksi medan tarik. Aksi medan tarik hanya terjadi pada

balok pelat berding penuh yanf dipasang pengaku vertikal. Jika tidak tidak dipasang pengaku vertikal atau jika pengaku vertikal dipasang dengan jarak yang cukup jauh, maka kuat geser balok pelat berding penuh hanya ditahan oleh oleh kuat geser pratekuk.

a) Tekuk Elastis Akibat Geser Murni

Tegangan tekuk elastis elemen sebuah pelat adalah

$$f_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \nu^2) \left(\frac{h}{t}\right)^2} \dots\dots\dots 2.15$$

Untuk geser murni, maka persamaan menjadi :

$$\tau_{cr} = k \frac{\pi^2 E \cdot k_n}{12(1 - \nu^2) \left(\frac{h}{t}\right)^2} \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana nilai k_n merupakan fungsi dari rasio a/h sebesar :

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \dots\dots\dots 2.17$$

Jika didefinisikan besar Tanpa dimensi, C_v sebagai rasio antara tegangan tekuk geser τ_{cr} dengan tegangan geser leleh τ_y maka :

$$C_v = \frac{\tau_{cr}}{\tau_y} = \frac{\pi^2 E \cdot k_n}{\tau_y 12(1 - \nu^2) \left(\frac{h}{t}\right)^2} \dots\dots\dots 2.18$$

Jika $\nu = 0,6 f_y$ dan $\nu = 0,3$ maka persamaan C_v untuk daerah tekuk elastis menjadi :

$$C_v = 1,5 \frac{k_n \cdot E}{f_y \left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \quad (SNI 03 - 1729 - 2009 Ps. 8.8.5) \dots\dots\dots 2.19$$

b). Tekuk Inelastis Akibat Geser Murni

Pada daerah transisi antara tekuk elastis dengan leleh besarnya τ_{cr} adalah:

$$\tau_{cr} = \sqrt{(\tau_{proporsional})(\tau_{cr \text{ elastis}})} \dots\dots\dots 2.20$$

Jika persamaan diatas dibagi dengan τ_y serta mengambil nilai $\tau_{proporsional} = 0,8 \tau_y$ maka didapatkan:

$$C_v = \frac{\tau_{cr}}{\tau_y} = \frac{1}{\tau_y} \sqrt{0,8 \cdot \tau_y \frac{\pi^2 E \cdot k_n}{12(1 - \nu^2) \left(\frac{h}{t_w}\right)^2}} \dots\dots\dots 2.21$$

Dengan mengambil $\nu = 0,6 f_y$ dan $\nu = 0,3$ maka persamaan C_v untuk daerah inelastic :

$$C_v = 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y \left(\frac{h}{t_w}\right)^2}} \quad (SNI 03 - 1729 - 2009 Ps. 8. 8. 4) \dots\dots\dots 2.22$$

Kuat Geser Nominal Balok Pelat Berding Penuh adalah :

$$V_n = C_v (0,6 f_{yw}) A_w \dots\dots\dots 2.23$$

nilai C_v ditentukan : untuk tekuk elastis nilai $C_v < 0,8$ dan tekuk inelastis nilai $C_v > 0,8$

1) Jika : $C_v = 1$

maka :

$$\frac{h}{t_w} = 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} \dots\dots\dots 2.24$$

Jika nilai h/t_w tidak melebihi batas tersebut, maka kuat geser nominal balok pelat berding penuh adalah :

$$V_n = 0,6 f_{yw} \cdot A_w \quad (SNI 03-1729-2002. Pas.8.8-3a) \dots\dots\dots 2.25$$

2). Batas antara tekuk inelastis dengan tekuk elastis dicapai jika $C_v = 0,8$ sehingga persamaan dapat ditulis menjadi

$$\frac{h}{t_w} = 1,37 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} \dots\dots\dots 2.26$$

jika

$$1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} < 1,37 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} \dots\dots\dots 2.27$$

Maka kuat geser nominal balok pelat berding penuh adalah:

$$V_n = 0,6 \cdot f_{yw} A_w \left[1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} \right] \frac{1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \dots\dots\dots 2.28$$

3). Untuk maka kuat geser nominal balok pelat berding penuh adalah:

$$V_n = \frac{0,9 \cdot A_w \cdot k_n \cdot E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \dots\dots\dots 2.29$$

2.5. Pengaku Vertikal

Pengaku vertikal dipasang pada balok pelat berdinding penuh adalah untuk menghindari terjadinya tekuk pada badan (*web*) akibat geser. Tekuk dimaksud merupakan ratio dari h/t_w dan a/h Jika kedua parameter tersebut diambil sekecil mungkin, maka tekuk akibat geser dapat dihindari. Jika pengaku geser vertikal dipasang dengan jarak a , sehingga nilai a/h cukup kecil, maka akan penuh.

Dimensi pengaku vertikal harus direncanakan sedemikian rupa sehingga mampu menahan gaya tekan akibat aksi medan tarik, sehingga mekanisme rangka batang dapat timbul pada panel-panel balok pelat berdinding penuh.

a). Pengaku Vertikal tidak dipasang :

Pengaku vertikal boleh tidak dipasang jika kuat lentur penampang dapat tercapai tanpa terjadinya tekuk akibat geser. Maka pengaku vertikal tidak dipasang jika :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} \dots\dots\dots 2.30$$

Jika nilai k_n diambil sama dengan 5, dan pengaku vertikal tidak dipasang, maka persamaan menjadi

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Maka kuat geser nominal maksimum dapat tercapai $V_n = 0,6 \cdot f_{yw} \cdot A_w$

Pengaku vertikal tidak dibutuhkan jika :

$h/t_w \leq 260$ dan $V_n \leq C_v \cdot 0,6 \cdot f_{yw} \cdot A_w$

Jika $h/t_w > 260$ maka pengaku vertikal harus dipasang, dan nilai C_v dapat diambil dari persamaan :

$$C_v = 1,5 \frac{k_n \cdot E}{f_y} \frac{1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2}$$

Maka kuat geser nominal maksimum dapat tercapai $V_n = 0,6 \cdot f_{yw} \cdot A_w$

Pengaku vertikal tidak dibutuhkan jika : $h/t_w \leq 260$ dan $V_n \leq C_v \cdot 0,6 \cdot f_{yw} \cdot A_w$

Jika $h/t_w > 260$ maka pengaku vertikal harus dipasang, dan nilai C_v dapat diambil dari persamaan :

$$C_v = 1,5 \frac{k_n \cdot E}{f_y} \frac{1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \dots 2.31$$

Untuk tekuk elastis dan untuk tekuk inelastis dengan nilai $k_n = 5$

a). Tekuk inelastis jika :

$$2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 3,06 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots 2.32$$

$$C_v = \frac{2,46 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}}{\frac{h}{t_w}} \dots\dots\dots 2.33$$

b). Tekuk elastis jika :

$$3,06 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 260 \dots\dots\dots 2.34$$

$$C_v = 7,5 \frac{E}{f_y} \frac{1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \dots\dots\dots 2.35$$

c). Kekakuan Pengaku Vertikal

Pengaku vertikal harus cukup kaku untuk mencegah *web* berdeformasi keluar bidang ketika terjadi tekuk. Maka momen inersia minimum pengaku vertikal harus terpenuhi, yaitu : $I_g \geq j \cdot a \cdot t_w^2 \dots\dots\dots 2.36$

Dimana :

I_g adalah momen inersia pengaku vertikal yang diambil terhadap tengah tebal pelat *web* untuk sepasang pengaku vertikal, diambil terhadap bidang kontak dengan *web* jika hanya ada satu pengaku vertikal.

d). Gaya Tekan dipikul Pengaku Vertikal

$$P_z = 0,5 \cdot f_{yw} \cdot (1 - C_v) \cdot a \cdot t_w \left[1 - \frac{\frac{a}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \dots\dots 2.38$$

e). Luas minimum pengaku vertikal

$$A_s \geq 0,5 \cdot A_w \cdot D(1 - C_v) \left[\frac{a}{h} - \frac{\left(\frac{a}{h}\right)^2}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \dots 2.39$$

dimana :

C_v ditentukan dari persamaan 2.19 atau 2.22

$A_w = h \cdot t_w =$ luas web

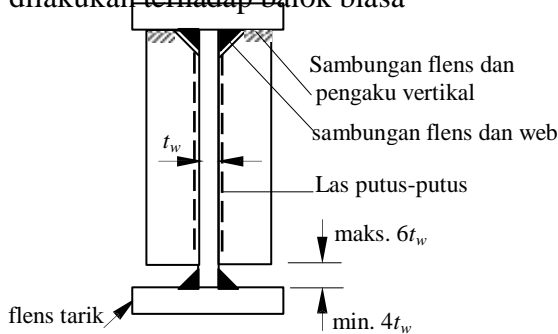
$D = 1,0$ untuk sepasang pengaku vertikal

$= 1,8$ untuk pengaku vertikal dari profil siku tunggal

$= 2,4$ untuk pengaku tunggal dari pelat

2.6. Pengaku Penahan Gaya Tumpu

Jika balok pelat berdinging penuh menerima beban terpusat, maka bagian badan (*web*) harus diperiksa terhadap kuat leleh, kuat tekuk dukung, kuat tekuk lateral dan kuat tekuk lateralnya. Cara pemeriksaannya sama dengan yang dilakukan terhadap balok biasa



Gambar 3. Sambungan Las pada Balok

a). Kuat Leleh Web

Kuat tumpu terhadap leleh suatu web adalah :

1). Jika jarak beban terpusat terhadap ujung balok lebih besar dari tinggi balok :

$$R_b = (5k+N) \cdot f_{yw} \cdot t_w \dots\dots\dots 2.40$$

2). Jika jarak beban terpusat terhadap ujung balok lebih kecil atau sama dengan tinggi balok :

$$R_b = (2,5k+N) \cdot f_{yw} \cdot t_w \dots\dots\dots 2.41$$

Dimana

k adalah tebal flens ditambah jari-jari peralihan

N adalah dimensi longitudinal pelat perletakan atau tumpuan (minimal = k)

b). Kuat Tekuk Dukung Web

Kuat web terhadap tekuk disekitar flens yang dibebani adalah :

1). Jika beban terpusat dikenakan pada jarak lebih dari $d/2$ dari ujung balok :

$$R_b = 0,79 \cdot t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E \cdot f_y \cdot t_f}{t_w}} \dots 2.42$$

2). Jika beban terpusat dikenakan pada jarak kurang dari $h/2$ dari ujung balok

Untuk $N/d \leq 0,2$:

$$R_b = 0,39 \cdot t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E \cdot f_y \cdot t}{t_w}} \dots 2.43$$

Untuk $N/d > 0,2$:

$$R_b = 0,39 \cdot t_w^2 \left[1 + \left\{ 4 \left(\frac{N}{d} \right) - 0,2 \right\} \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E \cdot f_y \cdot t_f}{t_w}} \dots 2.44$$

Dimana :

d adalah tinggi total balok Pelat berdinging penuh

t_f adalah tebal flens balok Pelat berdinging penuh

c). Kuat Tekuk Lateral Web

Kuat tekuk lateral web adalah :

1). Jika flens yang dikekang terhadap rotasi dan hanya dihitung bila $(h/t_w)/(L/b_f) \leq 2,3$:

$$R_b = \frac{C_r \cdot E \cdot t_w^3 \cdot t_f}{h^2} \left[1 + 0,4 \left(\frac{h}{t_w} \right)^3 \left(\frac{L}{b_f} \right) \right] \dots 2.45$$

2). Jika flens tidak dikekang terhadap rotasi dan hanya dihitung bila $(h/t_w)/(L/b_f) \leq 1,7$:

$$R_b = \frac{C_r \cdot E \cdot t_w^3 \cdot t_f}{h^2} \left[0,4 \left(\frac{h}{t_w} \right)^3 \left(\frac{L}{b_f} \right) \right] \dots\dots\dots 2.46$$

Dimana :

$C_r = 6,6 \cdot 10^6$ jika $M_u \leq M_y$

$= 3,3 \cdot 10^6$ jika $M_u > M_y$ adalah tinggi total balok Pelat berdinging penuh

L = adalah panjang bentang tak terkekang dari flens yang terbesar

d). Kuat Tekuk Lentur Web

Kuat tekuk lentur dari web adalah :

$$R_b = \frac{24,08 \cdot t_w^3}{h} \sqrt{E \cdot f_y} \dots\dots\dots 2.4$$

Jika pada setiap lokasi beban terpusat telah dipasang pengaku Penahan gaya tumpu, maka tidak perlu lagi dilakukan pemeriksaan kuat web terhadap leleh, tekuk dukung, tekuk lateral dan tekuk lentur.

Lebar pengaku pada setiap sisi web harus diambil lebih besar dari sepertiga lebar flens dikurangi setengan lebar web, sedangkan tebal pengaku harus diambil lebih tebal dari setengah tebal flens serta memenuhi syarat kelangsingan

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots 2.48$$

Dimana :

b_s adalah lebar pengaku dan t_s adalah tebal pengaku

Tahanan tumpu dari sebuah pengaku penahan gaya tumpu diambil sebesar :

$$R_n 0,75 (1,8 \cdot F_y \cdot A_{pb}) \dots\dots\dots 2.49$$

Dimana :

A_{pb} adalah luas penampang pengaku penahan gaya tumpu

Selanjutnya pengaku harus diperiksa seperti sebuah batang tekan dengan persyaratan :

- 1) Pengaku harus dipasang sepasang setinggi pelat web
- 2) Penampang yang dihitung sebagai batang tekan adalah penampang melintang dari pengaku ditambah dengan $12 \cdot t_w$ (untuk panel ujung) atau $25 \cdot t_w$ (untuk panel dalam), dimana t_w adalah tebal web.
- 3) Panjang tekuk diambil sebesar $0,75 \cdot h$

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penulisan ini berupa kajian studi pustaka yang dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

3.1. Analisis Teoritis

Analisis dilakukan berdasarkan teori yang digunakan dalam penulisan seperti teori kegunaan dan keuntungan dalam penggunaan balok pelat berdinding penuh, mekanika, pembebanan, kelangsingan, kuat lentur, kuat geser, tekuk, dan tegangan yang terjadi pada penampang balok berdinding penuh.

3.2. Analisa Data

Data yang digunakan dalam pembahasan dan juga digunakan sebagai pembandingan hasil perhitungan diambil dari Data Jembatan Air Megang Bentang 30 meter dengan 5 balok Girder Australia :

Bentang jembatan	: 30,00 meter
Lebar lantai	: 6,00 meter
Lebar trotoar	: 2 x 0,5 meter
Jumlah Gelagar	: 5,00 buah
Tinggi girder h	: 1400 mm
Jarak gelagar (a)	: 1500 mm
Baja Plate Girder	: BJ 37 $f_y = 240$ MPa.
Beton Lantai	: $f'_c = 30$ MPa $f_y = 235$ MPa.

dan juga digunakan data-data lain mengenai profil baja, Peraturan Beton Indonesia dan RSNI T-02-2005-standar pembebanan untuk jembatan :

Beban Jalur	: 9 Kpa
Beban Garis	: 49 kN/m

3.3. Perhitungan

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus yang ada dan juga asumsi-asumsi dari hasil analisa teori mengenai persentase keuntungan pemakaian balok pelat berdinding penuh, pemilihan dan pemakaian profil yang lebih menguntungkan.

Dalam perhitungan digunakan Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-

2005, dan Standar Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan RSNI T-03-2005 dengan Metode *Load Resistance and Factor Design* (LRFD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dilakukan terhadap Jembatan Air Megang dengan memakai sistem Balok Girder, Jalan Raya Kelas I bentang $L = 30,0$ meter yang di desain pada tahun 1990.

4.1. Pembahasan

Bentang jembatan : 30,00 meter
 Lebar lantai : 6,00 meter
 Lebar trotoar : 2 x 0,5 meter
 Tebal pelat lantai : 20 cm
 Jumlah Gelagar : 5,00 Plate Girder
 Tinggi girder h : 1400 mm
 Jarak antar (a) : 1500 mm
 Baja Plate Girder : BJ 37 $f_y = 240$ MPa.
 $f_u = 370$ MPa
 Beton Lantai : $f_c' = 30$ MPa, $f_y = 235$ MPa.
 Beban Jalur : 9 Kpa
 Beban Garis : 49 kN/m

a. Pembebanan

1. Akibat Berat Sendiri :
 Aspal 7 cm =
 $0,07 \times 1,5 \times 2,24 \text{ t/m}^2 = 0,2352 \text{ t/m}$
 Pelat beton =
 $0,20 \times 1,5 \times 2,50 \text{ t/m}^2 = 0,7500 \text{ t/m}$
 Air hujan =
 $0,06 \times 1,5 \times 1,00 \text{ t/m}^2 = 0,0900 \text{ t/m}$
 Gelagar memanjang (ditaksir) = 0,0650
t/m

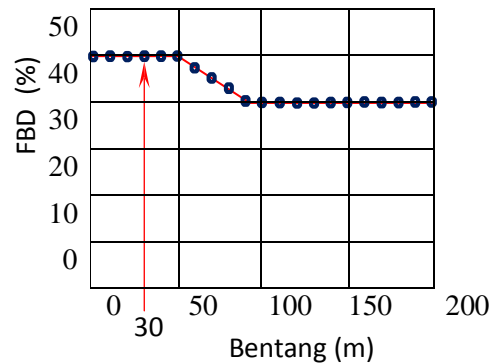
$$q_{DM} = 1,0752 \text{ t/m}$$

2. Akibat Muatan "D"
 Jembatan BM 100, maka P dan q 100%
 Gelagar langsung mempengaruhi lantai kendaraan
 Bentang $L = 30$ meter

Maka "D"

- Beban merata $q_{LL} = 9,0 \text{ Kpa} = 0,9 \text{ t/m}$
- Beban merata (trotoar) $q_{LLt} = 0,5 \text{ t/m}$
- Beban Garis $P_{LL} = 49,0 \text{ Kpa} = 4,9 \text{ t/m}$

Beban garis diatas lantai kendaraan $P_{LL} = 4,9 \text{ t/m}$, dipengaruhi oleh faktor dinamis dengan berpedoman Faktor Beban Dinamis RSNI T-02-2005 :



Berdasarkan grafik dengan bentang 30 m, diperoleh faktor beban dinamis $FBD = 40\%$, maka beban garis menjadi $P_{LL} = 1,40 \times 4,9 \text{ t/m} = 6,86 \text{ t/m}$

Beban dan momen yang terjadi :

Akibat berat sendiri :

$$q_D = 1,2 \times 1,0752 \text{ t/m} = 1,290 \text{ t/m}$$

Akibat Muatan "D" :

$$q_L = 1,6 \times 0,90 \text{ t/m} = 1,4400 \text{ t/m}^2$$

$$q_{Lt} = 1,6 \times 0,50 \text{ t/m} = 0,8000 \text{ t/m}^2$$

$$P_L = 1,6 \times 6,86 \text{ t/m} = 10,9760 \text{ t/m}$$

Momen Berat sendiri :

$$M_D = 1/8 \times 1,290 \times 30^2 = 145,13 \text{ t.m}$$

Momen Muatan "D" :

$$M_L = 1/8 \times (1,44 + 0,8) \times (30)^2 + 1/4 \times 10,976 \times 30 = 334,32 \text{ t.m}$$

Momen Total :

$$M_{Tot} = 145,13 + 334,32 = 479,45 \text{ t.m} = 47945000 \text{ kg.cm}$$

b. Dimensi Profil

a. Rencana Pelat Badan

Tinggi balok $d = 140 \text{ cm}$

Tebal pelat sayap $t_f = 2,5 \text{ cm}$

Tinggi $h = d - 2 t_f$

$$h = 140 - 2(2,5) = 135 \text{ cm}$$

Tebal pelat badan (t_w) $h/t_w > r$ SNI 03 - 1729 - 2002 Pasal 8.4.1

$$r = 2550 / f_y \text{ SNI 03-1729-2002 tabel 7.5.1}$$

$t_w < h/ r$

$r = 2550/ f_y = 2550/ 240 = 164,6$

$t_w < 1350/ \text{mm}$

Jarak pengaku a = 1500 mm

$a/h = 1500/1350 = 1,11 > 1$ Gunakan

rumus 8.7.2a $(h/t_w) \leq 7,07 (E/f_y)$

untuk $1,0 \leq a/h \leq 3,0$

$t_w \leq h/7,07 (E/f_y)$

$t_w \leq 1350/7,07 (200000/240)$

$t_w \leq 6,615 \text{ mm}$

Tebal pelat badan t_w

$t_w = (8,2 + 6,615)/2 = 7,4 \text{ mm}$

Ambil $t_w = 12 \text{ mm}$

$h/ t_w = 1350/12 = 112,5 < r = 164,6$

$h/ t_w = 112,5 < r = 164,6 \dots \dots \dots \text{OK}$

Maka ukuran pelat badan $15 \times 1340 \text{ mm}^2$

b. Pelat Sayap

$f_y = M/W \quad W = A_f \cdot h$

$A_f = M/ f_y \cdot h$

$A_f = 47954000 \text{ kg.cm} / (2400 \times 135)$

$A_f = 148,01 \text{ cm}^2$

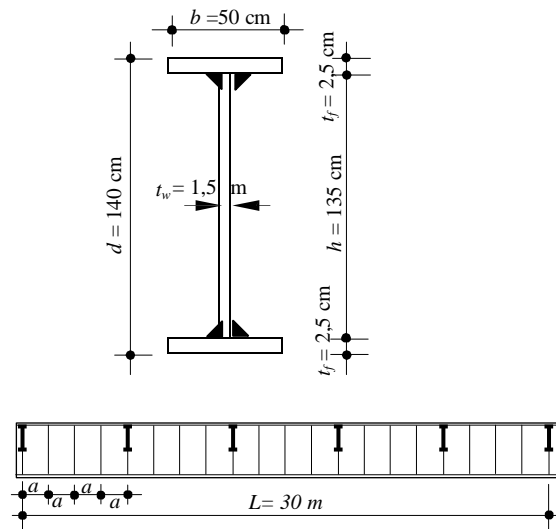
Lebar pelat sayap rencana t_f

$b = A_f / t_f = 148,01 \text{ cm}^2 / (2,5) \text{ cm}$

$b = 59,20 \text{ cm}$

Ambil ukuran pelat sayap $25 \times 500 \text{ mm}^2$

$A_f = 25000 \text{ mm}^2 > 14732 \text{ mm}^2 \dots \dots \text{OK}$



c. Penyambungan badan dengan sayap

$P_u = (q_D \times L/2) + (q_L + q_{Lt}) \times L/2 + P_L/2$

$P_u = (1,290 \times 30/2) + (1,44 + 0,80) \times 30/2 + 10,9760/2$

$P_u = 58,438 \text{ ton} = 584.380 \text{ N}$

Akibat geser :

$(R_n)_v = P/A$

$= 584380 / (2 \times 1 \times 6000) = 48,70 \text{ N/mm}$

Akibat momen :

$(R_n)_v = M/I$

$= 47945000 / (2 \times 1 \times (1350/2)^2)$

$= 52,615 \text{ N/mm}$

$R_{perlu} = \{(48,70^2) + (52,615^2)\}$

$= 71,70 \text{ N/mm}$

Tahanan Las terhadap bahan dasar :

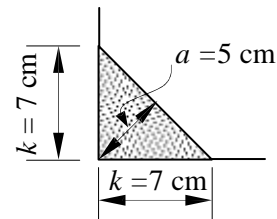
$f R_{nw} = 0,75 \cdot t_f (0,6 \cdot f_u)$

$= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) (0,6 \cdot 240)$

$= 76,356 \cdot a \text{ N/mm}$

$a_{perlu} = 71,70 / 76,356 = 0,94 \text{ mm}$

Ambil $a_{min} = 5,0 \text{ mm}$



c. Kontrol Kuat Lentur Nominal

sayap

$G = b_f / 2t_f = 500 / (2 \times 25) = 10$

$p = 0,38 (E/f_y)$

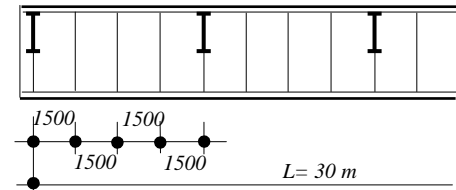
$= 0,38 (200000/240) = 10,97$

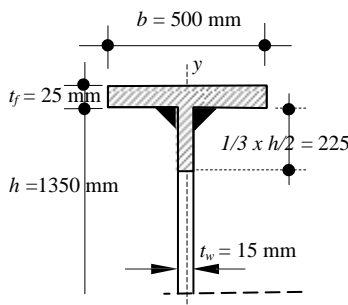
$G < p \quad f_{cr} = f_y = 240 \text{ MPa}$

2. Berdasarkan tekuk lateral

Panjang tekuk $l = 4 \times 1500 = 6000$

mm





Luas penampang sayap A'
 $A' = 500 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} = 12500 \text{ mm}^2$

Momen inersia terhadap sumbu $y = I_y$

$$I_y = 1/12 \times 25 \times 500^3 + 1/12 \times 225 \times 15^3$$

$$I_y = 260479947,90 \text{ mm}^3$$

$$r_y = (I/A)$$

$$= (260479947,90 / 12500)$$

$$r_y = 144,36 \text{ mm}$$

$$G = l / r_y = 6000 \text{ mm} / 144,36 \text{ mm} = 41,56$$

$$p = 1,76 (E/f_y)$$

$$= 1,76 (200000/240) = 50,81$$

$$G < p \quad f_{cr} = f_y = 240 \text{ MPa}$$

Maka dari analisa diatas, didapatkan :

$$f_{cr} = 240 \text{ MPa.}$$

$$N_u = A_g \cdot f_{cr}$$

$$A_g = (15 \times 1350) + 2(500 \times 25) = 45250 \text{ mm}^2$$

$$N_u = 45250 \times 240 = 10860000 \text{ N}$$

$$N_u = 1086 \text{ ton}$$

$$N_n = 0,75 \times 1086$$

$$N_n = 814,5 \text{ ton} > P_u = 58,438 \text{ ton} \quad \text{OK}$$

Kontrol terhadap momen

Koefisien balok K_g

$$K_g = 1 - \left[\frac{a_r}{1200 + 300a_r} \right] \left[\frac{h}{t_w} - \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \right]$$

$$a_r = A_w/A_{fc}$$

$$a_r = (15 \times 1350) / (25 \times 500) = 1,62$$

$$h/t_w = 1350 / 15 = 90$$

$$K_g = 1 - \left[\frac{1,62}{1200 + 300(1,62)} \right] \left[90 - \frac{2550}{\sqrt{240}} \right]$$

$$K_g = 1,072$$

$$I_x = 1/12 \times 1,5 \times 135^3 + 2[1/12 \times 50 \times 2,5^3 + (50 \times 2,5) \times 68,75^2]$$

$$I_x = 1489317,71 \text{ cm}^4$$

$$S_x = I_x / (d/2) = 1489317,71 / (140/2)$$

$$S_x = 21275,97 \text{ cm}^3$$

$$M_u = K_g \cdot S_x \cdot f_{cr}$$

$$M_u = 1,072 \times 21275,97 \times 2400$$

$$M_u = 54738808,57 \text{ kg.cm}$$

$$M_n = 0,9 \times 54738808,57 \text{ kg.cm}$$

$$M_n = 49264927,71 \text{ kg.cm} = 492,65 \text{ t.m}$$

$$M_n > M_n \dots \dots \dots \text{OK}$$

d. Kontrol Kuat Geser

$$h/t_w = 90$$

$$K_x = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{1500}{1350}\right)^2} = 9,05$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{9,05(200000)}{240}} = 95,53$$

$$\frac{h}{t_w} < 1,1 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}}$$

Maka : $V_n = 0,6 f_{yw} A_w$.

$$V_n = 0,6(2400 \text{ kg/cm}^2)(15 \text{ cm} \times 135 \text{ cm})$$

$$V_n = 291600 \text{ kg}$$

$$V_n = 291,60 \text{ ton} > 58,438 \text{ ton} \dots \dots \text{OK}$$

d. Perencanaan Stiffener

1). Perencanaan Pengaku Penumpu Beban pada Perletakan (Bearing Stiffener)

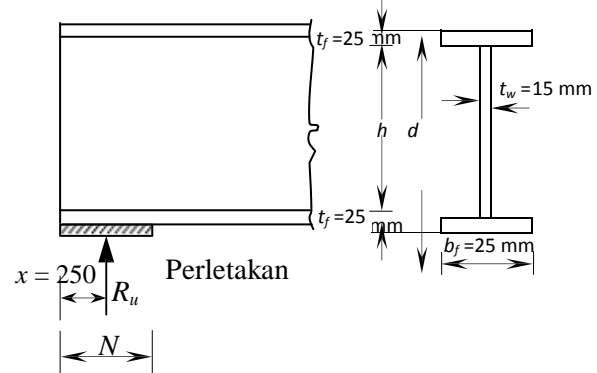
$$P_u = 58,438 \text{ ton}$$

$$d = 1350 \text{ mm}$$

$$h = 1400 \text{ mm}$$

Dimensi Pengaku :

$$R_u - R_b \leq A_s \cdot f_y \dots \dots \dots 7.11.1:$$



R_b ditentukan oleh :

Lentur Pelat Sayap

$$R_b = 6,25 \cdot t_f^2 \cdot f_y = 6,25 \cdot 25^2 \cdot 240$$

$$R_b = 937.500 \text{ N} = 93.750 \text{ kg}$$

Kuat Leleh Pelat Badan

$$R_b = (2,5 \cdot k + N) f_y \cdot t_w$$

$$R_b = (2,5 \times 25 + 300) \times 240 \times 15$$

$$R_b = 1.305.000 \text{ N} = 130.500 \text{ kg}$$

Kuat Tekuk dukung pelat badan

$$(x = 250) \leq \left(\frac{d}{2} = \frac{1400}{2} = 700 \right)$$

$$\left(\frac{N}{d} \right) > 0,2 \rightarrow \left(\frac{300}{1400} = 0,214 \right) > 0,2$$

Maka :

$$R_b = 0,4 \cdot t_w^2 \left[1 + \left\{ 4 \left(\frac{N}{d} \right) - 0,2 \right\} \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E \cdot f_y \cdot t_f}{t_w}}$$

$$R_b = 0,4 \times 15^2 \left[1 + \left\{ 4(0,214) - 0,2 \right\} \left(\frac{15}{25} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{200000 \cdot 240 \cdot 25}{15}}$$

$$R_b = 1.050.836,7 \text{ N}$$

$$R_b = 105.083,67 \text{ kg}$$

Kuat Tekuk Lateral Pelat Badan

$$\left(\frac{h}{t_w} \right) \left(\frac{L}{b_f} \right) \leq 2,3 \rightarrow \left(\frac{1350}{15} \right) \left(\frac{6000}{500} \right) = 7,5 > 2,3$$

Tidak perlu kontrol tekuk lateral

Kuat Tekuk Lentur Pelat Badan

Kuat pelat badan terhadap tekuk lentur akibat gaya tekan adalah :

$$R_b = \frac{24,08 t_w^3}{h} \sqrt{E \cdot f_y}$$

$$R_b = \frac{24,08(15)^3}{1350} \sqrt{(200000)(240)}$$

$$R_b = 417.077,8 \text{ N} = 41.707,78 \text{ kg}$$

Dari nilai-nilai R_b tersebut, maka diambil nilai yang terkecil, yaitu :

$$R_b = 41.707,78 \text{ kg}$$

$$R_b = 0,9 \times 41.707,78 = 37.537 \text{ kg.}$$

$$R_u - R_b \leq A_s \cdot f_y$$

$$58.153 - 37.537 \leq A_s \times 2400$$

$$(f_y = 240 \text{ MPa} = 2.400 \text{ kg/cm}^2)$$

$$20.616 / 2400 \geq A_s$$

$$A_s \geq 8,59 \text{ cm}^2$$

Coba Stiffener lebar 200 mm dengan tebal 15 mm pada kedua sisi :

$$A_s = 2(1,5 \times 20) = 60 \text{ cm}^2 > 8,59 \text{ cm}^2$$

Kontrol Lebar Pengaku (Pasal 7.11.2)

Lebar pengaku pada setiap sisi pelat badan harus lebih besar dari sepertiga lebar pelat sayap dikurangi setengah tebal pelat badan.

$$b_s = 200 \text{ mm} \geq (500/3) - (15/2)$$

$$= 159,17 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Tebal pengaku

Tebal pengaku harus lebih tebal dari setengah tebal pelat sayap dan memenuhi :

$$t_s = 15 \text{ mm} > t_f/2 = 25/2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow t_s \geq \frac{b_s}{0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}}$$

$$t_s = 15 \text{ mm} \geq \frac{200}{0,56 \sqrt{\frac{200000}{240}}} = 12,4 \text{ mm} \dots\dots \text{OK}$$

f = faktor reduksi sesuai Sub-pasal 4.5.2;

t_f = tebal pelat sayap yang dibebani gaya tekan tumpu.

R_b = kuat tumpu nominal pelat badan akibat beban terpusat atau setempat,

t_s = ketebalan pengaku, (mm);

b_s = lebar pengaku, (mm).

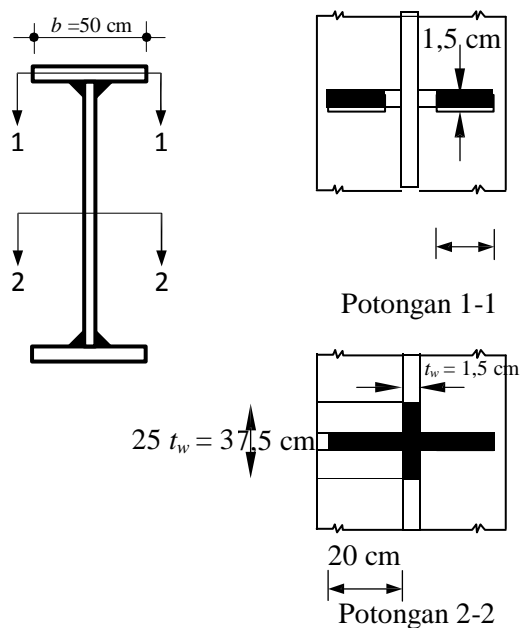
k = tebal pelat sayap ditambah jari-jari peralihan, (mm);

N = dimensi longitudinal pelet perletakan atau tumpuan, minimal sebesar

k , = dinyatakan dalam, (mm);

t_w = tebal pelat badan, (mm).

Kontrol Kekuatan Pengaku sebagai batang tekan :



$$A_g = 2(1,5)(20) + 1,5(37,5)$$

$$= 116,25 \text{ cm}^2$$

$$I = \sum(I_x + A.d^2)$$

$$I = \frac{37,5(1,5)^3}{12} + 2 \left[\frac{1,5(20)^3}{12} + (20)(1,5) \left(\frac{20}{2} + \frac{1,5}{2} \right)^2 \right]$$

$$I = 8944,30 \text{ cm}^4$$

Jari-jari girasi r :

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{8944,30}{116,25}} = 8,772 \text{ cm}$$

Rasio kelangsingan :

$$\lambda = \frac{k.l}{r} = \frac{k.h}{r} = \frac{0,75(135)}{8,772}$$

$$\lambda = 11,542$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} (11,542) \sqrt{\frac{240}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0,127 \rightarrow \omega = 1$$

Kuat tekan nominal penampang :

$$N_n = A_g f_{cr} = A_g f_y / 1$$

$$= (116,25)(10^2) \times 240 / 1$$

$$N_n = 279 \text{ ton}$$

$$N_n = 0,85(279) = 237,15 \text{ ton}$$

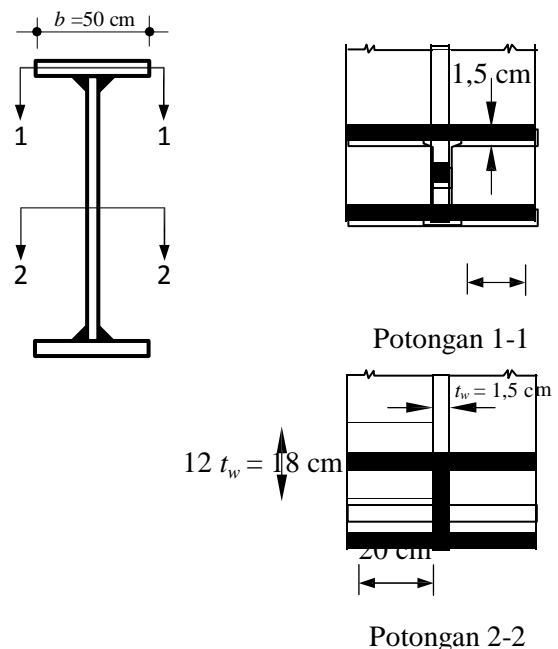
$$N_n = 237,15 \text{ ton} > 58,153 \text{ ton} \quad \text{OK}$$

Tahanan tumpu pengaku untuk panel ujung :

$$R_n = (1,8 \cdot f_y \cdot A_{pb})$$

$$R_n = 0,75(1,8)(240)(4)(175)(15)$$

$$R_n = 340,20 \text{ ton} > 58,153 \text{ ton} \quad \text{OK}$$



Kontrol kekuatan pengaku sebagai batang tekan :

$$A_g = (18)(1,5) + 4(20)(1,5)$$

$$A_g = 147 \text{ cm}^2$$

$$I = \sum(I_x + A.d^2)$$

$$I = \frac{18(1,5)^3}{12} + 4 \left[\frac{1,5(20)^3}{12} + (20)(1,5) \left(\frac{20}{2} + \frac{1,5}{2} \right)^2 \right]$$

$$I = 17872,5625 \text{ cm}^4$$

Jari-jari girasi r :

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{17872,5625}{147}} = 11,0264 \text{ cm}$$

Rasio kelangsingan :

$$\lambda = \frac{k.l}{r} = \frac{k.h}{r} = \frac{0,75(135)}{11,0264}$$

$$\lambda = 9,1825$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} (9,1825) \sqrt{\frac{240}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0,101 \rightarrow \omega = 1$$

Kuat tekan nominal penampang :

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot f_y / \gamma = (147)(10^2) \times \frac{240}{1}$$

$$N_n = 336 \text{ ton}$$

$$N_n = 0,85 (336) = 285,60 \text{ ton}$$

$$N_n = 237,15 \text{ ton} > 58,438 \text{ ton} \quad \mathbf{OK}$$

2). Pengaku vertikal tidak menerima beban R_u (*Intermediate Stiffener*) :

Luas *Intermediate Stiffener*

$$A_s \geq 0,5 \cdot \gamma \cdot A_w (1 - C_v) \left\{ \frac{a/h}{\sqrt{1 + (a/h)^2}} - \frac{(a/h)^2}{\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right\}$$

Dimana :

A_s = Luas Pengaku vertikal yang tidak menerima beban luar secara langsung atau momen

C_v = perbandingan antara kuat geser yang ditentukan pada Sub-pasal 7.8.4 atau 7.8.5 terhadap kuat geser yang ditentukan oleh Sub-pasal 7.8.3;

A_w = luas pelat badan, dinyatakan dalam, (mm²);
 = 1,0 untuk sepasang pengaku;
 = 1,8 untuk pengaku siku tunggal;
 = 2,4 untuk pengaku pelat tunggal.

Ambil :

= 1 Sepasang pengaku

$$C_v = \frac{\text{Kuat geser (pasal 7.8.5)}}{\text{Kuat geser (pasal 7.8.3)}}$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{1500}{135}\right)^2} = 9,05$$

Kuat geser (pasal 7.8.5)

$$V_n = \frac{0,9 \cdot A_w \cdot k_n \cdot E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2}$$

$$V_n = \frac{0,9 \cdot (15 \times 1350) \cdot (9,05) \cdot (200000)}{\left(\frac{1350}{15}\right)^2}$$

$$V_n = \frac{0,9 \cdot (15 \times 1350) \cdot (9,05) \cdot (200000)}{\left(\frac{1350}{15}\right)^2}$$

$$V_n = 4.072.500 \text{ N} = 407.250 \text{ kg}$$

Atau :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \left(C_v + \frac{(1 - C_v)}{1,15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right)$$

C_v

V_n

$$V_n = 2.720.188,8 \text{ N}$$

$$= 272.018.88 \text{ kg (menentukan)}$$

$$C_v = \frac{\text{Kuat geser (pasal 7.8.5)}}{\text{Kuat geser (pasal 7.8.3)}}$$

$$= \frac{272.018,88}{291.600 \text{ kg}}$$

$$C_v = 0,933$$

$$A_s \geq 0,5 \cdot \gamma \cdot A_w (1 - C_v) \left\{ \frac{a/h}{\sqrt{1 + (a/h)^2}} - \frac{(a/h)^2}{\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right\}$$

$$A_s \geq 0,5 \cdot (1) \cdot (1,5 \times 135) \cdot (1 - 0,933) \left\{ \frac{150/135}{\sqrt{1 + (150/135)^2}} - \frac{(150/135)^2}{\sqrt{1 + (150/135)^2}} \right\}$$

$$A_s = 1,935 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 10 \times 1,5 = 15 \text{ cm}^2 > 1,935 \text{ cm}^2 \quad \mathbf{OK}$$

Kekakuan Minimum I_s .. (pasal 7.12.3)

$$a/h = 150/135 = 1,11 < 2 = 1,214$$

maka : syarat $I_s \geq 0,75 \cdot h \cdot t_w^3$

$$I_s = 0,75 \cdot h \cdot t_w^3$$

$$I_s = 0,75(135)(1,5)^3 = 341,72 \text{ cm}^4$$

$$I_s = 1/12 \cdot t_s \cdot b_s^3$$

$$= 1/12(1,5)(10)^3 = 125 \text{ cm}^4$$

$$I_s = 125 \text{ cm}^4 < I_s = 341,72 \text{ cm}^4$$

Tidak memenuhi syarat, maka ukuran *intermediate stiffener* diperbesar

Ambil ukuran 1,5 cm x 15 cm

$$I_s = 1/12 \cdot t_s \cdot b_s^3$$

$$= 1/12(1,5)(15)^3$$

$$= 421,875 \text{ cm}^4 > 342,72 \text{ OK}$$

3. Pengaku memanjang (*Longitudinal Stiffener*)

Pengaku memanjang dipasang jika pelat badan tidak memenuhi syarat yang ditetapkan pada sub-pasal 7.7.5. Pengaku

memanjang pada pelat badan harus menerus dan harus mencapai pengaku melintang pada pelat badan.

Kekakuan minimum

Jika pengaku memanjang diperlukan pada jarak $0,2h$ dari pelat sayap tekan, pengaku tersebut harus mempunyai momen inersia (I_s) terhadap muka pelat badan sedemikian sehingga

$$I_s \geq 4 \cdot h \cdot t_w^3 \left[1 + \frac{4 \cdot A_s}{A_w} \left(1 + \frac{A_s}{A_w} \right) \right]$$

Rencanakan : pengaku memanjang ukuran : $t_s = 1,5$ cm dan $b_s = 15,0$ cm $A_s = 22,5$ cm²

$$A_w = 1,5 \times 135 = 202,5 \text{ cm}^2$$

$$I_s = 2(1/12(1,5)(15^3)) = 843,75 \text{ cm}^4$$

$$I_s \geq 4 \cdot (0,2 \times 135) \cdot (1,5)^3 \left[1 + \frac{4 \cdot (22,5)}{202,5} \left(1 + \frac{22,5}{202,5} \right) \right]$$

$$I_s = 843,75 \text{ cm}^4 \geq 544,50 \text{ cm}^4 \dots \text{OK}$$

Pengaku memanjang pada garis netral

$$I_s = 843,75 \text{ cm}^4$$

$$h \cdot t_w^2 = 135 \times 1,5^2 = 455,625 \text{ cm}^4$$

$$I_s \geq h \cdot t_w^2 \dots \dots \dots \text{OK}$$

Maka Balok Pelat Berdinding penuh berserta dengan pengakunya (*Stiffener*) cukup kuat untuk memikul beban yang bekerja.

KESIMPULAN

1. Balok pelat berdinding penuh balok profil tinggi cocok digunakan untuk menerima beban besar.

2. Balok pelat berdinding penuh memerlukan perkuatan pelat badan dengan *stiffener* untuk menghindari tekuk dan lipatan pada pelat badan dan pelat sayap.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagian Proyek Perencanaan Pengawasan Teknik Jalan Nasional Propinsi Sumatera Selatan. 1990. Buku 4 Gambar Rencana Jembatan Air Mengang Program Penggantian Jembatan Sumatera Selatan.
- SNI 03 - 1729 - 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan. Badan Litbang Pekerjaan Umum RI, Jakarta
- RSNI T-03-2005 Standar perencanaan struktur baja untuk jembatan Badan Standardisasi Nasional, Jakarta
- Setiawan, A. 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Ilham, M.N. 2011. Perhitungan Struktur Baja dengan Microsoft Excel. Diakses di <http://magnesiumkarbonat.files.wordpress.com/2012/04/steel-column11.pdf> pada tanggal 25 Juli 2013.
- Brahmantyo, D. 2012. Contoh Soal Balok Girder. Diakses di <http://dodybrahmantyo.dosen.narotama.ac.id/files/2012/02/Contoh-Soal-Balok-Girder.pdf>.