

## PERENCANAAN STRUKTUR ATAP PROFIL BAJA WF

Lydia Darmiyanti<sup>1</sup>, Ahmad Pahrul Rodji<sup>2</sup> dan Asaddulah Mumtaz<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Krisnadwipayana, Jl. Kampus Unkris,

Jatiwaringin Pondok Gede, Bekasi

Email: [lydiadarmiyanti@unkris.ac.id](mailto:lydiadarmiyanti@unkris.ac.id)

Email: [pahrul\\_rodji@yahoo.com](mailto:pahrul_rodji@yahoo.com)

Email: [asaddulloh83@gmail.com](mailto:asaddulloh83@gmail.com)

### ABSTRAK

Rangka atap merupakan salah satu bagian dari struktur atap yang berfungsi untuk melindungi bangunan dari matahari maupun hujan. Material untuk rangka atap pada saat ini telah mengalami perubahan dari kayu ke material yang lebih mudah didapat, ekonomis, lebih ringan dan mudah dalam pemasangan. Baja profil WF (*wide flange*) salah satu alternatif rangka atap yang banyak digunakan. Berat profil WF yang relatif ringan dengan struktur yang padat menjadikan profil ini banyak digunakan untuk rangka kuda-kuda atap. Analisis ini dilakukan guna mengetahui kekuatan dari struktur kuda-kuda baja profil WF dan sambungannya. Metode analisa yang digunakan adalah metode LRFD yang dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 v20 menganalisa konstruksi atap tersebut dan menggunakan bantuan program Idea StatiCa dalam menghitung sambungannya. Berdasarkan hasil yang diperoleh, kuda-kuda yang menggunakan profil WF 200.100.5,5.8 ini mampu menahan gaya-gaya yang bekerja pada struktur kuda-kuda tersebut, serta sambungan mencukupi untuk menahan gaya-gaya yang terjadi

**Kata kunci:** Metode LRFD, profil WF, kuda-kuda atap.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Atap merupakan salah satu komponen utama dalam sebuah bangunan gedung untuk melindungi dari panas dan hujan. Selain itu, atap juga merupakan salah satu komponen arsitektural yang menambah keindahan sebuah bangunan gedung. Maka dari itu setiap bangunan gedung harus memiliki atap.

Keuntungan memanfaatkan rangka baja untuk konstruksi bangunan adalah mudah dalam pemasangan, praktis, kuat dan tahan lama. Baja juga tidak akan terpengaruh oleh perubahan cuaca yang ekstrim. Baja bisa didesain menjadi tidak mudah karatan dan menjamur. Di tambah lagi dapat dibuat baja tahan air, anti rayap, tidak mudah keropos dan memiliki kekuatan leleh yang besar. Rangka baja tidak hanya digunakan untuk konstruksi atap rumah, tetapi juga dapat digunakan untuk membangun bangunan besar, seperti pabrik, gudang dan struktur konstruksi bangunan lainnya.

Adapun material yang digunakan untuk kuda-kuda atap ini yaitu material baja WF. Konstruksi atap baja WF yang di kerjakan di maksudkan untuk mendukung beban penutup atap, beban berat sendiri, beban beban sekunder seperti beban angin, beban pekerja dan beban lainnya yang kemungkinan bekerja.

Penggunaan struktur rangka atap dengan profil WF yang semakin meningkat menjadi hal yang menarik untuk menganalisis rangka kuda-kuda WF beserta sambungannya. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan kuda-kuda baja profil WF dan kekuatan dari sambungan kuda-kuda tersebut.

### 1.2 Tinjauan Pustaka

#### 1.1.1 Atap

Atap merupakan bagian dari bangunan gedung (rumah) yang letaknya berada dibagian paling atas, yang berfungsi sebagai penutup/pelindung bangunan dari panas terik matahari dan hujan sehingga memberikan

kenyamanan bagi penggunaan Bangunan. Dilihat dari penampakannya ataplah yang paling pertama kali terlihat oleh pandangan setiap yang memperhatikannya

### 1.1.2 Sifat Mekanis Baja

Menurut SNI 03–1729–2015 tentang tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum, Tegangan Leleh ( $f_y$ ) dan Tegangan Putus ( $f_u$ ). untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai mengenai sifat sifat mekanis baja struktural. <sup>[1]</sup>

Sifat-sifat mekanis lainnya, Sifat-sifat mekanis lainnya baja struktural untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut: <sup>[2]</sup>

Modulus elastisitas :  $E = 2100000 \text{ MPa}$   
 Modulus geser :  $G = 80.000 \text{ MPa}$   
 Nisbah poisson :  $\mu = 0,3$   
 Koefisien pemuaian :  $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$

### 1.1.3 Kombinasi Pembebanan

Spesifikasi LRFD mengambil kombinasi-kombinasi beban terfaktor sebagai berikut : <sup>[1]</sup>

1,4D  
 1,2D + 1,6L + 0,5(L<sub>r</sub> atau R)  
 1,2D + 1,6(L<sub>r</sub> atau R) + (L atau 0,5W)  
 1,2D + 1,0W + L + 0,5(L<sub>r</sub> atau R)  
 1,2D + 1,0E + L  
 0,9D + 1,0W  
 0,9D + 1,0E

### 1.1.4 Analisis Batang Tarik

Penggunaan baja struktural yang paling efisien adalah sebagai bahan tarik, yaitu komponen struktur yang memikul gaya tarik antara dua titik pada stuktur. Komponen struktur yang memikul gaya aksial tarik terfaktor ( $n_u$ ) harus memenuhi persamaan dibawah ini, (tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung):

Dengan :

$$N_n = 0,9 A_g f_y \text{ (kondisi leleh)} \quad (1)$$

$$N_n = 0,75 A_e f_u \text{ (kondisi fraktur)} \quad (2)$$

Dimana:

$$A_g = \text{Luas Penampang Kotor, mm}^2$$

$$A_e = \text{Luas Efektif Penampang}$$

$$F_y = \text{Tegangan Leleh}$$

$$F_u = \text{Tegangan Tarik Putus}$$

Luas penampang efektif komponen yang mengalami gaya tarik ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_c = AU \quad (3)$$

Keterangan :

$$A = \text{luas penampang}$$

$$U = 1 - (X/L) \leq 0,9 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$X = \text{Eksentrisitas sambungan jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik berat penampang yang disambung dengan bidang sambungan}$$

$$L = \text{Panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut yang terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dalam arah gaya tarik.}$$

### 1.1.5 Metode LRFD

Desain struktur haruslah memberikan keamanan yang cukup baik terhadap kemungkinan kelebihan beban (*over load*) atau kekurangan kekuatan. Desain harus memberikan cadangan kekuatan yang diperlukan akibat kemungkinan kelebihan beban dan kemungkinan kekuatan material yang rendah. Oleh karena itu LRFD memberikan *design factor resistance* (keamanan) dan faktor beban. Persamaan umum LRFD dituliskan : <sup>[3]</sup>

$$\phi R_n > \gamma_o \Sigma \gamma_i \cdot Q_i \quad (4)$$

Dimana :

$$\phi = \text{faktor resistensi}$$

- $R_n$  = kekuatan nominal  
 $\gamma$  = faktor kelebihan beban  
 $Q$  = beban (beban mati, beban hidup, beban angin)

Ruas kiri menyatakan kekuatan nominal  $R_n$  yang dikalikan oleh faktor pengurangan kapasitas (*undercapacity*)  $\phi$ , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam besarnya daya tahan (*resistance uncertainties*).

Ruas kanan merupakan jumlah hasil kali pengaruh beban  $Q_i$  dan faktor kelebihan beban (*overload*)  $\gamma_i$ . Jumlah hasil kali ini dikalikan dengan faktor analisis  $\gamma_o$  (bilangan lebih besar dari 1,0) untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam analisis struktur. Sebagai perbandingan dengan filosofi perencanaan konvensional, faktor  $\phi$  bisa dipindah ke ruas kanan menjadi penyebut sehingga didapatkan faktor keamanan.

Berikut adalah beberapa faktor resistensi  $\phi$  yang representatif :<sup>[1]</sup>

Batang tarik :

- $\phi_t = 0,90$  untuk keadaan batas leleh  
 $\phi_t = 0,75$  untuk keadaan batas retakan

Batang tekan :

- $\phi_b = 0,85$

Balok :

- $\phi_c = 0,90$  untuk keadaan batas leleh

Pengelasan :

- $\phi = 0,85$  sama untuk semua tipe kerja, yakni tarik, lentur dan sebagainya

Penyambung (baut A235) :

- $\phi = 0,75$  untuk kekuatan tarik  
 $\phi = 0,65$  untuk kekuatan geser

### 1.1.5 Analisis Balok Lentur

Suatu balok dengan dua tumpuan yang menerima pembebanan akan mengalami gaya-gaya seperti momen dan geser. Oleh karena itu, maka suatu balok harus ditinjau dari:

a. Stabilitas terhadap tekuk lokal (*local buckling*)

*Sebelum memperhitungkan kekuatan momen nominal, suatu balok harus ditinjau terlebih dahulu kestabilan lateralnya. Desain harus memperhitungkan fakta bahwa tekuk lokal flens tekan atau tekuk lokal badan dapat terjadi sebelum mencapai regangan tekan yang besar diperlukan untuk menimbulkan  $M_p$ .*<sup>[4]</sup>

Balok dengan dimensi yang secara lateral stabil disebut penampang kompak, syarat penampang kompak :<sup>[1]</sup>

Perbandingan lebar *flens* terhadap tebal *flens* :

$$\lambda_f = \frac{b_f/2}{t_f} \text{ tidak memenuhi} \quad (5)$$

$$\lambda_{pf} = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \text{ (dalam MPa) atau} \quad (6)$$

$$\lambda_{pf} = \frac{65}{\sqrt{f_y}} \text{ (dalam ksi)} \quad (7)$$

Perbandingan lebar terhadap tebal :

$$\lambda_w = \frac{h_w}{t_w} = \frac{h - (2t_f)}{t_w} \text{ tidak memenuhi} \quad (8)$$

$$\lambda_{pw} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \text{ (dalam MPa) atau} \quad (9)$$

$$\lambda_{pw} = \frac{640}{\sqrt{f_y}} \text{ (dalam ksi)} \quad (10)$$

Dimana :

- $t_f$  = tebal pelat sayap (*flens*) penampang (cm)  
 $b_f$  = lebar pelat sayap (*flens*) penampang (cm)  
 $h_w$  = tinggi bersih pelat penampang (cm)  
 $\lambda_f$  = rasio kerampingan pada sayap (*flens*)  
 $\lambda_{pf}$  = rasio kerampingan maksimum pada flens untuk elemen kompak  
 $\lambda_w$  = rasio kerampingan pada badan (*web*)

$f_y$  = tegangan leleh

$\lambda_{pw}$  = rasio kerampingan maksimum pada *web* untuk elemen kompak

b. Stabilitas terhadap tekuk lateral (*lateral buckling*)

Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan. Batas-batas bentang pengekang lateral ( $L$ ) ditentukan sebagai berikut:

Bentang pendek  $L < L_p$  (Zona I) [4]

$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$  (dalam MPa) atau

$$L_p = \frac{300}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y \text{ (dalam ksi) dengan} \quad (11)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_g}{A}} \quad (12) \quad (13)$$

Untuk komponen struktur yang memenuhi  $L \leq L_p$  kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah  $M_n = M_p$ . Dalam kasus perhitungan disini menggunakan bentang pendek. Jika  $L < L_p$  maka penampang sudah kuat terhadap tekuk lateral. Jika tidak maka perlu diberikan pengaku antara jarak sama dengan atau kurang dari  $L_p$ . [4]

Bentang menengah  $L_p < L < L_r$  (Zona II)

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

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p \text{ dengan,} \quad (14)$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{max}}{2,5 \cdot M_{max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 2,3 \quad (15)$$

dimana,

$M_{max}$  adalah momen maksimum bentang yang ditinjau dan  $M_a, M_b, M_c$  adalah momen  $\frac{1}{4}$  bentang, tengah bentang dan  $\frac{3}{4}$  bentang.

Bentang panjang  $L > L_r$  (Zona III)

Untuk komponen struktur yang memenuhi  $L_r \leq L$ , kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah  $M_n = M_{cr} \leq M_p$

c. Kekuatan Momen Nominal

Persyaratan kekuatan untuk balok pada sesain faktor beban dan resistensi menurut LRFD-F2 dapat dinyatakan sebagai berikut : [4]

$$\phi_b M_n > M_u$$

Dimana :

$\phi_b$  = faktor resistensi (reduksi kekuatan) untuk lentur = 0,90

$M_n$  = kekuatan momen nominal

$M_u$  = momen beban layanan terfaktor

Untuk penampang kompak,

$$M_n = M_p = Z \cdot F_y \quad (16)$$

Dimana :

$M_p$  = kekuatan nominal plastic

$Z$  = modulus plastic

$F_y$  = tegangan leleh yang ditentukan

d. Kekuatan Geser Nominal

Dalam keadaan terlentur, suatu balok akan mengalami gaya geser. Gaya geser terbesar terjadi pada sumbu balok tersebut

Kuat geser nominal ( $V_n$ ) pelat badan harus diambil seperti yang ditentukan di bawah ini : [4]

Untuk Zona I :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}}$$

Maka kuat geser nominal pelat badan,

$$\phi \cdot V_n = 0,6 F_y \cdot A_w$$

Dimana :

$V_n$  = kekuatan nominal dalam geser

$F_y$  = tegangan leleh

$A_w$  = luas badan

Untuk Zona II :

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \quad (17)$$

Maka kuat geser nominal pelat badan,

$$\phi \cdot V_n = 0,6 F_y \cdot A_w \left[ 1,10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \right] \frac{1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \quad (18)$$

Untuk Zona III :

$$1,37 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \quad (19)$$

Maka kuat geser nominal pada badan,

$$\phi \cdot V_n = \frac{0,9 \cdot A_w \cdot K_n \cdot E}{(h/t_w)^2} \quad (20)$$

$$K_n = \frac{5}{(a/h)^2} \quad (21)$$

dimana :

$K_n$  = 5 apabila tidak dipasang pengaku vertikal

$h$  = tinggi balok ber dinding penuh (cm)

$t_w$  = tebal pelat badan (cm)

$a$  = jarak antara dua pengaku vertikal (cm)

$A_w$  = luas pelat badan (cm<sup>2</sup>)

Dalam perencanaan harus diperhitungkan :

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

Dengan

$\phi$  = 0,90 (faktor reduksi, yakni reduksi kekuatan untuk geser )

$V_u$  = beban geser layanan terfaktor stabilitas terhadap gaya tekan tumpu

Bila beban terpusat dikenakan pada balok yang terletak pada tumpuan reaksi dari flens balok pada sambungan ke kolom, pelelehan setempat akan terjadi di dekat beban terpusat tersebut dari tegangan tekan yang tinggi yang diikuti tekuk tak elastic pada daerah badan yang berdekatan dengan rumit file. <sup>[4]</sup>

e. Stabilitas terhadap aksi medan tarik (*tension field action*)

Gelagar pelat biasanya didesain dengan disertai pengaku antara (*intermediate stiffener*) seperti terlihat pada gambar dibawah ini. Kedua parameter stabilitas untuk badan gelagar adalah  $h/t_w$  dan  $a/h$ . tekuk yang diakibatkan geser dapat dihindari bila parameter-parameter stabilitas ini dipertahankan cukup rendah; atau tegangan geser dapat dipertahankan dibawah tegangan tekuk kritis  $\tau_{cr}$ . Karena balok tempa dimiliki rasio  $h/t_w$  yang rendah, tekuk yang diakibatkan geser tidak akan terjadi. Bila jarak antar pengaku  $a$  membuat  $a/t_w$  cukup rendah dan ukurannya cukup memungkinkan, mereka bekerja sebagai elemen vertikal tekan dalam sebuah rangka (*truss*). Kekuatan pasca tekuk (*aksi medan tarik*) akan tersedia dan dapat dimanfaatkan dalam desain. Jika  $h/t_w < 260$  dan  $V_n < C_v (0,6 F_y) \cdot A_w$  maka pengaku tidak diperlukan.

Persamaan diatas logisnya berlaku untuk situasi-situasi dengan dan tanpa pengaku antara bila sasarannya adalah untuk mencegah tekuk yang diakibatkan oleh geser. <sup>[1]</sup>

Ada 2 kuat tekuk geser ( $V_n$ ) :

Kuat tekuk geser elasto-plastis :

$$V_n = 0,06 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \left[ C_v + \frac{(1 - C_v)}{1,15 \cdot \sqrt{(1 + (a/h)^2)}} \right]$$

(22)

Kuat tekuk geser elasto-plastis pelat badan adalah  
Dengan

$$C_v = 1,10 \cdot \frac{\sqrt{K_n \cdot E / f_y}}{(h/t_w)} \quad (23)$$

Kuat tekuk geser elastik :

$$C_v = 1,5 \cdot \frac{K_n \cdot E}{f_y} \cdot \frac{1}{(h/t_w)^2} \quad (24)$$

f. Kekuatan terhadap interaksi geser dan lentur

Menurut peraturan SNI 03-1729-2015, Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka balok harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser yaitu: <sup>[1]</sup>

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375 \quad (25)$$

### Gording

Gording dianggap sebagai balok diatas dua perletakan sendi pada balok WF dalam arah tegak lurus bidang atap. Gording memikul beban gravitasi yang menerima gaya normal tekan akibat beban angin, beban atap dan beban sendiri gording.

Di perhitungan gording pada struktur atap ini menggunakan program bantu SAP 2000, maka dimensi gording yang digunakan adalah CNP.

### Batang Tarik (Trackstang)

Kita ketahui bahwa sumbu y gording adalah sumbu lemah, sehingga akibat uraian gaya dalam arah sumbu y maka gording akan melentur besar. Untuk memperkecil lendutan arah y yang terjadi maka kita pasang trackstang yang menghubungkan antar gording.

Trackstang dianggap sebagai batang tarik yang berfungsi untuk memperkecil lendutan arah y. Perhitungan ini menggunakan Program bantu SAP 2000, yaitu : *trackstang* pada atap ini dimodelisasikan sebagai "**Tension Only**" (batang tarik). Karena penampang yang kecil tidak memungkinkan untuk menerima gaya tekan atau momen.

### Sambungan

Perhitungan sambungan hanya pada kuda-kuda WF, meliputi sambungan balok-kolom, balok-balok dan kolom (baja) – kolom (beton).

### Teori Sambungan Pada Titik Simpul

Kuat geser nominal pelat badan ( $V_n$ ) <sup>[1]</sup>

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \quad (26)$$

Dimana :

- $f_y$  = tegangan leleh baja
- $A_w$  = luas kotor pelat badan

Kuat geser daerah panel harus memenuhi syarat :

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana :

- $V_u$  = tegangan geser terfaktor
- $\phi$  = faktor reduksi kekuatan
- $V_n$  = tegangan geser nominal

### Kontrol daerah panel

Kuat geser nominal pelat badan ( $V_n$ ) <sup>[1]</sup>

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \quad (27)$$

Dimana :

- $f_y$  = tegangan leleh baja
- $A_w$  = luas kotor pelat badan

Kuat geser daerah panel harus memenuhi syarat : <sup>[1]</sup>

$$V_u \leq \phi V_n$$

Dimana :

$V_u$  = tegangan geser terfaktor

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

$V_n$  = tegangan geser nominal

### Perhitungan jumlah baut

Digunakan baut mutu tinggi A235 di mana kekuatan tarik minimumnya ( $F_u$ ). [1]

#### Kuat geser nominal baut :

$$\phi R_n = \phi_f r_f r_r f_u^b A_b \quad (28)$$

Dimana :

- $r_1$  = 0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser.
- $r_1$  = 0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser.
- $\phi_f$  = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur.
- $f_u^b$  = adalah tegangan tarik putus baut
- $A_b$  = adalah luas bruto penampang baut pada daerah berulir

#### Kuat tarik nominal baut :

$$\phi R_n = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (29)$$

Dengan :

- $\phi$  = 0,75 faktor reduksi kekuatan saat fraktur
- $f_u^b$  = tegangan tarik putus baut
- $A_b$  = luas penampang bruto penampang baut

#### Kuat nominal tumpu baut :

$$\phi R_n = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

Dengan :

- $d_b$  = diameter baut nominal pada daerah tak berulir.
- $t_p$  = 0,8 cm tebal bagian yang disambung
- $f_{ut}$  = kekuatan tarik dari bahan plat

#### Jumlah baut :

Dalam kasus ini, jumlah baut kita rencanakan sendiri. Setelah kita menentukan jumlah dan susunannya, perlu kita mengontrol kekuatannya. Ada dua cara yang dipergunakan dalam perhitungan jumlah baut. Keduanya perlu untuk diketahui perencana.

Jarak baut tepi  $1,5d \leq s \leq 3d$

Jarak antar baut  $2,5d \leq s \leq 7d$

#### Kontrol kuat tarik yang terjadi :

Daerah Tarik (sama dengan daerah tekan) sejarak  $a$  dari ujung

Asumsi :  $0 < a < (h - d)3$  cm

Kuat tarik baut

$$\begin{aligned} R_n &= n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot A_b \cdot f_y \cdot a \cdot b \\ &= n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot n_2 \end{aligned}$$

Dimana :

- $n_1$  = jumlah baut dalam 1 baris
- $n_2$  = jumlah baut dalam kolom

Kontrol a

$$a = \frac{n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 - n_2}{f_y \cdot b} \quad (30)$$

$$M_d = [\phi \cdot n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot A_b \cdot \sum \cdot n \cdot d_n] + [\phi \cdot a \cdot b \cdot f_y \cdot (d - a/2)] \quad (31)$$

$$M_d > M_u$$

**Perencanaan pelat ujung :**

Gaya yang bekerja pada pelat ujung bagian flans balok :

$$T_u = \frac{M_u}{0,95 \cdot h_b} \quad (32)$$

Dimana :

$M_u$  = momen lentur perlu

$h_b$  = tinggi bersih badan baja profil

Effective span :

$$P_e = P_f - \left(\frac{d_b}{4}\right) - 0,707 \cdot w \quad (33)$$

Dimana :

$P_f$  = jarak antar garis tengah baut ke permukaan didekat sayap tarik.  $d_b + \frac{1}{2}$  “.

$w$  = lebar las fillet

$d_b$  = diameter baut.

Tebal pelat ujung :

$$t_p = \sqrt{\frac{4 \cdot M_e}{b_s \cdot 0,9 \cdot F_y}} \quad (34)$$

**Perencanaan las pada sambungan pelat ujung**

Ukuran las minimum tergantung pada ketebalan logam dasar yang akan dilas.

**Ukuran las maksimum : <sup>[1]</sup>**

Kekuatan desain las fillet :

$$\phi R_{nw} = 0,75 \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \cdot t_e \quad (35)$$

Dimana :

$t_e$  = 0,64 cm, adalah tebal rencana las.

$f_{uw}$  = tegangan tarik putus logam las.

Panjang las maksimum :

$$L_w = (2 \cdot b_b) + (2 (b_b - t_{wb})) + (2 (h_b - 2 \cdot t_{fb})) \quad (36)$$

Kekuatan yang diberikan oleh fillet :

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot M_p$$

$$T_{u \text{ maks}} = \frac{\phi \cdot M_u}{h_b - t_{fb}} \quad (37)$$

$$as = L_w \cdot \phi R_{nw} > T_{u \text{ maks}}$$

**Teori Sambungan Pada Titik Simpul****Penentuan dimensi pelat dasar**

$$P_u \leq \phi \cdot P_p$$

$$P_u \leq \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1)$$

$$A_1 \geq \frac{P_u}{\phi \cdot 0,85 \cdot f_c}$$

**Tebal pelat dasar**

$$m = 0,5 (N - 0,95 d) \quad n = 0,5 (B - 0,8 b_r) \quad (38)$$

$$t_p = \sqrt{\frac{2 \cdot p_u \cdot m^2}{B \cdot N \cdot 0,9 f_y}} \text{ atau } t_p = \sqrt{\frac{2 \cdot p_u \cdot n^2}{B \cdot N \cdot 0,9 f_y}} \quad (39)$$

Tergantung mana yang lebih besar, m atau n

**Perencanaan baut angker**

Tegangan yang terjadi

$$f_p = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S}$$

$$f_{p \text{ max}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{S} \text{ (tegangantekan); } f_{p \text{ min}} = \frac{P}{A} - \frac{M}{S} \text{ (tegangantarik)}$$

Yang diperhitungkan adalah gaya angker akibat tarik

$$T_u = \frac{1}{2} f_{p \text{ min}} \cdot B \quad (40)$$

Jumlah jarak yang diperlukan



$$n = \frac{A}{A_{Baut}} \quad (41)$$

Dengan :

$$A = \frac{T_u}{\phi \cdot 0,75 \cdot f_y}$$

A = luas penampang angker yang diperlukan untuk menahan gaya tarik

### Kontrol kekuatan geser

$$R_n = \phi (0,6 F_u b) m \cdot A_b \quad (42)$$

Dengan :

- $\phi$  = 0,65 faktor reduksi kekuatan untuk fraktur
- $F_u^b$  = kekuatan tarik bahan baut (120 Ksi untuk baut mutu A235)
- $m$  = jumlah bidang geser (irisian tunggal =1)
- $A_b$  = luas penampang bruto penampang baut

$$R_n \text{ total} = R_n \cdot N_{baut} > V_u$$

Dengan :

$V_u$  = gaya lintang ( geser ) ultimate

### Jarak Baut Angker

Jarak baut tepi arah B :  $1,5d < S_1 < 12 t_p$  atau 15cm

Jarak baut tepi arah N :  $1,5d < S_1 < 12 t_p$  atau 15cm

Jarak antar baut arah B :  $2,5d < S_2 < 15 t_p$  atau 20 cm

Jarak antar baut arah N :  $2,5 d < S_2 < 15 t_p$  atau 20 cm (  $t_p$  adalah tertipis dalam sambungan )

### Perencanaan las pada sambungan pelat dasar

#### Ketentuan dasar yang diberikan oleh las fillet

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las,  $R_u$ , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

Dengan:

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_l (0,6 f_{uw}) (\text{las})$$

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_l (0,6 f_u) (\text{bahan dasar})$$

$\phi$  = 0,75 faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Dengan:

$f_{uw}$  = tegangan tarik putus logam las, MPa

$f_u$  = tegangan tarik putus bahan dasar, MPa

$t_l$  = tebal rencana las, mm

## 2. METODELOGI PENELITIAN

Analisa pada struktur atap pada penulisan ini menggunakan metode LRFD yang mengacu pada SNI-1729-2015. Yang dianalisis pada konstruksi atap ini: gording, *trekstang*, ikatan angin, balok (profil baja WF), analisis kolom (baja WF) dan analisis sambungan pada titik simpul. Semua analisis di atas menggunakan program SAP 2000 V20 dan *Idea StatiCa*. Adapun rangka pengikat kuda-kuda dianggap mampu berfungsi sebagai jepit. Adapun lokasi dari struktur yang ditinjau yaitu pada proyek penambahan atap *converting* PM14 yang berlokasi di Desa Kuta Mekar BTB 6-9, Kecamatan Teluk Jambe – Karawang Jawa Barat.

### Jenis Data

Data – data yang telah dikumpulkan merupakan data sekunder yaitu:

Luas	:	544 m <sup>2</sup>
Kemiringan Atap	:	$\alpha = 15^\circ$
Penutup Atap	:	Atap Z/A 0.40mm ( berat = 10 kg/m <sup>2</sup> )
Rafter	:	WF 200.100.5,5.8
Gording (berat = 4.52/m)	:	CNP 125.50.20.2,3
Kolom	:	WF 200.100.5,5.8
Trekstang	:	$\phi 16$

Baut	:	M16
Plat Sambungan	:	8 mm
Tekanan Angin	:	25 kg/m <sup>2</sup>
Jenis Baja	:	Bj 37
Tegangan leleh ( $F_y$ )	=	2400 kg/cm <sup>2</sup>
( $F_u$ )	=	4100 kg/cm

### Perhitungan Beban Mati

Perhitungan beban mati menggunakan program SAP 2000 v20 menggunakan perintah “*frame load*” dengan menginput beban sendiri material yang digunakan pada atap dengan data di bawah ini:

Jumlah beban mati (kg/m):

Penutup atap (Atap Z/A 0.40mm)	=	10 kg/m <sup>2</sup>
Gording (CNP 125.50.20.2,3)	=	4.52 kg/m
Jumlah beban mati	=	Penutup atap + gording
	=	$(10 \text{ kg/m}^2 \times 6 \text{ m}) + \frac{4,52 \times 6 \times 7}{8,375}$
	=	22,67 kg/m
Total beban mati	=	<b>82,67 kg/m</b>

### Perhitungan Beban Hidup

Perhitungan beban hidup menggunakan “*live load pada load pattern*” pada program SAP 2000 V20 dengan memasukkan beban orang yang sedang bekerja serta peralatannya dengan asumsi beban 100 kg/m

### Perhitungan beban angin

Pada perhitungan beban angin menggunakan “*frame load pattern*” pada SAP 2000 V20 dengan tinjauan angin dari arah utara dan selatan dengan tekanan angin 25 kg/m<sup>2</sup>.

Angin tekan:

$$\begin{aligned}
 C &= (0,02 \times \alpha) - 0,4 \\
 &= (0,02 \times 15) - 0,4 \\
 &= -0,1 \\
 W_1 &= C \times P \times L \\
 &= -0,1 \times 25 \times 6 \\
 &= -15 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Angin Hisap :

$$\begin{aligned}
 C &= -0,4 \\
 W_2 &= C \times P \times L \\
 &= -0,4 \times 25 \times 6 \\
 &= -60 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

P	=	tekanan angin
C	=	koefisien tekanan angin
L	=	jarak antar kuda-kuda

Hasil diatas untuk menentukan “*frame load*” dengan:

Angin Tekan = -15 kg/m

Angin Hisap = -60 kg/m

### Balok Tarik (*Trackstang*)

*Trakstang* merupakan batang tarik yang berfungsi untuk memperkecil lendutan arah y. Perhitungan ini menggunakan Program bantu SAP 2000, yaitu: *trackstang* pada atap ini dimodelkan sebagai “*Tension Only*” (batang tarik) dikarenakan penampang yang kecil tidak memungkinkan untuk menerima gaya tekan atau momen. Analisa *Trekstang* ini menggunakan jenis besi bulat (besi beton) berukuran  $\varnothing$  16 mm, panjang 140 cm, dengan tegangan leleh( $f_y$ ) = 2800 kg/cm<sup>2</sup>.

Kontrol syarat diameter minimum:

$$D > L / 500$$

Kontrol tegangan :

$$\begin{aligned}
 P &= \text{ gaya aksial} \\
 A &= \text{ luas penampang bersih} = \pi \cdot r^2 \\
 \sigma &= P/A \leq f_y
 \end{aligned}$$

**Ikatan Angin**

Ikatan Angin merupakan batang tarik yang berfungsi untuk memperkecil lendutan arah y. Perhitungan ini menggunakan Program bantu SAP 2000 v20, yaitu: ikatan angin pada atap ini dimodelkan sebagai “*Tension Only*” (batang tarik) dikarenakan penampang yang kecil tidak memungkinkan untuk menerima gaya tekan atau momen. Analisa Ikatan Angin ini menggunakan jenis besi bulat (besi beton) berukuran  $\phi$  16 mm, panjang 140 cm, dengan Tegangan Leleh ( $f_y$ ) = 2800 kg/cm<sup>2</sup>.

Kontrol syarat diameter minimum:

$$D > L / 500$$

**Analisa Balok WF**

Data Profil WF 200X100

Panjang batang = L = 8,375 m

b = 10 cm

h = 20 cm

tf = 0,8 cm

tw = 0,55 cm

I<sub>x</sub> = 1840 cm<sup>4</sup>

I<sub>y</sub> = 134 cm<sup>4</sup>

**Stabilitas Terhadap Tekuk lokal**

Suatu penampang harus memiliki kestabilan dalam menghadapi kemungkinan tekuk lokal. Kemampuan suatu balok harus stabil tergantung pada ukuran kelangsingan masing-masing elemen pelatnya.

Batasan kelangsingan pelat sayap dan badan dalam stabilitas terhadap tekuk lokal :

$$\lambda_{pf} = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{pw} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44 \text{ MPa}$$

Kelangsingan pelat sayap dan badan WF 200.100.5,5.8

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} = \frac{10}{(0,8 \times 2)} = 6,25 \text{ flens} < \lambda_{pf} \text{ (penampang kompak)}$$

$$\lambda_w = \frac{hw}{tw} = \frac{(20 - 2 \times 0,8)}{0,55} = 33,45 \text{ web} < \lambda_{pw} \text{ (penampang kompak)}$$

**Stabilitas Terhadap Tekuk Lateral**

Suatu penampang harus memiliki kestabilan dalam menghadapi kemungkinan tekuk lateral. Stabilitas tekuk lateral tergantung pada panjang bentang dimensi batang. Apabila penampang balok tidak memenuhi syarat, maka alternatif untuk mengatasinya yaitu dengan memperbesar penampang atau pemberian pengekang lateral dengan jarak tertentu.

Batasan bentang diijinkan dalam stabilitas terhadap tekuk lateral:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \sqrt{\frac{E I_y}{A f_y}} = 1,76 \sqrt{\frac{2100000 \times 134}{27,16 \times 2400}} = 115,64$$

Jarak pengekang lateral ijin ( $L_p$ ) = 115,64 cm

Jarak Pengekang lateral (L) = 50 cm <  $L_p$

Jarak pengekang lateral cukup dalam menopang stabilitas balok terhadap tekuk lateral

**Kapasitas Momen Nominal**

Dalam desain plastis, kapasitas momen yang diperhitungkan adalah kapasitas momen plastis, sehingga kita menggunakan modulus plastisitas penampang. Berdasarkan perhitungan stabilitas baik terhadap tekuk lokal maupun lateral, penampang memenuhi untuk dihitung secara plastis.

Modulus plastis:

$$\begin{aligned} Z_x &= (b \times t_f) \times (h - t_f) + (tw \times (h/2 - t_f)^2) \\ &= (10 \times 0,8) \times (20 - 0,8) + (0,55 \times (20/2 - 0,8)^2) \\ &= 200,152 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_y &= b \times (b/2 \times t_f) + tw \times 2 \times (h - 2 t_f) \\ &= 10 \times (10/2 \times 0,8) + 0,55 \times 2 \times (20 - 2 \times 0,8) \\ &= 45,566 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Momen ultimate :

$$M_u = 6507,45 \text{ kgm}$$

Gaya geser maksimum :

$$V_u = 2306,02 \text{ kg}$$

Kontrol kapasitas momen nominal penampang

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_{nx} \\ 6507,45 \text{ kgm} &< \phi M_p \\ 6507,45 \text{ kgm} &< 0,9 \times F_y \times Z_x \\ 6507,45 \text{ kgm} &< 0,9 \times 2400 \times 200,152 \\ 6507,45 \text{ kgm} &< 432328,32 \dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Penampang balok mampu menahan momen ultimate

### Kapasitas Geser Nominal

Komponen lentur mengakibatkan munculnya gaya geser, pelat badan merupakan elemen utama dalam memikul gaya geser pada penampang profil WF.

Kekuatan geser  $V_n$  dari penampang didasarkan pada leleh geser keseluruhan tersebut.

Rasio kerampingan terhadap tekuk pada badan akibat geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{kn.E}{f_y}} = \frac{20}{0,55} \leq 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 2100000}{2400}} = 36,36 \leq 72,76$$

karena memenuhi syarat maka  $V_n = 0,6 F_y A_w$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y A_w \\ &= 0,6 \times 2400 \times (0,55 \times 33,45) \\ &= 26496 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kapasitas geser penampang

$$V_u = 2306,02 \text{ kg}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$2306,02 < 0,9 \times 26496$$

$$2306,02 < 23846,40 \text{ kg}$$

penampang mampu menahan gaya geser ultimate.

### Stabilitas Terhadap Gaya Tekan Tumpu

Pemberian beban terpusat pada balok memungkinkan terjadinya perubahan bentuk pada balok, dalam kasus ini ditinjau dari tiga kategori :

Masing-masing kategori berikut memiliki kuat tumpu nominal pelat badan ( $R_b$ ) yang berbeda-beda. Gaya tumpu pelat pada badan memenuhi :  $R_u \leq \phi R_n$ . Dari ketiga kategori diambil nilai  $R_b$  terkecil.

#### Lentur pelat sayap

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

$$R_b = 6,25 \times 0,8^2 \times 2400$$

$$R_b = 9600 \text{ kg}$$

#### Pelelehan lokal badan akibat beban terpusat saja.

Nilai  $n$  diambil dari lebar gording CNP 125x50 sebagai landasan beban terpusat, sebesar 5 cm.

$$R_b = (2,5 k + N) t_f t_w$$

$$R_b = (2,5 \times (0,8 + 1,1) + 5) \times 2400 \times 0,55$$

$$R_b = 12870 \text{ kg}$$

#### Kontrol kapasitas penampang terhadap gaya tumpu

Nilai gaya tumpu perlu ( $R_u$ ) diambil dari hasil program SAP 2000 v20

$$R_u = 3127,29 \text{ kg}$$

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

$$3127,29 \leq 0,9 \times 12870$$

$$3127,29 \leq 11583 \text{ kg}$$

Penampang tidak mengalami perubahan bentuk akibat gaya tumpu

### Stabilitas Terhadap Aksi Medan Tarik

Jarak antar pengaku ( $a$ ) = 50 cm

$$\text{Jika } \frac{h}{t_w} \leq 260$$

$$\text{Tinggi pengaku} = h_b - 2 \cdot t_f = 20 - (2 \cdot 0,8) = 18,4 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat} = \frac{a}{h} \leq \left( \frac{260}{h/t_w} \right)^2 \leq 3.0$$

$$= \frac{50}{18,4} \leq \left( \frac{260}{18,4/0,55} \right)^2 \leq 3.0$$

$$= 2,72 \leq 60,4 \leq 3.0$$

Karena persamaan diatas tidak dipenuhi maka aksi medan tarik tidak perlu dihitung.

Kuat tekuk geser elasto-plastis :

Kuat tekuk geser elasto-plastis pelat badan:

$$C_v = 1,10 \cdot \frac{\sqrt{K_n \cdot E / f_y}}{(h/t_w)} = 1,10 \cdot \frac{\sqrt{5 \cdot 2100000 / 2400}}{(18,4 / 0,55)} = 2,17$$

$$V_n = 0,06 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \left[ c_v + \frac{(1-c_v)}{1,15 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right]$$

$$= 0,06 \cdot 2400 \cdot (0,55 \cdot 33,45) \cdot \left[ 2,17 + \frac{(1-2,17)}{1,15 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{50}{18,4}\right)^2}} \right] = 5422,232$$

$$V_n \leq C_v \cdot (0,6 \cdot f_y) \cdot A_w$$

$$V_n \leq 2,17 \cdot (0,6 \cdot 2400) \cdot 18,3975$$

$$5422,232 \leq 57617$$

Kuat tekuk geser elastik :

$$C_v = 1,5 \cdot \frac{K_n \cdot E}{f_y} \cdot \frac{1}{(h/t_w)^2}$$

$$C_v = 1,5 \cdot \frac{5,2100000}{24000} \cdot \frac{1}{(18,4 / 0,55)^2} = 5,86$$

$$V_n = 0,06 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \left[ c_v + \frac{(1-c_v)}{1,15 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right]$$

$$= 0,06 \cdot 2400 \cdot (0,55 \cdot 33,45) \cdot \left[ 5,86 + \frac{(1-5,86)}{1,15 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{50}{18,4}\right)^2}} \right] = 14167,82$$

$$V_n \leq C_v \cdot (0,6 \cdot f_y) \cdot A_w$$

$$V_n \leq 5,86 \cdot (0,6 \cdot 2400) \cdot 18,3975$$

$$14167,82 \leq 155245,5$$

### Kekuatan Terhadap Interaksi Geser dan Lentur

Interaksi geser dan lentur dinyatakan dalam persamaan berikut:

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

$$\frac{18639,6 \text{ kgm}}{432328,32} + 0,625 \frac{7196,2 \text{ kg}}{23846,40 \text{ kg}} \leq 1,375$$

$$0,232 < 1,375$$

Penampang mampu menahan gaya akibat kombinasi geser dan lentur.

### Kontrol Lentutan

Defleksi yang diizinkan terjadi

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{837,5}{240} = 3,48 \text{ cm (SNI 1729:2002)}$$

Defleksi yang maksimum yang terjadi pada bentang



Gambar 1. Defleksi pada pertengahan bentang

$$\Delta = 3,1 \text{ cm} < \Delta_{ijin} = 3,48 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

### Kolom Baja (WF)

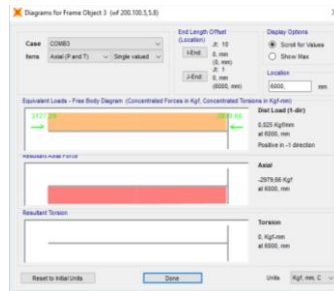
Desain kolom yang menggunakan profil baja WF adalah balok WF yang berperilaku sebagai kolom yang menerima beban aksial dan gaya momen, dengan kata lain balok WF tadi ditempatkan sebagai kolom dalam kondisi struktural:

Profil WF = 200x100x5,5.8

Tinggi kolom(L) = 6 m = 600cm

Gaya tekan akibat beban terfaktor:

$$N_u = 2979,66 \text{ kg} = 2,97966 \text{ t}$$



Gambar 2. Diagram kolom

### Kelangsingan Penampang dan Analisa Komponen Struktur Tekan

$$\text{Flens } \frac{b/2}{t_f} \leq \lambda r = \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{100/2}{8} \leq \frac{250}{\sqrt{240}}$$

$$6,25 \leq 16,14$$

$$\text{Web } \frac{h}{t_w} \leq \lambda r = \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{200}{5,5} \leq \frac{665}{\sqrt{240}}$$

$$36,36 \leq 42,9$$

Kondisi tumpuan jepit-rol tanpa rotasi,  $k = 0,1$

Arah sumbu kuat (sumbu x) :

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} = \frac{0,1 \cdot 6000}{8,24} = 582,524$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{582,524}{3,14} \sqrt{\frac{240}{21000000}} = 0,26$$

$$0,25 < 0,26 < 1,2 \rightarrow \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,26} = 1$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 271,6 \cdot \frac{240}{1} = 65,184 \text{ t} = 65184 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{3,85816}{0,85 \cdot 65,184} = 0,1 < 1$$

Arah sumbu kuat (sumbu y) :

$$\lambda_y = \frac{k \cdot L_y}{r_y} = \frac{0,1 \cdot 6000}{2,22} = 2702,7$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{2702,7}{3,14} \sqrt{\frac{240}{21000000}} = 0,98$$

$$0,25 < 0,98 < 1,2 \rightarrow \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,98} = 1,52$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 271,6 \cdot \frac{240}{1,52} = 42,88421 \text{ t}$$

$$= 42884,21 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{2,97966}{0,85 \cdot 42,88421} = 0,08 < 1$$

Jadi Profil WF 200.100.5,5.8 cukup untuk memikul beban terfaktor ( $N_u$ ) 3858,16 kg.

### Analisa gording

Penutup Atap : AtapZ/A0.40mm(berat=10 kg/m<sup>2</sup>)

Gording : CNP 125.50.20.2,3(berat=4.52 kg/m)

Ix : 137 cm<sup>4</sup>

Iy	:	20,6 cm <sup>4</sup>
Zx	:	21,9 cm <sup>3</sup>
Zy	:	6,22 cm <sup>3</sup>
Jarak kuda – kuda	:	6m
Jarak gording	:	1,4m
Sudut kemiringan	:	15°
Tekanan angin	:	25 kg/m <sup>2</sup>

:

**Jumlah beban mati (kg/m):**

Penutup Atap	:	Berat penutup atap x jarak gording
	:	10 kg/m <sup>2</sup> x 1,4 m = 14 kg/m

Gording	:	4,52 kg/m
---------	---	-----------

Total	:	4,52 + 14 = <b>18,52 kg/m</b>
-------	---	-------------------------------

**Beban hidup (kg/m) = Beban x jarak kuda-kuda = 100x1,4 = 140 kg/m****Beban angin:**

Angin tekan:

$$\begin{aligned} C &= (0,02 \times \alpha) - 0,4 \\ &= (0,02 \times 15) - 0,4 \\ &= -0,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= C \times P \times d \\ &= -0,1 \times 25 \times 1,4 \\ &= -3,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Angin Hisap :

$$\begin{aligned} C &= -0,4 \\ W_2 &= C \times P \times d \\ &= -0,4 \times 25 \times 1,4 \\ &= -14 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{tekanan angin} \\ C &= \text{Koefisien tekanan angin} \\ D &= \text{jarak antar gording} \end{aligned}$$

**Akibat Beban mati**

$$\begin{aligned} q &= 18,52 \text{ kg/m} \\ q_x &= q \cdot \cos 15 = 18,52 \cdot (\cos 15) = 17,89 \text{ kg/m} \\ q_y &= q \cdot \sin 15 = 18,52 \cdot (\sin 15) = 4,79 \text{ kg/m} \\ M_x &= \frac{1}{8} \cdot (17,89) \cdot (6)^2 = 80,505 \text{ kg.m} \\ M_y &= \frac{1}{8} \cdot (4,79) \cdot (6)^2 = 21,555 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

**Akibat beban hidup**

$$\begin{aligned} q &= 140 \text{ kg/m} \\ q_x &= q \cdot \cos 15 = 140 \cdot (\cos 15) = 0,97 \text{ kg/m} \\ q_y &= q \cdot \sin 15 = 140 \cdot (\sin 15) = 0,26 \text{ kg/m} \\ M_x &= \frac{1}{8} \cdot (0,97) \cdot (6)^2 = 4,365 \text{ kg.m} \\ M_y &= \frac{1}{8} \cdot (0,26) \cdot (6)^2 = 1,17 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

**Akibat beban angin:**Beban angin hanya bekerja pada sumbu x, maka hanya ada  $M_x$ 

$$\begin{aligned} \text{Angin tekan} &= \frac{1}{8} \cdot (-3,5) \cdot (6)^2 = -15,75 \text{ kg.m} \\ \text{Angina hisap} &= \frac{1}{8} \cdot (-14) \cdot (6)^2 = -63 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

**Tabel 1.** Kombinasi beban

Kombinasi	Beban	x	y
1		112,707	30,177
2		98,7885	26,451
3		53,19	27,738

4	14,706	25,866
5	-9,4455	19,3995
total	154,3545	19,3995

Maka,  $M_{ux} = 154.3545 \text{ kg.m} = 1,543545 \text{ kg.cm}$

$M_{uy} = 30.177 \text{ kg.m} = 0,30177 \text{ kg.cm}$

Penampang kompak:

$M_{nx} = z_x \cdot f_y = 21,9 \cdot 2400 = 52,560 \text{ kg.cm}$

$M_{ny} = z_y \cdot f_y = 6,22 \cdot 2400 = 14,928 \text{ kg.cm}$

Untuk mengatasi masalah puntir, maka  $M_{ny}$  dapat dibagi 2 sehingga :

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}/2} = \frac{1,543545}{0,9 \cdot 52,560} + \frac{0,30177}{0,9 \cdot 14,928/2}$$

$$= 0,033 + 0,045 = 0,078 < 1 \text{ ....ok}$$

### Balok Tarik (*Trackstang*)

*Trackstang* berfungsi sebagai batang tarik yang berfungsi untuk memperkecil lendutan arah y. Perhitungan ini menggunakan Program bantu SAP 2000 V20.

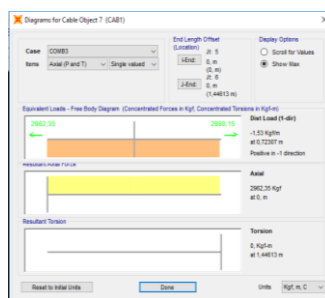
Perencanaan *Trekstang* ini menggunakan jenis besi bulat (besi beton) berukuran  $\phi$  16 mm, panjang 140 cm, dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 2800 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Kontrol syarat diameter minimum:

$$D > \frac{L}{500}$$

$$1,6 > \frac{140}{500}$$

$$1,6 \text{ cm} > 0,28 \text{ mm}$$



Gambar 3. Gaya pada *trekstang*

Kontrol tegangan :

$$P = \text{gaya aksial} = 2962,35 \text{ kg}$$

$$A = \text{Luas penampang bersih} = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot 0,8^2$$

$$= 2,011 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq f_y$$

$$\sigma = \frac{2962,35}{2,011} \leq 2800$$

$$\sigma = 1473,1 \text{ kg/cm}^2 < 2800 \text{ kg/cm}^2$$

#### Analisa Ikatan Angin

Perencanaan *Trekstang* ini menggunakan jenis besi bulat (besi beton) berukuran  $\phi$  16 mm, panjang 1030,24 cm, dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 2800 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Kontrol syarat diameter minimum:

$$D > \frac{L}{500}$$

$$1,6 > \frac{1030,24}{500}$$

$$1,6 \text{ cm} < 2,06 \text{ cm}$$





Gambar 4. Gaya pada ikatan angin

Kontrol tegangan :

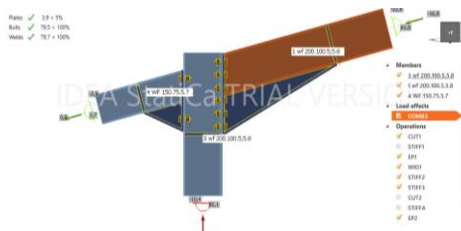
$$\begin{aligned}
 P &= \text{gaya aksial} = 16291,97\text{kg} \\
 A &= \pi \cdot r^2 \text{ (luas penampang bersih)} \\
 &= 3,14 \cdot 0,8^2 \\
 &= 2,011 \text{ cm}^2 \\
 \sigma &= \frac{P}{A} \leq f_y \\
 \sigma &= \frac{16291,97\text{kg}}{2,011} \leq 2800 \\
 \sigma &= 8107,07 \text{ kg/cm}^2 < 2800 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

### Sambungan A

Sambungan pada struktur ini menggunakan Idea StatiCa 9. Gaya gaya yang diinput yaitu gaya axial, gaya geser dan momen yang didapat dari hasil output SAP 2000 v20 pada titik bentang sambungan yang dihitung sambungannya.

Tabel 2. Gaya-gaya pada sambungan

Frame	station	P	V2	M3
1	0	-16,756	-22,614	-63,8136
3	6	-29,221	-10,354	62,123
4	1,15558	0,808	2,931	-1,6933



Gambar 5. Input Gaya pada Idea StatiCa

Setelah penginputan data-data yang diperlukan Idea StatiCa 9 langkah selanjutnya kita melakukan pengecekan pada *Joint Design Resistance*.

### Kontrol Plat

Adapun hasil Analisa plat dari output Program Idea StatiCa 9 terdapat pada Gambar 6. Plat yang dalam status aman ditunjukkan dengan nilai OK.

Name	$f_y$ [MPa]	Thickness [mm]	Loads	$\sigma_{eq}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	Check status
3 wf 200 100 5.5 B-B 1	235,3	8,0	COMB3	219,8	0,9	OK
3 wf 200 100 5.5 B-B 1	235,3	8,0	COMB3	219,8	3,9	OK
3 wf 200 100 5.5 B-w 1	235,3	5,5	COMB3	214,0	1,1	OK
1 wf 200 100 5.5 B-B 1	235,3	8,0	COMB3	186,2	0,0	OK
1 wf 200 100 5.5 B-B 1	235,3	8,0	COMB3	211,8	0,0	OK
1 wf 200 100 5.5 B-w 1	235,3	6,5	COMB3	212,1	0,2	OK
4 WF 150 75 5.7-B 1	235,3	7,0	COMB3	44,9	0,0	OK
4 WF 150 75 5.7-B 1	235,3	7,0	COMB3	19,4	0,0	OK
4 WF 150 75 5.7-w 1	235,3	5,0	COMB3	43,1	0,0	OK
EP1	235,3	8,0	COMB3	212,3	0,5	OK
WD1a	235,3	5,5	COMB3	137,1	0,0	OK
WD1b	235,3	8,0	COMB3	181,0	0,0	OK
STIFF2a	235,3	8,0	COMB3	197,5	0,1	OK
STIFF2b	235,3	8,0	COMB3	197,1	0,1	OK
STIFF3a	235,3	6,0	COMB3	66,9	0,0	OK
STIFF3b	235,3	6,0	COMB3	66,9	0,0	OK
EP2	235,3	8,0	COMB3	71,5	0,0	OK
WD2a	235,3	5,0	COMB3	26,1	0,0	OK
WD2b	235,3	7,0	COMB3	32,7	0,0	OK
STIFF6a	235,3	5,0	COMB3	7,8	0,0	OK
STIFF6b	235,3	6,0	COMB3	8,1	0,0	OK

Material	$f_y$ [MPa]	$f_{lim}$ [1/n]
BAJA	235,3	500,0

Symbol explanation	
$\epsilon_{pl}$	Strain
$\sigma_{eq}$	Eq. stress
$f_y$	Yield strength
$f_{lim}$	Limit of plastic strain

Gambar 6. Hasil analisa plat

### Kontrol baut

Adapun hasil Analisa Baut dari output Program Idea StatiCa 9 aman terdapat pada Gambar 7.

Shape	Item	Grade	Loads	$F_t$ [kN]	$V$ [kN]	$\phi R_{n, bearing}$ [kN]	$U_t$ [%]	$U_s$ [%]	$U_{ts}$ [%]	Status
	B5	16 A325M - 1	COMB3	74.3	2.7	59.9	79.5	4.9	-	OK
	B6	16 A325M - 1	COMB3	74.3	2.7	59.9	79.5	4.9	-	OK
	B7	16 A325M - 1	COMB3	41.3	1.6	83.6	44.2	2.8	-	OK
	B8	16 A325M - 1	COMB3	41.3	1.6	83.6	44.2	2.8	-	OK
	B9	16 A325M - 1	COMB3	10.8	0.3	83.6	11.6	0.6	-	OK
	B10	16 A325M - 1	COMB3	10.8	0.3	83.6	11.6	0.6	-	OK
	B11	16 A325M - 1	COMB3	2.2	1.1	83.6	2.4	1.9	-	OK
	B12	16 A325M - 1	COMB3	2.2	1.1	83.6	2.4	1.9	-	OK
	B13	16 A325M - 1	COMB3	0.2	3.8	83.6	0.2	6.7	-	OK
	B14	16 A325M - 1	COMB3	0.2	3.8	83.6	0.2	6.7	-	OK
	B15	16 A325M - 1	COMB3	1.5	8.7	83.6	1.6	15.6	-	OK
	B16	16 A325M - 1	COMB3	1.5	8.7	83.6	1.6	15.6	-	OK
	B21	16 A325M - 1	COMB3	8.3	1.7	79.8	8.8	3.0	-	OK
	B22	16 A325M - 1	COMB3	8.4	1.7	79.8	9.0	3.1	-	OK
	B23	16 A325M - 1	COMB3	8.7	1.2	83.6	9.3	2.1	-	OK
	B24	16 A325M - 1	COMB3	8.7	1.2	83.6	9.3	2.2	-	OK
	B25	16 A325M - 1	COMB3	2.9	2.9	44.2	3.1	6.5	-	OK
	B26	16 A325M - 1	COMB3	3.0	2.9	44.2	3.2	6.5	-	OK

Grade	$\phi R_{n, tension}$ [kN]	$\phi R_{n, shear}$ [kN]
16 A325M - 1	93.5	56.1

Symbol explanation

- $F_t$  Tension force
- $V$  Resultant of shear forces  $V_x, V_z$  in bolt
- $\phi R_{n, bearing}$  Bolt bearing resistance
- $U_t$  Utilization in tension
- $U_s$  Utilization in shear
- $U_{ts}$  Utilization in tension and shear
- $\phi R_{n, tension}$  Bolt tension resistance AISC 360-16 - J3.8
- $\phi R_{n, shear}$  Bolt shear resistance AISC 360-16 - J3.9

Gambar 7. Hasil Analisa Idea StatiCa 9

### Analisa sambungan Las

Adapun hasil Analisa Las dari output Program Idea StatiCa 9 terdapat pada Gambar 8.

Item	Edge	Xu	$T_u$ [mm]	$L_u$ [mm]	$L$ [mm]	$L_u$ [mm]	$F_u$ [kN]	$\phi R_{n, shear}$ [kN]	Ut [%]	Status
EP1	1 wf 200.100.5.5.8-bf 1	BAJA	43.5	45.1	115	29	9.6	24.8	38.8	OK
EP1	1 wf 200.100.5.5.8-bf 1	BAJA	43.5	45.1	77	19	1.3	12.8	10.2	OK
EP1	1 wf 200.100.5.5.8-w 1	BAJA	43.5	45.1	190	24	16.3	20.5	79.7	OK
		BAJA	43.5	45.1	190	24	16.3	20.5	79.7	OK
EP1	WID1a	BAJA	42.9	43.9	185	26	13.2	17.3	76.2	OK
		BAJA	42.9	43.9	185	26	13.2	17.3	76.2	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bf 1	WID1a	BAJA	42.9	43.9	599	25	4.3	11.2	38.4	OK
		BAJA	42.9	43.9	599	25	4.3	11.2	38.4	OK
WID1b	WID1a	BAJA	42.9	43.9	671	52	4.6	30.1	15.3	OK
		BAJA	42.9	43.9	671	52	4.6	30.1	15.3	OK
EP1	WID1b	BAJA	44.0	44.0	57	14	11.0	13.9	78.8	OK
		BAJA	44.0	44.0	125	31	23.1	30.5	75.8	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bf 1	WID1b	BAJA	44.0	44.0	13	3	2.5	3.3	76.9	OK
		BAJA	44.0	44.0	443	36	46.4	55.7	68.7	OK

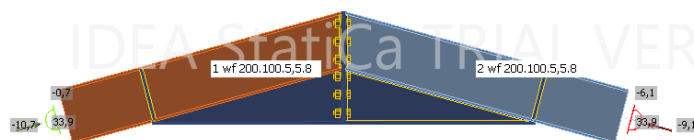
Gambar 8. Hasil Analisa Las

### Sambungan B

Sambungan pada struktur ini menggunakan Idea StatiCa 9. Gaya gaya yang diinput yaitu gaya axial, gaya geser dan momen yang didapat dari hasil output SAP 2000 v20 pada titik bentang sambungan yang dihitung sambungannya.

Tabel 3. Gaya-gaya pada sambungan

Frame	station	output	P	V2	M3
1	8,37497	C3	-10,723	-0,715	3,39E+01
2	0	C3	-8,929	-5,981	33,8761



Gambar 9. Input Gaya pada Idea StatiCa

Setelah penginputan data-data yang diperlukan *Idea StatiCa 9* langkah selanjutnya kita melakukan pengecekan pada *Joint Design Resistance*.

### Kontrol plat

Adapun hasil Analisa plat dari output program *Idea StatiCa 9* sebagai berikut.

Plates

Name	F <sub>y</sub> [MPa]	Thickness [mm]	Loads	σ <sub>Ea</sub> [MPa]	ε <sub>pi</sub> [%]	Check status
2 wf 200.100.5.5.8-III 1	235,3	8,0	COMB3	164,6	0,0	OK
2 wf 200.100.5.5.8-III 1	235,3	8,0	COMB3	211,8	0,0	OK
2 wf 200.100.5.5.8-w 1	235,3	5,5	COMB3	175,3	0,0	OK
1 wf 200.100.5.5.8-III 1	235,3	8,0	COMB3	185,5	0,0	OK
1 wf 200.100.5.5.8-III 1	235,3	8,0	COMB3	211,8	0,0	OK
1 wf 200.100.5.5.8-w 1	235,3	5,5	COMB3	176,5	0,0	OK
PP1a	235,3	8,0	COMB3	206,3	0,0	OK
PP1b	235,3	8,0	COMB3	206,5	0,0	OK
WID1a	235,3	5,5	COMB3	110,9	0,0	OK
WID1b	235,3	8,0	COMB3	110,7	0,0	OK
WID2a	235,3	5,5	COMB3	121,5	0,0	OK
WID2b	235,3	8,0	COMB3	120,3	0,0	OK
STIFF1a	235,3	6,0	COMB3	53,8	0,0	OK
STIFF1b	235,3	6,0	COMB3	53,8	0,0	OK
STIFF2a	235,3	6,0	COMB3	48,4	0,0	OK
STIFF2b	235,3	6,0	COMB3	48,4	0,0	OK

Gambar 10. Hasil analisa Idea StatiCa 9

### Kontrol baut

Adapun hasil Analisa baut dari output Program Idea StatiCa 9 sebagai berikut.

Bolts

Shape	Item	Grade	Loads	F <sub>t</sub> [kN]	V [kN]	φ <sub>R<sub>t</sub>,bearing</sub> [kN]	U <sub>t</sub> [%]	U <sub>v</sub> [%]	U <sub>R<sub>t</sub></sub> [%]	Status
	B11	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,1	83,4	0,1	1,9	-	OK
	B12	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,1	83,4	0,1	1,9	-	OK
	B13	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,1	83,6	0,0	1,9	-	OK
	B14	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,1	83,6	0,0	1,9	-	OK
	B15	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK
	B16	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK
	B17	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK
	B18	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK
	B19	16 A325M - 1	COMB3	0,0	0,9	83,6	0,0	1,7	-	OK
	B20	16 A325M - 1	COMB3	0,0	0,9	83,6	0,0	1,7	-	OK
	B21	16 A325M - 1	COMB3	0,2	0,9	64,8	0,2	1,6	-	OK
	B22	16 A325M - 1	COMB3	0,2	0,9	64,8	0,2	1,6	-	OK

Gambar 11. Hasil analisa baut

### Analisa sambungan Las

Adapun hasil Analisa las dari output Program Idea StatiCa 9 sebagai berikut:

Welds

Weld	Item	Grade	Loads	F <sub>t</sub> [kN]	V [kN]	φ <sub>R<sub>w</sub></sub> [kN]	U <sub>t</sub> [%]	U <sub>v</sub> [%]	U <sub>R<sub>w</sub></sub> [%]	Status
	W1	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,1	83,4	0,1	1,9	-	OK
	W2	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,1	83,4	0,1	1,9	-	OK
	W3	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,1	83,6	0,0	1,9	-	OK
	W4	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,1	83,6	0,0	1,9	-	OK
	W5	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK
	W6	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK
	W7	16 A325M - 1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK
	W8	16 A325M - 1	COMB3	0,0	0,9	83,6	0,0	1,7	-	OK
	W9	16 A325M - 1	COMB3	0,0	0,9	83,6	0,0	1,7	-	OK
	W10	16 A325M - 1	COMB3	0,2	0,9	64,8	0,2	1,6	-	OK
	W11	16 A325M - 1	COMB3	0,2	0,9	64,8	0,2	1,6	-	OK

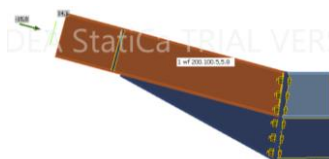
Gambar 12. Hasil analisa sambungan las

### Sambungan C

Sambungan pada struktur ini menggunakan Idea StatiCa 9. Gaya gaya yang diinput yaitu gaya axial, gaya geser dan momen yang didapat dari hasil output SAP 2000 v20 pada titik bentang sambungan yang dihitung sambungannya.

Tabel 4. Gaya – gaya yang diinput pada sambungan

Frame	station	output	P	V2	M3
2	8,37507	C3	-14,962	14,071	-6,80E-16



Gambar 13. Input Gaya pada Idea StatiCa

Setelah penginputan data-data yang diperlukan Idea StatiCa 9 langkah selanjutnya kita melakukan pengecekan pada *Joint Design Resistance*.

### Kontrol plat

Adapun hasil Analisa plat dari output Program Idea StatiCa 9 sebagai berikut.

Name	F <sub>y</sub> [MPa]	Thickness [mm]	Loads	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	Check status
2 wf 200.100.5.5.8-III 1	235,3	8,0	COMB3	22,4	0,0	OK
2 wf 200.100.5.5.8-bII 1	235,3	8,0	COMB3	6,2	0,0	OK
2 wf 200.100.5.5.8-w 1	235,3	5,5	COMB3	19,7	0,0	OK
1 wf 200.100.5.5.8-III 1	235,3	8,0	COMB3	78,2	0,0	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	235,3	8,0	COMB3	90,3	0,0	OK
1 wf 200.100.5.5.8-w 1	235,3	5,5	COMB3	70,6	0,0	OK
PP1a	235,3	8,0	COMB3	8,6	0,0	OK
PP1b	235,3	8,0	COMB3	9,6	0,0	OK
WID1a	235,3	5,5	COMB3	11,3	0,0	OK
WID1b	235,3	8,0	COMB3	12,4	0,0	OK
WID2a	235,3	5,5	COMB3	37,9	0,0	OK
WID2b	235,3	8,0	COMB3	32,6	0,0	OK
STIFF1a	235,3	6,0	COMB3	11,9	0,0	OK
STIFF1b	235,3	6,0	COMB3	11,9	0,0	OK
STIFF2a	235,3	6,0	COMB3	2,8	0,0	OK
STIFF2b	235,3	6,0	COMB3	2,8	0,0	OK

Gambar 14. Hasil Analisa plat

**Kontrol baut**

Adapun hasil analisa baut dari output Program Idea StatiCa 9 sebagai berikut.

**Hasil Analisa baut**

Shape	Item	Grafic	Loads	F <sub>t</sub> [kN]	V [kN]	$\phi R_{t,design}$ [kN]	U <sub>t</sub> [%]	U <sub>v</sub> [%]	U <sub>ts</sub> [%]	Status
B11	16 A325M -1	COMB3	0,0	1,1	83,4	0,1	1,9	-	OK	
B12	16 A325M -1	COMB3	0,0	1,1	83,4	0,1	1,9	-	OK	
B13	16 A325M -1	COMB3	0,0	1,1	83,6	0,0	1,9	-	OK	
B14	16 A325M -1	COMB3	0,0	1,1	83,6	0,0	1,9	-	OK	
B15	16 A325M -1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK	
B16	16 A325M -1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK	
B17	16 A325M -1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK	
B18	16 A325M -1	COMB3	0,0	1,0	83,6	0,0	1,8	-	OK	
B19	16 A325M -1	COMB3	0,0	0,9	83,6	0,0	1,7	-	OK	
B20	16 A325M -1	COMB3	0,0	0,9	83,6	0,0	1,7	-	OK	
B21	16 A325M -1	COMB3	0,2	0,9	64,8	0,2	1,6	-	OK	
B22	16 A325M -1	COMB3	0,2	0,9	64,8	0,2	1,6	-	OK	

Gambar 15. Hasil Analisa baut

**Analisa sambungan Las**

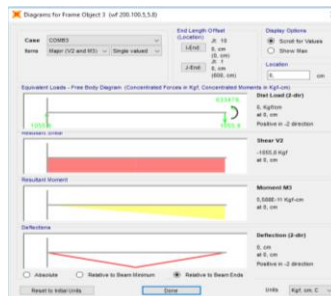
Adapun hasil Analisa las dari output Program Idea StatiCa 9 sebagai berikut;

Item	Edge	X <sub>u</sub>	T <sub>h</sub> [mm]	L <sub>h</sub> [mm]	L [mm]	L <sub>h</sub> [mm]	F <sub>t</sub> [kN]	$\phi R_{w,design}$ [kN]	U <sub>t</sub> [%]	Status
PP1a	2 wf 200.100.5.5.8-bII 1	E120ox	45,0	47,3	109	27	1,8	75,2	2,3	OK
PP1a	2 wf 200.100.5.5.8-bII 1	E120ox	45,0	46,7	87	22	0,9	60,7	1,4	OK
PP1a	2 wf 200.100.5.5.8-w 1	E120ox	45,0	47,1	185	23	0,6	55,8	1,1	OK
PP1b	1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	E120ox	45,0	47,1	185	23	0,6	55,8	1,1	OK
PP1b	1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	E120ox	45,0	47,3	109	27	1,3	75,8	1,7	OK
PP1b	1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	E120ox	45,0	46,7	87	22	0,8	61,0	1,3	OK
PP1b	1 wf 200.100.5.5.8-w 1	E120ox	45,0	47,1	185	23	1,0	57,8	1,8	OK
PP1b	1 wf 200.100.5.5.8-w 1	E120ox	45,0	47,1	185	23	1,0	57,7	1,8	OK
PP1a	WID1a	E120ox	43,5	45,0	184	26	0,9	40,2	2,2	OK
2 wf 200.100.5.5.8-bII 1	WID1a	E120ox	43,5	45,0	525	25	1,2	40,0	2,9	OK
WID1b	WID1a	E120ox	43,5	45,0	549	50	2,4	80,5	3,0	OK
PP1a	WID1b	E120ox	43,5	44,7	87	22	0,1	41,9	0,3	OK
PP1b	WID2a	E120ox	43,5	45,0	184	26	1,0	42,7	2,3	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	WID2a	E120ox	43,5	45,0	719	25	1,4	36,5	3,9	OK
WID2b	WID2a	E120ox	43,5	45,0	765	51	2,2	67,2	3,3	OK
PP1b	WID2b	E120ox	43,5	44,3	68	17	0,1	24,9	0,4	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	WID2b	E120ox	43,5	43,6	12	3	0,9	5,9	14,7	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	STIFF1a	E120ox	43,0	44,2	47	24	0,9	33,0	2,6	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	STIFF1a	E120ox	43,0	44,2	47	24	0,8	35,6	2,3	OK
1 wf 200.100.5.5.8-w 1	STIFF1a	E120ox	43,0	43,0	184	23	0,6	34,7	1,6	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	STIFF1a	E120ox	43,0	43,0	184	23	0,5	33,3	1,6	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	STIFF1a	E120ox	43,0	44,2	47	24	0,5	31,3	1,6	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	STIFF1a	E120ox	43,0	44,2	47	24	0,9	39,0	2,2	OK
1 wf 200.100.5.5.8-bII 1	STIFF1b	E120ox	43,0	44,2	47	24	0,8	35,6	2,3	OK

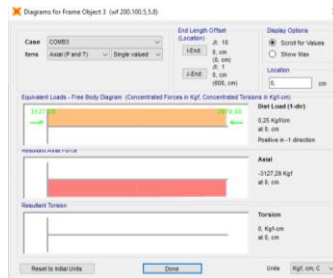
Gambar 16. Hasil Analisa sambungan las

**Sambungan pada base**

Data perhitungan :



Gambar 17. Output SAP 2000 momen dan geser



Gambar 18. Output SAP 2000 gaya aksial

$$\begin{aligned} V_u &= 1055,8 \text{ kg} \\ P_u &= 3127,29 \text{ kg} \\ M_u &= 0,00000000005588 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Data profil WF 200X100

$$\begin{aligned} \text{Panjang batang} &= L = 8.375 \text{ m} \\ b &= 10 \text{ cm} \\ h &= 20 \text{ cm} \\ t_f &= 0,8 \text{ cm} \\ t_w &= 0,55 \text{ cm} \\ r &= 1,1 \text{ cm} \\ A &= 27,16 \text{ cm}^2 \\ I_x &= 1840 \text{ cm}^4 \\ I_y &= 134 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Gaya tarik pada flens akibat momen:

$$\begin{aligned} T_u = C_u &= \frac{M_u}{0,95 \cdot h} = \frac{0,00000000005588 \text{ kgcm}}{0,95 \cdot 20} \\ &= 0,000000000002941 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Penentuan dimensi pelat dasar**Luas bidang plat dasar perlu ( $A_1$  perlu)

$$\begin{aligned} P_u &\leq \phi \cdot P_p \\ P_u &\leq \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1) \\ 3127,29 \text{ kg} &\leq 0,6 \cdot (0,85 \cdot 24 \cdot A_1) \\ A_1 &\geq 255,497 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Dimensi plat dasar**

$$\begin{aligned} B &= 240 \text{ mm} = 24 \text{ cm} \\ N &= 280 \text{ mm} = 28 \text{ cm} \\ A &= 240 \times 280 = 67200 \text{ mm}^2 > 255,497 \text{ mm}^2 \dots \text{ok} \end{aligned}$$

**Tebal pelat dasar, penentuan nilai m dan n**

$$\begin{aligned} 0,8 \cdot b &= 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ cm} \\ 0,95 \cdot d &= 0,95 \cdot 20 = 19 \text{ cm} \\ m &= 0,5 (N - 0,95 d) = 0,5 (28 - 19) = 4,5 \text{ cm} \\ n &= 0,5 (B - 0,8 br) = 0,5 (28 - 8) = 10 \text{ cm} \\ t_p &= \sqrt{\frac{2 \cdot p_u \cdot n^2}{B \cdot N \cdot 0,9 f_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3127,29 \cdot 10^2}{24 \cdot 28 \cdot 0,9 \cdot 2400}} \\ &= 0,66 \text{ cm} \\ &= 6 \text{ mm} < 8 \text{ mm}, \dots \text{ok} \end{aligned}$$

Kontrol tebal dasar

$$\begin{aligned} P_u &= 3127,29 \text{ kg} \\ M_u &= 0,00000000005588 \text{ kg.cm} \\ A &= 24 \times 28 = 672 \text{ cm}^2 \\ S &= 1/6 \times 24 \times 28^2 = 3136 \text{ cm}^3 \\ f_p &= \frac{P_u + M_u}{A \cdot S} = \frac{3127,29}{675} + \frac{0}{3136} \\ &= 4,654 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tegangan tekan)} \end{aligned}$$

**Gaya jangkar akibat gaya tarik :**

$$T_u = \frac{1}{2} \cdot f_p \cdot B$$

$$T_u = \frac{1}{2} \times 4,654 \times 28$$

$$T_u = 65,15 \text{ kg}$$

**Jumlah angker yang diperlukan :**

$$A = \frac{T_u}{\phi \cdot 0,75 \cdot f_y} = \frac{65,15}{0,75 \cdot 0,75 \cdot 2400} = 0,05 \text{ cm}^2$$

Dipakai baut jangkar diameter  $\varnothing 5/8'' = 1,588 \text{ cm}$ ,

Luas penampang baut =  $1,98 \text{ cm}^2$ .

$$n = \frac{A}{A_{baut}} = \frac{0,05}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,588^2} = 0,024$$

Dipakai 4 Baut

**Kontrol kekuatan geser**

$$V_u = 1055,8 \text{ kg}$$

$$R_n = \phi (0,6 F_u^b) m \cdot A_b$$

Dengan :

$$\phi = 0,65 \text{ faktor reduksi kekuatan untuk fraktur}$$

$$F_u^b = \text{kekuatan tarik bahan baut (12 Ksi untuk baut mutu A235)}$$

$$= 8436,2328 \text{ kg/cm}^2$$

$$m = \text{jumlah bidang geser (iris tunggal} = 1)$$

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,588^2 = 1,98 \text{ cm}^2$$

Maka :

$$R_n = \phi (0,6 F_u^b) m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \times (0,6 \times 8436,2328) \times 1,98$$

$$= 6514,459 \text{ Kg}$$

Kekuatan geser total baut :

$$R_n \cdot n_{baut} = 6514,459 \text{ Kg} \times 4$$

$$= 26057,84 \text{ kg} > V_u$$

$$= \mathbf{1055,8 \text{ kg} \dots \text{Ok}}$$

Jarak baut angker :

Jarak baut tepi arah B,  $1,5d \leq S_1 \leq 12 t_p$

$$1,5 \cdot 1,588 \leq S_1 \leq 12 \cdot 0,75 \text{ cm}$$

$$2,382 \text{ cm} \leq S_1 \leq 9 \text{ cm}$$

$$S_1 = 4,5 \text{ cm} \dots \text{Ok}$$

Jarak antar baut arah B,  $2,5d \leq S_2 \leq 28 t_p$

$$2,5 \cdot 1,588 \leq S_2 \leq 28 \cdot 0,75 \text{ cm}$$

$$3,97 \text{ cm} \leq S_2 \leq 21 \text{ cm}$$

$$S_2 = 15 \text{ cm} \dots \text{Ok}$$

Jarak baut tepi arah N,  $1,5d \leq S_1 \leq 12 t_p$

$$1,5 \cdot 1,588 \leq S_1 \leq 12 \cdot 0,75 \text{ cm}$$

$$2,382 \text{ cm} \leq S_1 \leq 9 \text{ cm}$$

$$S_1 = 8 \text{ cm} \dots \text{Ok}$$

Jarak antar baut arah N,  $2,5d \leq S_2 \leq 28 \text{ cm} \cdot t_p$

$$2,5 \cdot 1,588 \leq S_2 \leq 28 \cdot 0,75 \text{ cm}$$

$$3,1 \text{ cm} \leq S_2 \leq 21 \text{ cm}$$

$$S_2 = 12 \text{ cm} \dots \text{Ok}$$

**Analisa las pada sambungan pelat dasar**

Tebal maksimum las : (tidak ada ketentuan khusus untuk kasus ini). Digunakan ukuran nominal las *fillet* = 0,5 inch = 12,7 mm, dengan leher efektif = 0,3535 inch = 8,979 mm

Ketentuan desain las *fillet* :

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot (0,60 F_{EXX})$$

$$t_e = \text{dimensi leher efektif}$$

$$F = \text{kekuatan tarik material elektroda las (pakai 30 ksi=2109,21 kg/cm}^2)$$

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot (0,60 F_{EXX})$$

$$= 0,75 \cdot 0,898 \cdot (0,6 \cdot 2109,21)$$

$$= 852,332 \text{ kg/cm}$$

**Kekuatan yang diberikan oleh las fillet :**

$$V = L_w \cdot (\phi \cdot R_{nw})$$

Dengan pajang las yang menahan tarik diasumsikan hanya sayap bagian luar

$$L_w = 2 \cdot b_f - t_w = 2 \cdot 10 - 0,55 = 19,45 \text{ cm}$$

Maka :

$$V = 19,45 \cdot 852,332 = 16577,853 \text{ kg} > V_u = 1055,8 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

**3. KESIMPULAN**

Dari hasil analisis data dengan menggunakan SAP 2000 maka struktur kuda-kuda mengalami kelemahan dalam penentuan diameter ikatan angin yang digunakan, sementara elemen struktur yang lain sudah memenuhi persyaratan kekuatan. Sambungan pada simpul kuda-kuda sudah baik karena dapat menahan gaya-gaya yang bekerja.

**4. DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim., (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI03-2847-2002.  
BSN. SNI 03-1729-2002  
BSN. SNI 03-1729-2015  
G Azhari.(2016). Analisa Sambungan Batang Tarik Struktur Baja Dengan Metode ASD dan Metode LRFD, Jurnal.sttgarut.ac.id  
Peraturan Baja, (1984). Menggunakan Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.  
Peraturan Pembebanan, (1983). Menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.  
Phiegiarto, F. Tjainadi, Julio Esra.S, Hasan. M, Ima.(2015) Perencanaan Elemen Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729:2015. Publication.petra.ac.id  
Salmon C. G dan Johnson J. e, (1994).Struktur Baja DEsain Dan Perilaku I dan II, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.  
Setiawan Agus. (2008). Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD edisi I & II (berdasarkan SNI 03-1729-2002), PT. Penerbit Erlangga.  
W, Dewobroto. (2008) Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP 2000. uph.tripod.c