

ANALISIS TATA LETAK *STIFFENER* TERHADAP TEKUK LOKAL BAJA

Olivia Maria Tumurang

Servie O. Dapas, Reky S.Windah

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: tumurangolivia@gmail.com

ABSTRAK

Balok baja adalah komponen struktur yang memikul beban-beban gravitasi, seperti beban mati dan beban hidup. Dalam balok baja, akan ada saat dimana balok tersebut tidak memiliki kemampuan pada badan profil untuk mendukung reaksi akhir atau beban terpusat sehingga dibutuhkan pengaku vertikal (*stiffener*). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tata letak *stiffener* terhadap tekuk lokal baja yang disebabkan oleh gaya aksial atau gaya yang bekerja pada sumbu utama penampang struktur. *Stiffener* diposisikan bervariasi dengan jarak simetris (a) pada profil yang akan dianalisis. *Stiffener* dianalisis secara tiga dimensi menggunakan software SAP2000 dengan pemodelan elemen balok baja yang menggunakan WF 2100 x 500, dengan *stiffener* 2076 x 236 dengan panjang balok 4,5 m. Analisis dibagi menjadi dua pemodelan dengan 5 variasi tata letak jarak *stiffener* di setiap modelnya. Dari analisa struktur yang dilakukan pada SAP2000, dapat disimpulkan bahwa gaya geser balok dengan *stiffener* yang dipasang dekat dengan daerah tumpuan semakin kecil, sedangkan gaya geser akan meningkat apabila *stiffener* diletakkan di daerah lapangan.

Kata kunci: Balok, *Stiffener*, Tekuk Lokal, Gaya Geser, SAP2000.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pesatnya perkembangan dunia teknik sipil, menuntut bangsa Indonesia untuk menghadapi segala kemajuan dan tantangan di era globalisasi ini, sehingga memicu pertumbuhan ekonomi dan berdampak pada pesatnya pembangunan bangunan-bangunan baru saat ini. Hal tersebut membuat para perencana harus mendesain bangunan yang kuat dan tahan terhadap segala macam perubahan kondisi lingkungan.

Dalam memilih elemen-elemen struktur ada beberapa hal yang dipertimbangkan, antara lain : kekuatan yang cukup, kestabilan, ekonomis, dan tahan lama. Beberapa material bangunan yang sering digunakan pada masa ini adalah baja. Bahan baja walaupun dari jenis yang paling rendah kekuatannya, tetap mempunyai perbandingan kekuatan per volume lebih tinggi bila dibandingkan dengan bahan-bahan lain yang umumnya dipakai.

Pada zaman modern ini Material Baja sebagai bahan konstruksi sudah mulai banyak digunakan dalam perencanaan (*design*) terhadap suatu bangunan. Baja dapat berfungsi sebagai komponen tekan atau lentur. Bentuk penampang baja lebih mudah dibentuk untuk memenuhi setiap keperluan. Disamping itu, Baja memiliki sifat daktilitas, yaitu sifat dari baja yang dapat mengalami deformasi yang besar di bawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur

atau putus, adanya sifat ini membuat struktur baja mampu mencegah terjadinya proses robohnya bangunan secara tiba-tiba.

Namun penampang yang digunakan umumnya lebih langsing karena berbeda dengan balok yang sering memikul lentur. Ukuran penampang balok yang umumnya sangat langsing mengakibatkan adanya potensi terjadinya ketidakstabilan yang berupa deformasi keluar arah bidang pembebanan yang pada balok. Penampang Baja yang digunakan jangan terlalu langsing (terlalu tipis dan pendek lebarnya) agar tidak terjadi tekuk lokal, yaitu keadaan di mana pelat sayap mengalami tekuk (*gagal/failed*), sedangkan struktur yang lain masih utuh.

Keberadaan pengaku (*stiffener*) yang cukup disepanjang balok demikian ternyata dapat lebih lanjut mencegah terjadinya tekuk lokal pada flange (pelat sayap). Namun seberapa jumlah pengaku (*stiffener*) yang diperlukan untuk dapat mencegah tekuk lokal ini masih menjadi suatu pertanyaan.

Rumusan Masalah

Dengan adanya latar belakang di atas mengenai masalah tata letak dan jumlah pengaku (*stiffener*), maka akan dianalisa lebih lanjut

1. Berapa banyak pengaku (*stiffener*) yang diperlukan agar desain dapat mencegah terjadinya tekuk lokal ?
2. Bagaimana tata letak dari pengaku (*stiffener*) agar mencapai suatu kondisi baja dapat menahan beban yang diberikan?

Pembatasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Analisa yang dilakukan hanya pada satu elementer yaitu balok.
- Memvariasikan dua *stiffener* yang dipasang yang diberikan adalah beban terpusat sebesar 800000 N
- Analisa menggunakan perletakan jepit-jepit.
- Analisa menggunakan mutu baja BJ 37
- Hanya memperhatikan tekuk lokal saja.
- Profil baja WF 2100 x 500 dengan panjang 4,5 m (bentang pendek).
- Stiffener* yang digunakan adalah 2076 x 262 x 10
- Analisa yang dilakukan tidak memperhitungkan gaya horizontal.
- Stiffener* yang dipasang sepasang dan tidak memiliki kemiringan (tegak lurus dengan flange).
- Pemodelan dan analisa menggunakan *software* SAP2000 dan ditinjau secara tiga dimensi.

Tujuan Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tata letak yang efektif dari pengaku (*stiffener*) yang akan dipasang disepanjang balok baja untuk mencegah terjadinya tekuk lokal pada baja.

Manfaat Penulisan

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi kepada insiyur dalam merencanakan suatu bangunan struktur baja yang diberikan pengaku (*stiffener*) di sepanjang balok yang berfungsi mencegah terjadinya tekuk lokal agar dipasang dengan seefektif mungkin pada balok baja, sehingga menghasilkan suatu bangunan yang berkekuatan cukup dan tahan lama. Selain itu, Penelitian ini bermanfaat bagi penulis untuk memenuhi salah satu tugas di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado.

LANDASAN TEORI

Baja

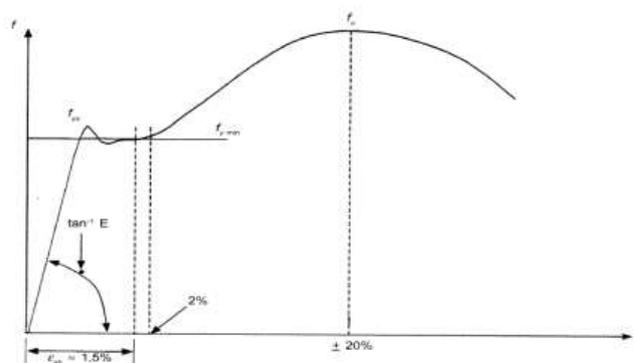
Dalam buku Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Agus Setiawan 2002 ditetapkan, Material Baja yang digunakan dalam struktur dapat diklasifikasikan menjadi baja karbon, baja paduan rendah mutu tinggi, dan baja paduan. Sifat-sifat mekanik dari baja tersebut seperti tegangan leleh dan regangan putusnya.

Baja juga bersifat daktilitas, yaitu kemampuan untuk mengalami deformasi besar

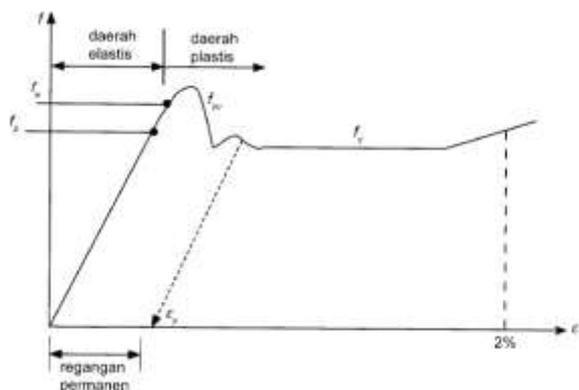
sebelum gagal, Daktilitas sering kali merupakan alasan struktur rangka baja masih dapat berdiri sesudah sebagian dari rangka tersebut mengalami tegangan jauh diatas tegangan izin desain. Deformasi sebagian struktur tersebut akan mentransfer beban ke bagian lain yang memikul beban lebih rendah sehingga akan mencegah struktur dari keadaan *collapse* meskipun semua atau sebagian elemen struktur telah mengalami deformasi berlebihan. Daktilitas ini merupakan sifat baja yang sangat berguna, terutama untuk situasi pembebanan yang tak pasti seperti gempa. (*Desain Baja Struktural Terapan*, Spiegel Leonard dan Limbrunner George, 1991)

Agar dapat memahami perilaku struktur baja, perlu dilakukan pengujian. Model pengujian yang paling tepat untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik dari material baja adalah dengan melakukan uji tarik terhadap sifat-sifat mekanik material baja, karena disebabkan beberapa hal antara lain adanya potensi tekuk pada benda uji yang mengakibatkan ketidakstabilan dari benda uji tersebut, selain itu perhitungan tegangan yang terjadi di dalam benda uji lebih mudah dilakukan untuk uji tarik dari pada uji tekan.

Gambar 1 dan 2 menunjukkan suatu hasil uji tarik material baja yang dilakukan pada suhu kamar serta dengan memberikan laju regangan yang normal. Tegangan nominal (f) yang terjadi dalam benda uji diplot pada sumbu vertikal, sedangkan regangan (E) yang merupakan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula ($\Delta L/L$) diplot pada sumbu horizontal. Gambar 1 merupakan hasil uji tarik dari suatu benda uji baja yang dilakukan hingga benda uji mengalami keruntuhan, sedangkan Gambar 2. menunjukkan gambaran yang lebih detail dari perilaku benda uji hingga mencapai regangan sebesar $\pm 2\%$



Gambar 1. Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (E)



Gambar 2. Bagian Kurva Tegangan-Regangan yang Diperbesar.

Stiffener

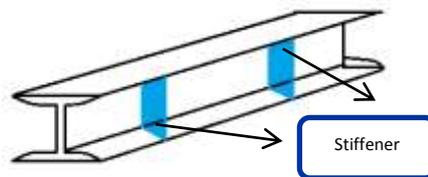
Stiffener adalah bantalan pengaku (pelat) yang digunakan pada titik tumpuan suatu balok ketika balok tidak memiliki kemampuan pada badan profil untuk mendukung reaksi akhir atau beban terpusat. Batas untuk kondisi ini antara lain leleh lokal pada web (*web local yielding*), *web crippling* dan tekuk lokal web.

Tekuk lokal web dapat terjadi bila balok diberi gaya tekan terpusat dan pergerakan lateral antara flange tekan dan flange tarik yang terbeban, tetap sejajar saat terjadi tekuk pada web. (*Structural Steel Design*, Abi Aghayere and Jason Virgil 2009)

Stiffener dibuat untuk membantu badan balok menciptakan garis-garis nodal selama tekuk pelat badan dan untuk menerima gaya-gaya tekan yang ditransmisikan dari badan balok. Pada flens tekan, pengelasan pengaku memberikan stabilitas kepada pengaku dan menjaganya agar tetap tegak lurus terhadap badan balok.

Bila jarak antar pengaku a membuat a/t_w cukup rendah, dan ukurannya cukup memungkinkan mereka bekerja sebagai elemen vertikal tekan dalam sebuah rangka. (*Struktur Baja Desain dan perilaku Edisi Kedua*, Johnson John dan Salmon Charles, 1986)

Dua macam parameter stabilitas balok pelat berdinging penuh adalah rasio h/t_w serta a/h . Jika kedua parameter ini diambil serendah mungkin maka tekuk yang diakibatkan oleh geser dapat dihindari. Jika pengaku vertikal yang dipasang setiap jarak a sedemikian rupa sehingga nilai a/h cukup kecil maka akan timbul aksi medan tarik yang dapat meningkatkan kuat geser nominal dari balok pelat berdinging penuh. Dimensi pengaku vertikal harus direncanakan sedemikian hingga mampu menahan gaya tekan yang timbul akibat aksi medan tarik. (*Struktur Baja Desain dan perilaku Edisi Ketiga*, Johnson John dan Salmon Charles, 1986)



Gambar 3. Ilustrasi Stiffener pada profil WF

Tekuk Lokal

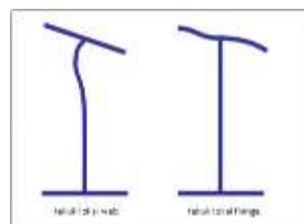
Salah satu kegagalan struktur baja adalah kegagalan tekuk/buckling. Pada umumnya, tekuk diakibatkan oleh gaya aksial, atau gaya yang bekerja pada sumbu utama penampang struktur. Tekuk pada profil baja terbagi menjadi 2 jenis, yaitu tekuk global dan tekuk lokal.

Tekuk merupakan suatu proses dimana suatu struktur tidak mampu mempertahankan bentuk aslinya, sehingga terjadilah perubahan bentuk dalam rangka menemukan keseimbangan baru. Tekuk merupakan fenomena instabilitas yang terjadi pada batang langsing, pelat dan cangkang yang tipis. Konsekuensi tekuk pada dasarnya adalah masalah geometrik dasar, dimana terjadi lendutan besar akan mengubah bentuk struktur.

Pada fenomena tekuk, struktur secara keseluruhan belum tentu gagal. Struktur dapat saja kembali seperti semula. Hal ini dikarenakan proses terjadinya buckling adalah pada daerah elastis. Sehingga ketika beban tekan yang terjadi dihilangkan, struktur akan kembali seperti semula. (Agus Triono, 2007)

Tekuk yang terjadi pada elemen-elemen pelat profil. Untuk IWF, elemen-elemennya ada tiga : sayap atas (*top flange*), sayap bawah (*bottom flange*), dan pelat badan (*web*).

Pada saat menerima momen lentur positif, seluruh top flange akan mengalami tegangan tekan, seluruh bottom flange akan mengalami tegangan tarik, sementara sebagian pelat badan akan mengalami tekan dan sebagian lainnya tarik.



Gambar 4. Ilustrasi Tekuk Lokal yang terjadi pada web dan flange

Bentuk profil baja yang cenderung langsing/tipis lebih mudah untuk mengalami kegagalan tekuk. *Local Buckling* biasanya terjadi pada: Balok tinggi (balok girder, biasanya pada jembatan), balok yang tidak diberi stiffener plate,

balok yang mengalami beban terpusat yang sangat besar, contohnya balok Crane, balok transfer, dll.

Untuk mencegah tekuk lokal pada daerah tekan ini akibat gaya lateral, kita harus memasang sebuah pengaku vertikal (*stiffener*). *Stiffener* dipasang di sepanjang web untuk mencegah tekuk lokal pada web akibat gaya geser dan mencegah tekuk lokal pada flange (pelat sayap).

Balok

Balok adalah komponen struktur yang memikul beban-beban gravitasi, seperti beban mati dan beban hidup. Komponen struktur balok merupakan kombinasi dari elemen tekan dan elemen tarik. (LRFD)

Selain itu balok juga adalah konstruksi mendatar yang bagiannya diberi beban lentur, biasanya dibebani oleh suatu beban yang tegak lurus pada sumbu memanjang. Balok atau gelagar dibedakan oleh dua jenis tumpuan, yaitu : balok diatas 2 buah titik tumpuan dan balok di atas titik tumpuan yang lebih banyak atau balok menerus. (Ir. J. Honing-G. J. Weetzel, Baja Bangunan)

Dalam Structural Steel Design dibahas bahwa balok adalah batang yang mengalami beban transversal dan pa;ing efisien bila luasnya disebar sedemikian rupa hingga jaraknya jauh dari grais netral.

Lentur Sederhana Profil Simetris

Rumus umum perhitungan tegangan akibat momen lentur. Tegangan lentur pada penampang profil yang mempunyai minimal satu sumbu simetri, dan dibebani pada pusat gesernya, dapat dihitung dari persamaan:

$$f = \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y}$$

dengan $S_x = \frac{I_x}{c_x}$ dan $S_y = \frac{I_y}{c_y}$

sehingga $f = \frac{M_x.c_y}{I_x} + \frac{M_y.c_x}{I_y}$

dengan :

- f = tegangan lentur
- M_x, M_y = momen lentur arah x dan y
- S_x, S_y = Modulus penampang arah x dan y
- I_x, I_y = Momen Inersia arah x dan y
- C_x, C_y = jarak dari titik berat ke tepi serat arah x dan y

Perilaku Balok Terkekang Lateral

Momen Leleh M_{yx} , dan besarnya adalah :

$$M_n = M_{yx} = S_x.f_y$$

Dengan Z dikenal sebagai Modulus Plastis.

$$M_p = f_y \int_A y dA = f_y Z$$

Faktor bentuk (*shape factor, SF*) :

$$SF = \epsilon_s = \frac{M_p}{M_y} = \frac{Z}{S}$$

Tegangan Sisa (*Residual Stress*)

Tegangan sisa adalah tegangan yang sudah ada pada penampang ketika batang profil belum terpasang. Tegangan ini terjadi akibat pada saat setelah pencetakan profil, terjadi perbedaan pendinginan antara tiap bagian penampang. Bagian yang lebih luar akan mendingin lebih dahulu. Ketika bagian yang didalam ini kemudian mendingin yang diikuti dengan penyusutan maka akan ditahan oleh bagian luar yang sudah diikuti dengan penyusutan maka akan ditahan oleh bagian luar yang sudah mendingin terlebih dahulu. Akibatnya bagian luar yang tertekan dan bagian dalam yang akan tertari. Besarnya tegangan sisa f_r yang terjadi dapat mencapai 1.3 tegangan lelehnya yaitu antara 70 sampai dengan 100 MPa. Oleh karena itu pada perencanaan baja dengan menggunakan profil yang memiliki dimensi besar, tegangan sisa ini diperhitungkan.

Kuat Nominal Lentur Penampang Pengaruh Tekuk Lokal

Kelangsingan dari sayap untuk profil I adalah:

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{b_f}{2t_f}$$

Untuk profil I batas antara kompak dan tidak kompak pada SNI 03-1729-2002 (Tabel 7.5-1) adalah

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

dan batas antara tidak kompak dan balok langsing adalah

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

dimana :

- λ = kelangsingan penampang
- λ_p = batas maksimum untuk penampang kompak
- λ_r = batas minimum untuk penampang tidak kompak.
- f_y = tegangan leleh baja (MPa)
- f_r = tegangan residu (tegangan sisa) pada pelat sayap, untuk penampang buatan pabrik sebesar 70 MPa dan penampang las sebesar 115MPa

Kelangsingan dari badan untuk profil I adalah :

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w}$$

Untuk profil I, batas dari plastis (penampang kompak):

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

Dan batas untuk daerah inelastis (penampang tidak kompak): $\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$

Penampang Kompak

Suatu penampang dinyatakan kompak jika memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$ pada bagian sayap (flens) dan badan (web). Dengan momen nominal penampang adalah:

$$M_n = M_p$$

Penampang Tak-Kompak

Suatu penampang yang dinyatakan tidak- kompak adalah penampang yang memenuhi $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ pada bagian sayap (flens) dan badan (web). Dengan momen nominal penampang adalah:

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

Penampang Langsing

Suatu penampang yang dinyatakan tidak- kompak adalah penampang yang memenuhi $\lambda_r \leq \lambda$ pada bagian sayap (flens) dan badan (web). Dengan momen nominal penampang adalah:

$$M_n = M_r (\lambda_r / \lambda)^2$$

Pengekang Lateral

Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan, L. (SNI 03-1729-2002).

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_r = \left[\frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}}$$

Bentang Pendek

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L \leq L_p$ dengan kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah:

$$M_n = M_p$$

Bentang Menengah

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_p \leq L \leq L_r$ dengan kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah:

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

Bentang Panjang

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_r \leq L$ dengan kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah:

$$M_n = M_{cr} \leq M_p$$

Kuat Geser

Pelat badan yang memikul gaya geser perlu (V_u) harus memenuhi

$$V_u \leq \phi V_n$$

Kuat Geser Nominal

Dalam penentuan kuat geser nominal (V_n) pelat badan, harus sesuai dengan yang ditentukan di bawah. Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal pelat panel h/t_w memenuhi :

$$(h/t_w) \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}$$

dengan,

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

maka,

$$V_n = 0,6 f_y A_w$$

dengan A_w adalah luas kotor pelat badan.

Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal pelat panel h/t_w memenuhi :

$$(h/t_w) \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}$$

maka, $V_n = 0,6 f_y A_w \left[1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} \right] \frac{1}{(h/t_w)}$

Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal pelat panel h/t_w memenuhi :

$$1,37 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} \leq (h/t_w)$$

maka, $V_n = \frac{0,9 A_w K_n E}{(h/t_w)^2}$

Metode Interaksi Geser dan Lentur

Balok yang direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser yaitu :

$$\frac{M_u}{\phi_b M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi_f V_n} \leq 1,375$$

Gaya Tekan Tumpu

Bila balok dibebani beban terpusat, maka perlu dikontrol terhadap lentur pelat sayap, kuat leleh pelat badan, dan kuat tekuk dukung pelat badan dengan perhitungan seperti :

Kuat Tumpu

Gaya tumpu perlu (R_u) pada pelat badan harus memenuhi

$$R_u \leq \phi R_b$$

Lentur Pelat Sayap

Kuat tumpu terhadap lentur pelat sayap adalah

$$R_b = 6,25 t_f^2 f_y$$

Kuat Leleh Pelat Badan

Kuat tumpuh terhadap leleh suatu pelat badan adalah bila jarak beban terpusat terhadap ujung balok lebih besar dari tinggi balok:

$$R_b = (5 + N) f_y \cdot T_w$$

Bila jarak beban terpusat terhadap ujung balok lebih kecil atau sama dengan tinggi balok:

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

Kuat Tekuk Dukung Pelat Badan

Kuat pelat badan terhadap tekuk di sekitar pelat sayap yang dibebani adalah bila beban terpusat dikenakan pada jarak lebih dari $d/2$ dari ujung balok:

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

Bila beban terpusat dikenakan pada jarak kurang dari $d/2$ dari ujung balok dan untuk $N/d \leq 0,2$:

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

dan untuk $N/d > 0,2$

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

Perencanaan Pengaku Penumpu Beban

Ukuran Pengaku

Jika kekuatan pelat badan R_b yang dihitung dalam Butir 1,2,3,4 dan 5 tidak memenuhi syarat, maka harus dipasang pengaku sedemikian sehingga

$$R_u - \phi R_b \leq A_s \cdot F_y$$

Lebar Pengaku

Dalam merencanakan pemasangan *stiffener* pada member profil, maka lebar *stiffener* harus lebih besar dari $1/3$ panjang sayap dikurangi dengan tebal pelat badan.

$$b_s > \frac{1}{3} b_f - t_w$$

Tebal Pengaku

Dalam merencanakan pemasangan *stiffener* pada member profil, maka tebal *stiffener* harus lebih besar dari setengah tebal pelat sayap.

$$t_s > \frac{1}{2} t_f$$

dan memenuhi : $\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Luas Minimum

Luas penampang *stiffener* yang harus memenuhi:

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

Kekakuan Minimum

Momen inersia (I_s) terhadap garis tengah bidang plat badan

$$I_s \geq 0,75 h \cdot t_w^3 \quad \text{untuk } (a/h) \leq \sqrt{2}$$

$$I_s \geq \frac{1,5 h^3 t_w^3}{a^2} \quad \text{untuk } (a/h) > \sqrt{2}$$

METODOLOGI PENELITIAN

Data untuk Desain

Berikut adalah data-data yang digunakan dalam mendesain model:

- Beban = 800000 N
- Panjang Bentang = 4500 mm
- Ukuran *Stiffener* = 2076 mm x 236 mm
- Dimensi Balok (WF yang digunakan) = 2100 mm x 500 mm
- Tebal Flange pada Balok = 12 mm
- Tebal Web pada Balok = 8 mm
- Tebal *stiffener* = 10 mm

Penelitian yang dilakukan menghasilkan dua pemodelan. Setiap model mempunyai lima variasi tata letak *stiffener*

Langkah-Langkah Penelitian

Untuk mewujudkan uraian diatas maka langkah-langkah analisis yang hendak dilakukan adalah sebagai berikut:

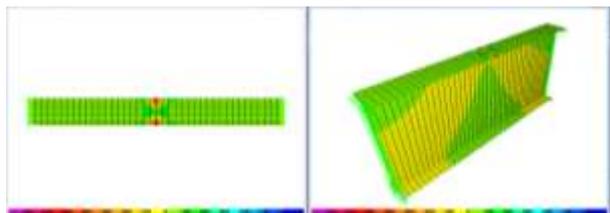
1. Menentukan data-data yang mendukung perancangan variasi tata letak *stiffener*, seperti model profil yang digunakan.
2. Membuat pemodelan profil baja dengan perletakan jepit-jepit.
3. Menentukan variasi jarak *stiffener* pada penampang balok.
4. Menentukan jenis pembebanan dan melakukan perhitungan beban.
5. Melakukan analisa tekuk lokal yang terjadi pada flange balok baja dengan bantuan *software* SAP2000.
6. Mengolah data dan melakukan evaluasi dari keefektifan dan keefisienan Tata Letak *Stiffener*. Mengambil kesimpulan berdasarkan hasil perbandingan dan pembahasan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

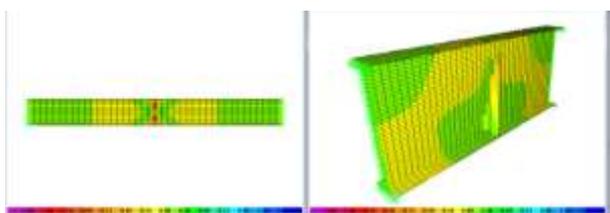
Hasil Penelitian

Profil yang digunakan adalah WF 2100 x 500 dengan perletakan jepit-jepit serta diberikan beban terpusat sebesar 800000 N. Berikut adalah ilustrasi gambar dari hasil penelitian.

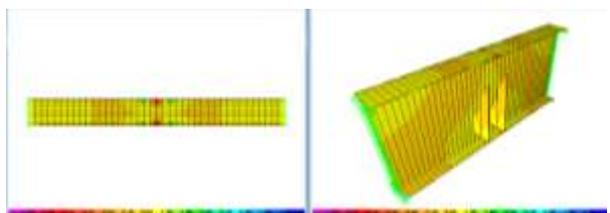
Hasil Tegangan Normal (S_{11}):



Gambar 5. Show Stress S_{11} untuk profil tanpa stiffener

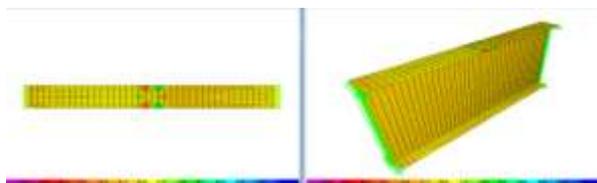


Gambar 6. Show Stress S_{11} untuk variasi 1 stiffener dengan letak stiffener di L=1/2

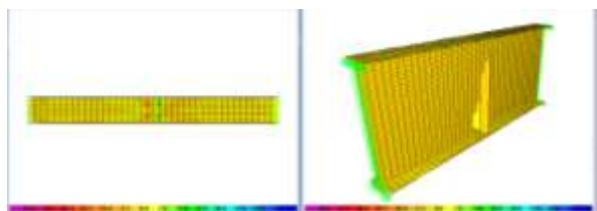


Gambar 7. Show Stress S_{11} untuk variasi 2 stiffener dengan letak stiffener di L-360

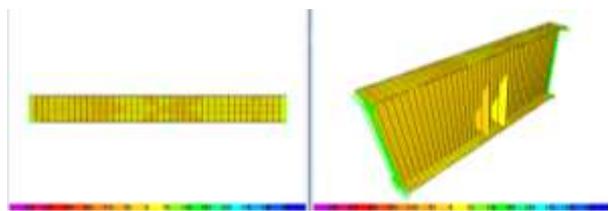
Hasil Tegangan Geser (S_{13}):



Gambar 8 Show Stress S_{13} untuk bentang tanpa stiffener



Gambar 9. Show Stress S_{13} untuk variasi 1 stiffener dengan letak stiffener di L=1/2



Gambar 10. Show Stress S_{13} untuk variasi 2 stiffener dengan letak stiffener di L-360

Pengaruh Tekuk Lokal pada Penampang

Syarat yang harus dipenuhi, untuk tahanan momen lentur

$$\frac{M_u}{\phi_b M_n} \leq 1 \quad \text{OK}$$

Tabel 1. Pemeriksaan terhadap Pengaruh Tekuk Lokal terhadap tahanan Momen Lentur

Jumlah Stiffener	Letak Stiffener	Mu	Mu/ $\phi_b M_n$	Ket
		Nmm		
0	-	1015601369	1.661	NOT OK
1	L=0	1756156099	0.287	OK
1	L=1/4	1756299304	0.287	OK
1	L=1/2	317766033.1	0.052	OK
1	L=3/4	1756293129	0.287	OK
1	L=L	1756300065	0.287	OK
2	L=L	1512191442	0.247	OK
2	L-90	1642750085	0.269	OK
2	L-180	1819079957	0.298	OK
2	L-270	1818775810	0.297	OK
2	L-360	1530202620	0.250	OK

Lendutan

$$\Delta L \leq \frac{L}{240}$$

$$\frac{1 \cdot q \cdot l^3}{192 EI} \leq 18.75 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Tabel 2. Pemeriksaan terhadap Pengaruh Tekuk Lokal terhadap Lendutan

Jumlah Stiffener	Letak Stiffener	Inersia Penampang	Lendutan	KET
		Ix	F	
		cm4	Mm	
0	-	19044105984	0.0996864	OK
1	L=0	26130185984	0.072653	OK
1	L=1/4	26130185984	0.072653	OK
1	L=1/2	26130185984	0.072653	OK
1	L=3/4	26130185984	0.072653	OK
1	L=L	26130185984	0.072653	OK
2	L=L	22496555984	0.0843879	OK
2	L-30	24438570000	0.077682	OK
2	L-60	27062030000	0.0701513	OK
2	L-90	27062030000	0.0701513	OK
2	L-120	27062030000	0.0701513	OK

Gaya geser akibat beban

Syarat yang harus dipenuhi:

$$\frac{V_u}{\phi_f V_n} \leq 1$$

Tabel 3. Pemeriksaan terhadap Pengaruh Tekuk Lokal terhadap Gaya Geser akibat Beban

Jumlah <i>Stiffener</i>	Letak <i>Stiffener</i>	Vu/Øf. Vn	Ket
0	-	0.03466152	OK
1	L=0	0.53817604	OK
1	L=1/4	0.53817609	OK
1	L=1/2	0.51018485	OK
1	L=3/4	0.54043954	OK
1	L=L	0.54021715	OK
2	L=L	0.46510648	OK
2	L-30	0.50457876	OK
2	L-60	0.55987726	OK
2	L-90	0.55950276	OK
2	L-120	0.54320359	OK

Interaksi Geser dan Lentur

Syarat yang harus dipenuhi:

$$\frac{Mu}{\phi b.Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi f.Vn} \leq 1,375 \text{ AMAN}$$

Tabel 4. Pemeriksaan terhadap Pengaruh Tekuk Lokal terhadap Interaksi Geser dan Lentur

Jumlah <i>Stiffener</i>	Letak <i>Stiffener</i>	(Mu/Øb. Mn)+ 0,625*(Vu/Øf. Vn)	Ket
0	-	1.68275369	NOT
1	L=0	0.62359218	OK
1	L=1/4	0.62361564	OK
1	L=1/2	0.37083849	OK
1	L=3/4	0.62502929	OK
1	L=L	0.62489143	OK
2	L=L	0.53802151	OK
2	L-30	0.58404550	OK
2	L-60	0.64744711	OK
2	L-90	0.64716330	OK
2	L-120	0.58977807	OK

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa struktur pada WF 2100 x 500 dengan variasi tata letak *stiffener*, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Stiffener* memberikan kontribusi terhadap elemen balok baja, dalam menahan tekuk lokal yang berada pada baja dapat dilihat dari pemeriksaan terhadap tekuk lokal yang dihasilkan pada penelitian, ada perbedaan yang terlihat pada profil yang menggunakan *stiffener* dengan profil yang tidak menggunakan *stiffener*.
- Stiffener* yang dipasang dengan tata letak yang dekat dengan daerah tumpuan, maka gaya geser yang dihasilkan semakin kecil, sedangkan gaya

geser akan meningkat apabila *stiffener* diletakkan di daerah lapangan.

- Stiffener* yang diletakkan sejajar dengan beban yang diberikan, menambah nilai momen pada bentang, sedangkan jika *stiffener* diletakkan tidak sejajar dengan beban, maka mengurangi momen pada bentang.
- Stiffener* yang diletakkan di 1/4L dan 3/4L mempunyai nilai momen lentur dan gaya geser yang sama. Begitu juga dengan *stiffener* yang diletakkan di L=0 dan L=L.
- Dari semua analisis pemodelan *stiffener*, variasi ketiga dari model yang pertama yaitu dua *stiffener* yang terletak di 1/2L merupakan model yang paling baik, karena pada model ini menghasilkan momen lentur, lendutan dan gaya geser yang kecil.

Saran

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa hal yang patut diperhatikan, yaitu:

- Ketelitian dalam menggunakan *software* harus diperhatikan, khususnya dalam menghasilkan analisa beban yang nantinya akan dikeluarkan dalam bentuk tabel agar lebih memperhatikan nilai yang akan dipakai agar bisa sesuai dengan keadaan di lapangan nanti.
- Dari kesepuluh variasi tata letak *stiffener* yang dibuat disarankan untuk menggunakan variasi ketiga dari model yang pertama yaitu dua *stiffener* yang terletak 1/2L karena memiliki nilai momen lentur, lendutan dan gaya geser yang kecil dan dianggap aman digunakan.
- Stiffener* sebaiknya dipasang di daerah tumpuan karena gaya geser yang terjadi cukup besar di daerah tumpuan.
- Pada studi literatur atau tugas akhir berikutnya tentang pemodelan profil yang menggunakan *stiffener*, mahasiswa bisa menggunakan pemodelan portal (balok dan kolom) sehingga mahasiswa juga bisa mengetahui tegangan dan defleksi pada kolom. Atau memperpanjang bentang agar dapat meninjau tekuk torsi lateral yang terjadi pada bentang menengah dan bentang panjang yang diberikan *stiffener*. Selain itu mahasiswa juga dapat menambah variasi kemiringan *stiffener*.
- Melakukan penelitian lebih lanjut di laboratorium struktur mengenai *stiffener*.

DAFTAR PUSTAKA

Aghayere, Abi and Vigil, Jason, 2009. *Structural Steel Design*, United States of America

- Setiawan. Agus, 2002. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD Edisi 1* Jakarta.
- Setiawan. Agus, 2002. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD Edisi 2*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Perencanaan Gedung (SNI 03-1729-2002)*. Jakarta.
- Salmon, Charles G. and John E. Johnson, 1983. *Struktur Baja Desain dan Perilaku Edisi 3*. Jakarta
- Bowles, Joseph E., 1983. *Disain Baja Konstruksi (Structural Steel Design)*. Jakarta
- Spiegel, Leonard dan George F. Limbruner, 1991. *Disain Baja Struktural Terapan*. Bandung
- Honing., J., 1982. *Baja Bangunan*. Jakarta
- Musbar, Bambang Budiono, Herlien D. Sutio, Dyah Kustumastuti, Analisis Numerik Link Panjang dengan Penambahan Pelat Sayap Tepi terhadap Peningkatan Kinerja Struktur Rangka Baja Berpengaku Eksentrik, *Jurnal Teknik Sipil (Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil)*, Vol 22 No.1 April 2015, Institut Teknologi Bandung
- Agus Triono, Analisis Tekuk Pada Daerah Plastis Menggunakan Metode Gerard dan Eksperimen, *Jurnal Teknik*, Vol 9 No.3 Juli 2007, Universitas Diponegoro
- Yurisman, Budiono, B., Mustopo, M., Suarjana, M., 2010, Behaviour of Shear Link of WF Section with Diagonal Web Stiffeners Braced Frame (EBF) of Steel Structure, *ITB Journal of Engineering Science (International Journal)* Vol.42 No.2 November 2010, The Institute for Research and Community Service, Institut Teknologi Bandung.
- Pramono, Handi., dkk, 2007, *12 Tutorial dan Latihan Desain Konstruksi dengan SAP 2000*, Yogyakarta