

## PERENCANAAN ULANG STRUKTUR KUDA-KUDA ATAP GEDUNG RS EFARINA ETAHAM SIANTAR

Greacea Elisabeth Zai<sup>1</sup>, Selly Purwati<sup>2</sup>, Rhini Wulan Dary<sup>3</sup>

Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung<sup>1,2,3</sup>, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan  
greaceaelisabethzai@students.polmed.ac.id<sup>1</sup>, sellypurwati@students.polmed.ac.id<sup>2</sup>,  
rhiniwulandary@polmed.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini merupakan analisis struktur kuda-kuda atap terhadap bangunan gedung Rumah Sakit Efarina Etaham Siantar yang berada di Kota Pematang Siantar. Rumah Sakit Efarina Etaham Siantar telah beroperasi sejak bulan Mei 2022. Rumah Sakit Efarina Etaham Siantar memiliki struktur kuda-kuda atap dengan bentang panjang sehingga sangat cocok digunakan material baja dalam perencanaan desain struktur kuda-kuda atap. Penelitian ini didasarkan karena adanya peraturan terbaru yaitu SNI 1727-2020 Tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain dan SNI 03-1729-2020 Tentang Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural. Tujuan dalam penelitian ini untuk menghitung pembebanan dan memperoleh dimensi profil kuda-kuda baja RS Efarina Etaham Siantar merujuk peraturan terbaru yang telah diterbitkan. Metode pengumpulan data dengan cara menganalisis data proyek RS Efarina Etaham Siantar. Data yang dianalisis berupa dokumen gambar *AsBuilt Drawing* yang diperoleh dari Proyek Pembangunan RS Efarina Etaham Siantar. Metode penelitian yang digunakan berupa pengumpulan data di lapangan, *preliminary design*, dan perhitungan beban. Metode analisis dalam penelitian ini menggunakan software SAP2000 dengan pemodelan kuda-kuda atap secara 2D untuk mendapatkan nilai gaya-gaya dalam. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada struktur kuda-kuda atap, batang tarik, batang tekan, dan batang lentur, diperoleh kesimpulan struktur kuda-kuda atap memenuhi syarat aman dan dapat digunakan sesuai dimensi profil kuda-kuda WF 200x150x6x9.

**Kata Kunci** : Struktur Atap, Kuda-Kuda, Profil Baja, WF, Bentang Panjang

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Atap adalah sebuah bagian yang terletak paling atas dalam suatu bangunan. Atap tersusun atas bagian atau komponen-komponen penting yang saling berpadu menjadi satu kesatuan. Secara umum, ada tiga bagian yang membentuk sebuah atap bangunan, salah satunya yaitu rangka atap. Struktur rangka atap sangat penting pada sebuah bangunan, karena struktur ini yang akan menopang dan menyalurkan tekanan pada atap ke struktur- struktur lain yang ada dibawahnya. Rangka atap yang memiliki kuda-kuda dengan bentang panjang sangat cocok digunakan material baja dalam perencanaannya. Sebab, Baja memiliki daktilitas (kemampuan material merenggang) yang tinggi, sehingga membuat baja memiliki kekuatan menahan tegangan yang lebih besar dan juga lendutan yang terjadi pada baja lebih kecil. Meskipun harga material baja lebih mahal, tidak fleksibel, tidak ramah lingkungan dan membutuhkan ahli dalam memasangnya namun lebih aman dan awet untuk digunakan.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh diterbitkannya peraturan terbaru yaitu SNI 1727-2020 Tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain dan SNI 03-1729-2020 Tentang Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural. Dalam penelitian ini bermaksud mengevaluasi kondisi di lapangan termasuk *overdesign* atau *upperdesign* dalam merencanakan ulang kuda-kuda atap dengan bentang 18 m' yang dilaksanakan pada Rumah Sakit Efarina Etaham Siantar. Penelitian bertujuan untuk menghitung pembebanan dan mendapatkan desain struktur kuda-kuda atap dengan bentang panjang merujuk peraturan terbaru. Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan cara menganalisis data proyek berupa gambar *asbuilt drawing* Rumah Sakit Efarina Etaham Siantar. Digunakan metode penelitian yaitu pengumpulan data di lapangan, perhitungan beban, dan *preliminary design* kuda-kuda yang mana kuda-kuda baja dalam analisis dapat dimodelkan sebagai 2D pada aplikasi SAP2000.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Penelitian Terdahulu

Suryadi (2022) melakukan penelitian dengan judul Analisis Struktur Rangka Atap Gedung SMP Negeri 7 Kota Tarakan . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan struktur rangka atap yang direncanakan dengan material baja konvensional dan pemodelan struktur atap dilakukan secara 2D dan 3D pada aplikasi SAP2000. Penelitian ini menggunakan SNI 1727-2013 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain.

Penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan oleh Rhesnu Prayogia Cahyadi (2021) mengenai Analisa Profil Baja pada Struktur Rangka Atap Rumah Adat Gadang, Joglo dan Tongkonan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil baja yang paling optimum untuk digunakan sebagai rangka atap dan untuk mengetahui kebutuhan material dan anggaran biaya untuk rangka atap baja dari masing-masing rumah adat. Penelitian ini menggunakan SNI 1727-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

### Atap

Atap adalah penutup atas suatu bangunan yang melindungi bagian dalam bangunan dari hujan maupun salju. Bentuk model atap terdiri dari atap datar, atap sandar, atap pelana, atap perisai, atap masard, atap joglo, atap gergaji, atap kubah, atap kerucut, dan lain-lain. Berbagai bentuk atap tersebut harus mempertimbangkan pengaliran air agar bisa jatuh. Bahan untuk atap juga bermacam-macam, yaitu: genteng (keramik, beton), seng bergelombang, asbes, dan semen cor.

### Baja

Baja adalah logam paduan berbahan dasar besi. Besi murni mempunyai sifat yang kurang kuat dan mudah berkarat, namun memiliki tingkat keuletan yang tinggi. Beberapa sifat utama baja yaitu kekuatan (*power*), keuletan (*ductility*), kekerasan (*hardness*), dan ketangguhan (*toughness*).

### Konsep LRFD

LRFD (*Load And Resistance Factor Design*) adalah suatu metode yang didasari dengan *limit state* (keadaan batas). Pada metode ini beban kerja dikalikan dengan faktor beban untuk menghasilkan beban terfaktor yang akan digunakan sebagai beban pada struktur. Selain itu ciri khas dari metode ini adalah penggunaan faktor reduksi sebagai faktor keamanan dalam proses desain yang didasarkan atas ketidakpastian mutu bahan, adanya tegangan tambahan, keakuratan dimensi profil baja dan kemungkinan terjadinya *human error*.

### Beban

Beban adalah gaya atau aksi lainnya yang dikenakan/dibebankan pada suatu elemen struktur, yang dapat menyebabkan adanya tegangan, deformasi, dan perpindahan yang berpotensi merusak struktur tersebut. Beban-beban yang bekerja pada suatu struktur ditimbulkan secara langsung oleh gaya-gaya alamiah dan buatan manusia (Schueller, 2001).

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk atap. Beban mati yang bekerja pada perencanaan seperti berat kuda-kuda baja sendiri, berat gording (sesuai profil yang digunakan), berat Trekstang, berat bracing/ikatan angin, dan beban penutup atap genteng metal.

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, hujan, beban gempa atau beban banjir.

Beban air hujan harus didasarkan pada tinggi total (yakni, tinggi statis [ds] ditambah kepala hidraulik [dh]) yang terkait dengan laju aliran desain untuk sistem drainase dan saluran sekunder yang ditetapkan. Setiap bagian dari atap harus dirancang untuk mampu menahan beban dari air hujan yang terakumulasi apabila sistem drainase primer pada bagian tersebut terhambat ditambah beban merata akibat kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran desainnya.

$$R = 0,0098 (ds+dh) \quad (1)$$

Beban angin adalah beban yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan yang disebabkan oleh tekanan udara. Beban angin diperhitungkan karena angin besar dapat menekan bangunan dan mempengaruhi kekuatannya. Beban angin harus sesuai SNI 03-1727 : 2020 pasal 26.1.2.1.

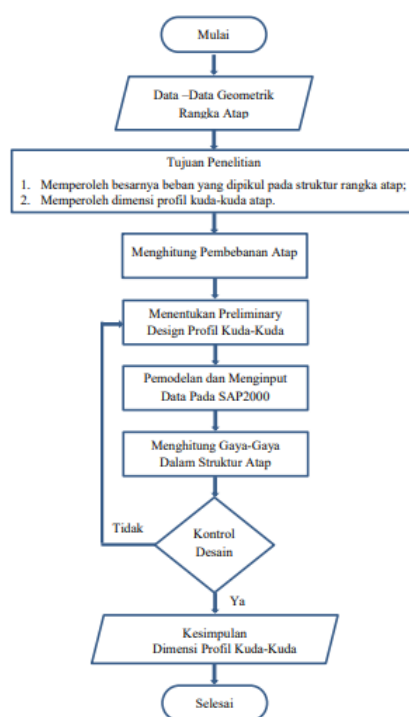
### Kombinasi Beban

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan tata cara perencanaan SNI 1727-2020. Kuat perlu adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut dalam suatu kombinasi.

## METODE PENELITIAN

### Flowchart Metode Penelitian

Flowchart metodologi penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Flowchart Perencanaan Kuda-kuda Atap  
Sumber: Penulis, 2023

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara menganalisis data proyek berupa gambar *asbuilt drawing* Rumah Sakit Efarina Etaham Siantar. Data yang dijadikan bahan acuan dalam penelitian ini dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) menurut jenis datanya, yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi rencana pembangunan maupun hasil survey yang dapat langsung digunakan sebagai sumber dalam perencanaan struktur bangunan. Pengamatan langsung di lapangan mencakup data proyek dan data struktur atap. Data sekunder adalah data yang dijadikan bahan acuan dalam penelitian ini, dimana data yang diperoleh dari instansi tertentu yang digunakan langsung sebagai sumber Perencanaan Struktur Atap Gedung pada Proyek RS Efarina Etaham Siantar.

Data yang dijadikan dalam perencanaan struktur kuda-kuda atap adalah bahwa kuda-kuda atap memiliki bentang kuda-kuda 18 m', jarak antar kuda-kuda 7.5 m', tinggi bangunan 23.23 m dengan

tinggi atap bangunan 2.83 m terdiri dari kolom pedestal t 0.6 m, sudut kemiringan atap 10°, bahan penutup atap menggunakan atap genteng metal, gording menggunakan CNP 150x75x75x4.5 mm.

### Perhitungan Beban

Setelah diperoleh data yang diperlukan maka selanjutnya dapat langsung dilakukan proses perhitungan beban. Perhitungan beban berdasarkan peraturan terbaru yaitu SNI 03-1727 Tahun 2020. Pembebanan yang dihitung meliputi beban mati, beban hidup, beban hujan dan beban angin. Beban mati dalam perencanaan terdiri atas beban akibat berat atap genteng, berat plafon, berat trekstang, berat gording dan berat kuda-kuda itu sendiri.

### Preliminary Design Kuda-kuda

Dalam perencanaan struktur kuda-kuda atap diasumsikan terlebih dahulu dimensi profil berdasarkan data-data bangunan gedung RS Efarina Etaham Siantar. Dimensi awal yang telah diperoleh sebelumnya dari RS Efarina Etaham Siantar digunakan sebagai pemodelan pada SAP2000 untuk menentukan dimensi awal atau yang disebut *Preliminary Design*. *Preliminary design* kuda-kuda baja dalam analisis dapat dimodelkan sebagai 2D pada aplikasi SAP2000. Dari analisis pada SAP2000 diperoleh nilai gaya-gaya dalam yang lebih lanjut dilakukan kontrol desain terhadap batang tarik, tekan dan batang lentur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

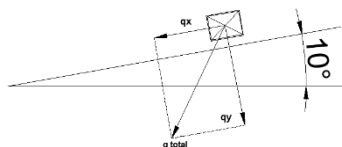
### Data Struktur

- Bentangan kuda-kuda : 18 meter
- Kemiringan kuda-kuda : 10 derajat
- Jarak antar kuda-kuda : 7.5 meter
- Jarak antar gording : 1.03 meter
- Profil gording : CNP 150x75x75x4.5 mm
- Penutup atap : genteng metal

### Pembebanan

#### Beban Mati (DL)

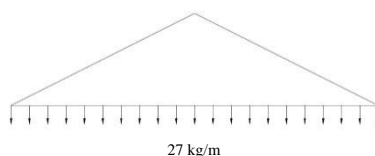
Beban mati dalam perencanaan kuda-kuda terdiri atas beban akibat berat atap genteng, berat plafon, berat trekstang, berat gording dan berat kuda-kuda itu sendiri.



Gambar 2. Pemodelan Beban Mati  
Sumber: Dokumen Autocad, 2023

$$\text{Berat atap genteng} = 50 \text{ kg/m}^2 \times 1,03 \text{ m} = 51,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat plafon} = \frac{(11+7) \text{ kg/m}^2 \times 18,0 \text{ m}}{12} = 27 \text{ kg/m}$$



Gambar 3. Beban Mati Kuda-kuda Akibat Berat Plafon  
Sumber: Dokumen Autocad, 2023

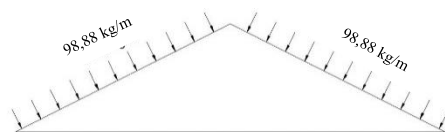
$$\text{Berat trekstang} = 10\% \times 10,1 \text{ kg/m}^2 = 1,01 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat gording} = 10,1 \text{ kg/m}$$

**Beban Hidup (Lr)**

Beban hidup yang terdapat pada gedung RS Efarina Etaham Sinatar sebagai berikut:

$$\text{Berat hidup atap} = 96 \text{ kg/m} \times 1,03 \text{ m} = 98,88 \text{ kg}$$



Gambar 3. Beban Hidup pada Kuda-kuda  
Sumber: Dokumen Autocad, 2023

**Beban Hujan (R)**

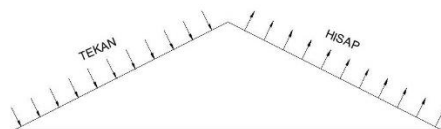
Berdasarkan persamaan 1, beban air hujan (R) sebesar  $24,5 \text{ kg/m}^2$  sehingga beban hujan yang terdapat pada gedung RS Efarina Etaham Siantar sebagai berikut:

$$\text{Berat hujan} = 24 \text{ kg/m}^2 \times 1,03 \text{ m} = 25,235 \text{ kg/m}$$

**Beban Angin (WL)**

Perhitungan beban angin pada gedung RS Efarina Etaham Siantar adalah:

$$\text{Berat angin} = 38 \text{ kg/m}^2 \times 1,03 \text{ m} = 39,14 \text{ kg/m}$$



Gambar 4. Pemodelan Beban Angin  
Sumber: Dokumen Autocad, 2023

Untuk lebih jelas hasil perhitungan pembebanan dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Pembebanan pada Kuda-kuda

Type Beban	DL	Lr	R	WL
Beban Merata (kg/m)	89,61	-	25,235	39,14
Beban Terpusat (kg)	-	98,88	-	-

**Kombinasi Beban**

Kombinasi beban untuk desain kekuatan (SNI 03-1727-2020) sebagai berikut :

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
3. 1,2 D + 1,6 (Lr atau S atau R) + (L atau 0,5 W)
4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau S atau R)
5. 0,9 D + 1,0 W

Keterangan :

- D : Beban mati (Dead Load), (kN, kN/m<sup>2</sup> atau kNm)  
 L : Beban hidup (Live Load), (kN, kN/m<sup>2</sup> atau kNm)  
 Lr : Beban hidup atap (Roof Live), (kN, kN/m<sup>2</sup> atau kNm)  
 R : Beban air hujan (Rain Load), (kN, kN/m<sup>2</sup> atau kNm)  
 W : Beban angin (Wind Load), (kN atau kN/m<sup>2</sup>)  
 S : Beban salju (Snow Load)

Dari analisa kombinasi beban yang dilakukan didapat besaran beban terfaktor seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Beban Terfaktor	
Beban Merata Terfaktor	Beban Terpusat Terfaktor
167,48 kg/m	158,21 kg

### Preliminary Design

Preliminary design kuda-kuda baja menggunakan rumus lendutan untuk mendapatkan dimensi penampang baja profil. Adapun rumus preliminary design sebagai berikut:

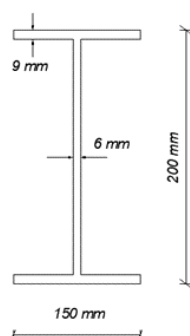
$$\Delta_{max} = \frac{L}{240} = \frac{9270}{240} = 38,265 \text{ mm}$$

$$\Delta_{maks} = \left( \frac{5}{384} \times \frac{Qu \times L^4}{E \times Ix} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{Pu \times L^3}{E \times Ix} \right)$$

$$38,265 \text{ mm} = \left( \frac{5}{384} \times \frac{167,48 \times 9270^4}{200000 \times Ix} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{158,21 \times 9270^3}{200000 \times Ix} \right)$$

$$Ix = 16836419,8 \text{ mm}^4 = 1683,642 \text{ cm}^4 \text{ kurang dari } I_x = 2690 \text{ cm}^4 \text{ (ok)}$$

Gunakan baja profil WF 200x150x6x9 mm untuk kuda-kuda atap



Gambar 5. Penampang Profil WF 200x150x6x9  
Sumber: Dokumen Autocad, 2023

Lebar (b)	= 150 mm	Tinggi (h)	= 200 mm
Tebal (tf)	= 9 mm	Tebal (tw)	= 6 mm
Luas (A)	= 3901 mm <sup>2</sup>	Sx	= 277 cm <sup>3</sup>
Ix	= 2690 cm <sup>4</sup>	Iy	= 507 cm <sup>4</sup>
Zx	= 296214 mm <sup>4</sup>	Panjang (L)	= 9270 mm

### Pemodelan Kuda-kuda Atap pada SAP2000

Dilakukan penginputan data-data yang telah diperoleh yaitu pembebanan dan *preliminary design* pada SAP2000 sebagai pemodelan struktur kuda-kuda atap dan untuk mengetahui gaya-gaya dalam pada kuda-kuda atap baja. Setelah semua beban dan data preliminary design didistribusikan pada kuda-kuda maka selanjutnya adalah menjalankan *running* pada program.



Gambar 6. Hasil *Running* pada SAP2000  
Sumber: Dokumen SAP2000, 2023

Adapun besaran nilai kuat tarik dan kuat tekan hasil SAP2000 yang terjadi pada kuda-kuda dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Output SAP2000**

Kuat Tekan (kN)	Kuat Tarik (kN)
-40,74 kN	31,796 kN

### Kontrol Desain Profil Kuda-kuda

Setelah semua data hasil output berupa nilai kuat tarik dan kuat tekan yang terjadi pada kuda-kuda diperoleh. kemudian, dilakukan pengecekan apakah dimensi profil kuda-kuda yang direncanakan aman atau tidak dalam memikul beban struktur kuda-kuda atap. Apabila dalam pemeriksaan profil kuda-kuda belum memenuhi persyaratan, maka dipilih profil yang lebih besar dan perhitungan pemeriksaan diulang. Pada profil kuda-kuda yang telah dipilih selanjutnya diperiksa terhadap batang Tarik, batang tekan, dan batang lentur.

### Cek Profil Terhadap Batang Tarik

#### Tinjauan Kondisi Leleh Tarik pada Penampang Bruto

Digunakan rumus kekuatan Tarik, yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan tarik} : P_{ntl} = A_g \cdot f_y = 3901 \times 240 = 936,24 \text{ kN}$$

$$\text{Kekuatan tarik tereduksi penampang bruto} : \phi_{tb} P_{ntl} = 0,90 \times 936,24 = 842,616 \text{ kN}$$

#### Tinjauan Kondisi Leleh Tarik pada Penampang Netto

Digunakan rumus kekuatan Tarik, yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan tarik tereduksi penampang netto} : \phi_{tn} \cdot A_e \cdot f_u = 0,75 \times 3080,67 \times 370 = 854,886 \text{ kN}$$

Digunakan kuat tarik terkecil :

$$\phi_{tb} P_{ntl} = 842,616 \text{ kN} > P_u = 31,796 \text{ kN (OK)}$$

$$\text{Rasio kuat tarik terhadap gaya tarik} : \frac{P_u}{\phi_{tn} \cdot P_{nt(2)}} = \frac{31,796}{842,616} = 0,037 < 1,0 \quad (\text{OK})$$

$$\text{Rasio Kelangsingan} : \frac{P_u}{\phi_{tn} \cdot P_{nt(2)}} = \frac{31,796}{842,616} = 0,037 < 1,0 \quad (\text{OK})$$

Analisis batang tarik pada Kuda-Kuda disimpulkan aman untuk digunakan.

### Cek Profil Terhadap Batang Tekan

#### Cek Kelangsingan Elemen Sayap (Flange) dan Badan (Web)

$$\text{Sayap} : \lambda = \frac{b}{t} = 8 ; \lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 16,17$$

Karena,  $\lambda \leq \lambda_r$  maka batang termasuk elemen non-langsing.

$$\text{Badan} : \lambda = \frac{b}{t} = 38,67 ; \lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 43,01$$

Karena,  $\lambda \leq \lambda_r$  maka batang termasuk elemen non-langsing.

### Tinjauan Terhadap Tekuk Lentur

Persamaan rumus kuat nominal terhadap tekuk lentur yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (3)$$

Faktor panjang efektif :  $K = 1,0$  (sendi-sendi)

$$\text{Jari-jari girasi gabungan} : r_x = \sqrt{\frac{I}{A}} = 83,0 \text{ mm} ; r_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = 36,1 \text{ mm}$$

Analisa kelangsingan elemen batang pada tiap sumbu :

$$\text{Sumbu-x} : \lambda_x = \frac{L_c}{r} = \frac{KL_x}{r_x} = 99,27$$

$$\text{Sumbu-y} : \lambda_y = \frac{L_c}{r} = \frac{KL_y}{r_y} = 228,25 \text{ (Nilai Terbesar)}$$

$$\text{Rasio Kelangsingan} : \frac{L_c}{r} \geq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 228,25 \geq 135,966$$

$$\text{Tegangan kritis tekuk elastis} : F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{r}\right)^2} = 37,89$$

$$\text{Nilai tegangan kritis} : F_{cr} = 0,877 F_e = 0,877 \times 37,89, F_{cr1} = 33,23 \text{ Mpa}$$

Nilai kuat nominal profil terhadap tekuk lentur sesuai persamaan (3), yaitu :

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 33,23 \times 3,901 = 129,62 \text{ kN}$$

Syarat kekuatan tekuk lentur :

$$\phi_c P_n \geq P_u = 0,9 P_n \geq P_u = 116,66 \text{ kN} \geq 40,74 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi Syarat})$$

### Tinjauan Terhadap Tekuk Torsi

$$\text{Jari-jari girasi minimum : } r_i = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 36,09 \text{ mm}$$

$$\text{Konstanta torsi : } J = \frac{(2 \times b \times t_f^3) + (d' \times t_w^3)}{3} = 86220 \text{ mm}^4$$

$$\text{Konstanta warping (C}_w\text{) profil WF : } C_w = \frac{d'^2 \times b^3 \times t_f}{24} = 4,33 \text{ mm}^6$$

$$\text{Nilai } F_e \text{ untuk simetris ganda : } F_e = \left( \frac{\pi^2 E C_w}{L_{cr}^2} + GJ \right) \times \frac{1}{I_x + I_y} = 215,75 \text{ Mpa}$$

$$\text{Nilai } F_{cr} : F_{cr} = 0,877 \times F_e = 189,21 \text{ Mpa}$$

$$\text{Nilai kuat nominal terhadap tekuk torsi : } P_n = F_{cr} \times A_g = 738,13 \text{ kN}$$

Syarat kekuatan tekuk torsi :

$$\phi_c P_n \geq P_u = 0,9 \times P_n \geq P_u = 64,31 \text{ kN} \geq 40,74 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi Syarat})$$

$$\text{Rasio kuat tekan terhadap gaya tekan : } \frac{P_u}{\phi_c P_n} = 0,349 < 1,0 \quad (\text{OK})$$

Dapat disimpulkan bahwa profil WF 200x150x6x9 pada kuda-kuda memenuhi semua persyaratan kekuatan ( $\phi_c P_n = P_u$ ) baik tekuk torsi maupun tekuk tekuk lentur dan aman digunakan.

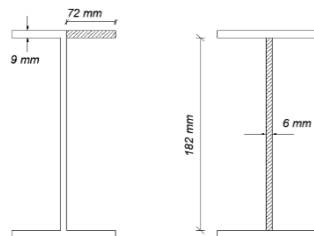
### Cek Profil Terhadap Batang Lentur

#### Kontrol Lendutan Untuk Perletakan Sendi-Sendi

$$\Delta_{max} = \frac{L}{240} = \frac{9270}{240} = 38,265 \text{ mm}$$

$$\Delta_u = \left( \frac{5}{384} \times \frac{Q_u \times L^4}{E \times I_x} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{P_u \times L^3}{E \times I_x} \right) = 34,81 \text{ mm} < \Delta_{max} = 38,265 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi Syarat})$$

### Klasifikasikan Penampang Sayap (*Flange*) Dan Badan (*Web*)



Gambar 7. Parameter Profil WF dalam Klasifikasi Penampang  
Sumber: Autocad, 2023

$$\text{Sayap (flange) : } \lambda = \frac{b}{t} = 8,0 ; \lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10,97 ; \lambda_r = 1,0 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 28,87$$

Jadi,  $\lambda \leq \lambda_p \leq \lambda_r$ ; profil sayap tergolong Kompak

$$\text{Badan (web) : } \lambda = \frac{b}{t} = 29,33 ; \lambda_p = 0,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108,54 ; \lambda_r = 5,7 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 164,54$$

Jadi,  $\lambda \leq \lambda_p \leq \lambda_r$ ; profil sayap tergolong Kompak

### Momen Nominal Batas Leleh (*Yield*)

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y = 296214 \times 240 = 71091360 \text{ N.mm} = 71,091 \text{ kN.m}$$

Cek Persyaratan Kekuatan Berdasarkan *Yield* (y)



$$\phi_b \cdot Mn \geq Mu = 0,9Mn \geq Mu = 63,98 \text{ kN.m} \geq 21,66 \text{ kN.m} \quad (\text{Memenuhi Syarat})$$

### Momen Nominal Batas Tekuk Torsi Lateral (*Lateral Torsional Buckling*)

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1834 \text{ mm} = 1,83 \text{ m}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_0}{2S_x} = \frac{507 \text{ cm}^4 \times 185 \text{ mm}}{2 \times 2.770.000 \text{ mm}^3} = 41,15 \text{ mm}$$

Nilai Koefisien  $c = 1$  untuk profil WF simetris ganda (SNI 1729-2020)

$$L_b = 4,635 \text{ m} = 4635 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} = 6364,35 \text{ mm} = 6,634 \text{ m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} = \frac{12,5 \times 22,49}{2,5 \times 222,49 + 3 \times 19,69 + 4 \times 22,49 + 3 \times 19,69} = 1,06$$

Sehingga, nilai momen nominal ( $M_n$ ) akibat *Lateral Torsional Buckling (LTB)* adalah :

$$M_n = C_b \left( M_p - \left( M_p - 0,7F_y S_x \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right) \right) \leq M_p = 59464513,60 \text{ N.mm} \leq 71.091.360 \text{ N.mm}$$

$$\text{Momen elastis : } M_y = S_x \times F_y = 277000 \times 240 = 66.480.000 \text{ N.mm}$$

$$\text{Momen plastis : } M_p = Z_x \times F_y = 296214 \times 240 = 71.091.360 \text{ N.mm}$$

Karena nilai  $M_n$  lebih kecil dari  $M_p$  maka nilai yang diambil sebagai momen nominal batas LTB sebesar:

$$M_n = 59464513,60 \text{ N.mm} = 59,465 \text{ kN.m}$$

Jadi, persyaratan kekuatan kuda-kuda berdasarkan *Lateral Torsional Buckling (LTB)* adalah

$$\phi_b \cdot Mn \geq Mu = 0,9 \cdot Mn \geq 21,66 \text{ kN.m} = 53,83 \text{ kN.m} \geq 21,66 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi Syarat})$$

### Analisa Kuat Geser

$$\text{Gaya geser maksimal : } Vu = \left( \frac{1}{2} \times Qu \times L \right) + \left( \frac{1}{2} \times Pu \right) = 855,36 \text{ kg} = 8,5536 \text{ kN}$$

Rumus umum kuat geser yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v1 \quad (4)$$

Untuk badan komponen profil WF 200x150x6x9, maka :

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = \frac{194-9-9}{6} < 2,24 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 30,83 < 64,66 \quad (\text{Memenuhi syarat})$$

$$\text{Maka, } C_v1 = 1,0 \text{ dan } \phi_v = 1,0$$

Sehingga besaran nilai geser nominalnya seperti pada persamaan (4) adalah :

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v1 = 0,6 \cdot F_y \cdot ((h - t_f - t_f) \cdot t_w) \cdot C_v1 = 152,064 \text{ kN}$$

Jadi, syarat kekuatan geser adalah

$$\phi_v \cdot V_n \geq Vu = 1,0 \cdot V_n \geq 8,554 \text{ kN} = 152,064 \text{ kN} \geq 8,554 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi syarat})$$

## **SIMPULAN**

Dari hasil analisis struktur kuda-kuda atap dapat disimpulkan bahwa besarnya beban-beban yang dipikul kuda-kuda atap terdiri dari beban mati sebesar 89.61 kg/m, beban hidup 98.88 kg, beban hujan sebesar 25.235 kg/m, dan beban angin baik angin datang dan juga angin pergi sebesar 39.14 kg/m. Selanjutnya setelah dilakukan perencanaan ulang struktur kuda-kuda atap gedung RS Efarina Etaham Siantar merujuk peraturan SNI terbaru dan kontrol desain profil terhadap batang Tarik, batang tekan, dan batang lentur bahwa baja yang memenuhi syarat dan aman digunakan untuk kuda-kuda memiliki dimensi profil WF 200x150x6x9.

## **SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat dijadikan masukan apabila kemudian hari akan melakukan penelitian lebih lanjut yaitu perlu adanya penelitian terhadap analisis sambungan dan juga analisis SAP2000 dapat dibuat secara 3D untuk mendukung hasil analisa *output* SAP2000 sehingga meminimalisir terjadinya kesalahan hasil *output*.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Cahyadi, R. P. (2021). *Analisa Profil Baja pada Struktur Rangka Atap Rumah Adat Gadang, Joglo, dan Tongkonan*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ihsanuddin, H. K. (2013). *Analisis Konstruksi Gable dengan Rafter menggunakan Profil Baja Honeycomb dan Truss*.  
[https://www.slideshare.net/Ami\\_Roy/perencanaan-struktur-baja-80833284](https://www.slideshare.net/Ami_Roy/perencanaan-struktur-baja-80833284).  
<http://repository.usm.ac.id/files/skripsi/C11A/2015/C111.15.0016-07-BAB-IV-20190813014545.pdf>.
- Suryadi. (2022). *Analisis Struktur Rangka Atap Gedung SMP Negeri 7 Kota Tarakan*. Universitas Borneo Tarakan..
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 03-1729-2020 Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural*. BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 1727-2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. BSN, Jakarta.