

## ANALISIS STRUKTUR RANGKA BAJA RINGAN DAN BAJA BERAT DENGAN APLIKASI BRICSCAD

**Husnah\*<sup>1</sup>, Novreta Ersy Darfia<sup>2</sup>, Fauzul Hidayat<sup>3</sup>**  
<sup>123</sup> Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Abdurrab  
Jalan Riau Ujung No. 73 Pekanbaru, Telp (0761) 38762  
\*Corresponding authors: husnah@univrab.ac.id

Received: 12 September 2019, Accepted: 03 Oktober 2019  
DOI: 10.31849/siklus.v5i2.3232

### Abstrak

Seiring melonjaknya harga bahan besi dikarenakan melemahnya nilai tukar rupiah akhir-akhir ini terhadap dollar, maka peran material pengganti untuk besi baja WF yang biasa dipakai untuk bentang di atas 15 meter perlu dilakukan. Salah satunya adalah jenis material baja ringan/truss. Membandingkan struktur kedua bahan ini, maka diperlukan analisis struktur atap rangka baja berat dengan konstruksi atap rangka baja ringan/truss. Struktur baja ringan untuk bangunan atap telah banyak digunakan pada masa sekarang ini. Selain karena kemudahan, faktor kecepatan pemasangan juga menjadi pertimbangan dalam memilih struktur rangka atap baja ringan ini, oleh sebab itu baja ringan adalah alternatif untuk pengganti baja WF yang tidak ekonomis. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan struktur dengan software bawaan baja ringan yaitu dengan bricscad. Adapun hasil penelitian ini passed 65% dari maksimal 80% yaitu dengan modulus elastisitas maksimal dari struktur sebesar 162.500 mpa (aman) < 200.000 mpa, Gaya Tarik Maksimal 406,25 mpa (aman) < 406,25 mpa, dan analisis truktur baja wf dapat dilihat dari hasil analisis tegangan maksimum sebesar 511,73 Kg/cm<sup>2</sup> < ijin = 1.600 kg/cm<sup>2</sup>. sehingga dapat disimpulkan pada bentang 16 meter tanpa tumpuan tengah baja ringan masih tergolong aman dan tergolong efektif dan efisien.

Kata kunci : Baja ringan, baja wf, bricscad, metode elemen hingga

### Abstract

*Because the price of iron material has skyrocketed, the rupiah exchange rate has declined lately against the dollar, the role of substitute material for WF steel which is usually used for spans above 15 meters needs to be done. One of them is a type of mild steel material/truss. Comparing the structure of these two materials, it is necessary to analyze the structure of heavy steel frames with lightweight steel frame construction. Light steel structures for roof buildings have been widely used today. In addition to convenience, the installation speed factor is also a consideration in*

*choosing this lightweight steel roof truss structure, therefore alternative mild steel for economical replacement of WF steel does not. The purpose of this study was to determine the strength of the structure with mild steel software, namely bricscad and finite element method. The results of this study exceed 65% of the maximum 80% with a maximum structural modulus of elasticity of 162,500 MPa (safe) <200,000 mpa, Maximum Tensile Strength of 406.25 MPa (safe) <406.25 MPa, and analysis of steel wf structures available are seen from the results of the maximum stress analysis of 511 ., 73 kg / cm<sup>2</sup> < permit = 1,600 kg / cm<sup>2</sup>, so that it can be concluded at a span of 16 meters without a light steel pedestal still relatively safe and classified as effective and efficient.*

**Keywords :** Mild steel, wf steel, bricscad, finite element method

## **A. PENDAHULUAN**

Seiring pertumbuhan ekonomi yang pesat yang berdampak pula terhadap kebutuhan bahan pangan, tempat tinggal, serta industri. Kebutuhan rumah tinggal, workshop industri akan berdampak juga terhadap kebutuhan akan material bangunan seperti kayu, semen, besi, dll. Seiring melonjaknya harga bahan besi dikarenakan melemahnya nilai tukar rupiah akhir-akhir ini terhadap dollar, maka peran material pengganti untuk besi baja WF yang biasa dipakai untuk bentang diatas 15 meter perlu dilakukan. Salah satunya adalah jenis material baja ringan/truss. Membandingkan struktur kedua bahan ini, maka diperlukan analisis struktur atap rangka baja dengan konstruksi atap rangka baja ringan/truss. Menurut (Nugroho 2014) bahwa pemakaian baja ringan sebagai rangka atap pada masa sekarang semakin digemari, hampir semua bangunan perkantoran, rumah sakit, tempat ibadah, di kota kota besar di Indonesia sudah menggunakan rangka atap baja ringan. Menurut (Pangaribuan 2014). Faktor pemakaian struktur baja ringan di karenakan oleh kemudahan, faktor kecepatan pemasangan, juga menjadi pertimbangan dalam memilih rangka atap baja ringan ini, oleh sebab itu baja ringan adalah alternatif untuk

pengganti baja WF yang harganya sangat mahal dan berat.

Untuk mengetahui kekuatan struktur ini perlu menganalisis struktur dengan software bawaan baja ringan yaitu dengan bricscad dan metode elemen hingga. Oleh karena itu perlu penelitian dengan judul *Analisis Struktur Rangka Baja Ringan Dan Baja Berat (Wf) Dengan Metode Bricscad Dan Metode Elemen Hingga*. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pentingnya analisis dari perencanaan dan dapat dijadikan pembanding untuk pemakaian material yang lebih efektif dan efisien.

## **B. TINJAUAN PUSTAKA**

### **1. Baja Ringan**

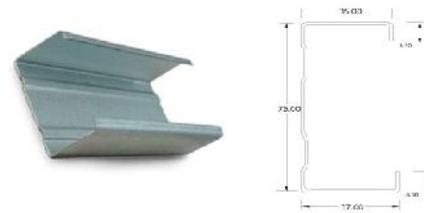
Baja ringan merupakan baja memiliki kualitas tinggi yang bersifat ringan dan tipis, kekuatannya tidak kalah dengan baja konvensional walaupun tipis, baja ringan juga memiliki derajat kekuatan tarik 550 mpa dan baja berat sekitar 300 mpa (Puri 2013). Kekuatan tarik dan tegangan ini untuk kompensasi bentuknya yang tipis. Ada beberapa jenis baja ringan yang terbagi berdasarkan nilai tegangan tariknya (*tensile strength*). Menurut (Selleng n.d. 2018), tegangan tarik pada dasarnya didasari pada fungsi akhir dari baja ringan tersebut. Misalnya

untuk berbagai produk struktur seperti rangka atap baja ringan haruslah menggunakan baja ringan dengan tegangan tarik tinggi (G550). Namun untuk berbagai produk home appliances misalnya, diperlukan baja ringan dengan tegangan tarik lebih rendah (G300, G250, dll) dan yang lebih lentur dan lunak sehingga lebih mudah dibentuk. Karna tingkat kualitas dan kuat tariknya tinggi, tak heran baja ringan lebih tipis dan ringan dibandingkan baja konvensional. Baja G550 bisa diartikan sebagai baja yang mempunyai kuat tarik 550MPa. Uji kualitas ini hanya dapat dibuktikan di laboratorium (Selleng . 2018)

Standar umum untuk bahan struktural (menanggung beban), ketebalan lapisan aluminium zinc tidak boleh kurang dari 150 gram/m<sup>2</sup> (AZ 150) sedangkan untuk lapisan zinc (galvanis) tidak kurang dari 200 gram/m<sup>2</sup> (Z 200). Ketahanan baja ringan, tergantung pada ketebalan lapisan anti karatnya. Di Indonesia ketebalan baja ringan antara 0,4 mm – 1 mm.

Menurut (Wildensyah 2010) Rangka atap baja ringan memiliki beberapa elemen yaitu kuda-kuda, gording/renang dan jurai. Kuda-kuda merupakan struktur utama dalam konstruksi atap baja ringan. Kuda-kuda terbagi atas beberapa bagian, antara lain : (Purwanto 2019) *top chord* (elemen atas), *bottom chord* (elemen bawah) dan *web* adalah elemen yang tersusun secara vertikal dan diagonal yang terhubung pada *chord*. Jarak pemasangan antar kuda-kuda ditentukan berdasarkan penutup atap yang digunakan. Semakin berat bobot atap yang digunakan maka semakin dekat jarak antar kuda-kuda baja ringan tersebut (Nugroho and Budi Setiawan 2018). Ada beberapa macam bentuk profil baja ringan yang umum digunakan, antara lain :

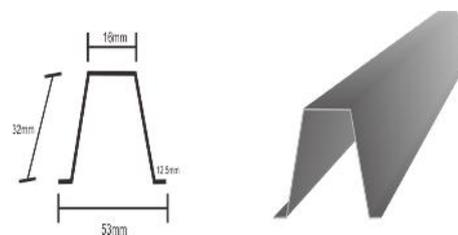
### a. Profil C



Gambar 1. Profil C75/075

Pada kuda-kuda dapat digunakan sebagai *top chord*, *bottom chord* dan *web*.

### b. Profil U terbalik



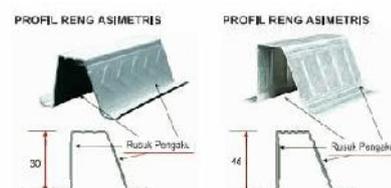
Gambar 2. Profil reng Model U 32/045

Dapat digunakan sebagai *top chord* dan *bottom chord* pada kuda-kuda, sebagai jurai, sebagai *bracing* serta sebagai gording apabila menggunakan atap metal *longspan*.

### c. Profil hollow

Profil ini jarang sekali digunakan pada kuda-kuda. Biasanya digunakan sebagai rangka untuk partisi.

### d. Profil reng asimetris yang berfungsi sebagai reng



Gambar 3. Profil reng asimetris

## 2. Baja Berat WF

Material baja ini lebih unggul jika ditinjau dari segi kekuatan, dan kekakuan. Jadi tidak mengherankan jika

di setiap proyek-proyek konstruksi bangunan (jembatan atau gedung serta tower (Husnah and Kartini 2018) maka baja selalu ditemukan, meskipun tentu saja volumenya tidak harus mendominasi. Tinjauan dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitas sangat cocok dipakai mengevaluasi struktur yang diberi pembebanan. Tetapi perlu diingat bahwa selain kondisi tadi akan ada pengaruh lingkungan yang mempengaruhi kelangsungan hidup struktur bangunannya. Jadi pada suatu kondisi tertentu, suatu bangunan bahkan dapat mengalami kerusakan meskipun tanpa diberikan beban sekalipun (belum berfungsi). Jadi ketahanan bahan material konstruksi terhadap lingkungan sekitarnya adalah penting untuk diketahui agar dapat diantisipasi baik. Baja merupakan bahan campuran besi (Fe), 1.7% zat arang karbon (C), 1.65% mangan (Mn), 0.6% silicon (Si), 0.6% tembaga (Cu). Baja dihasilkan dengan menghaluskan biji besi dan logam besi tua bersama dengan bahan-bahan tambahan pencampur yang sesuai, dalam tungku bertemperatur tinggi untuk menghasilkan massa-massa besi yang besar, selanjutnya dibersihkan untuk menghilangkan kelebihan zat arang dan kotoran lainnya. Berdasarkan persentase zat arang yang dikandung, baja dapat dikategorikan sebagai berikut:

- 1) Baja dengan persentase zat arang rendah (*low carbon steel*) yaitu lebih kecil dari 0.15%
- 2) Baja dengan persentase zat arang ringan (*mild carbon steel*) yaitu 0.15% - 0.29%
- 3) Baja dengan persentase zat arang sedang (*medium carbon steel*) yakni 0.3% - 0.59%
- 4) Baja dengan persentase zat arang tinggi (*high carbon steel*) yaitu 0.6% - 1.7%.

Baja untuk bahan struktur termasuk kedalam baja dengan persentase zat arang (*mild carbon steel*), semakin tinggi kadar zat arang yang terkandung didalamnya, maka semakin tinggi nilai tegangan lelehnya. Sifat-sifat bahan struktur yang paling penting dari baja adalah sebagai berikut:

- 1) Modulus elastisitas (E) berkisar antara 193000 Mpa sampai 207000 Mpa. Nilai untuk desain lazimnya diambil 210000 Mpa.
- 2) Modulus geser (G) dihitung berdasarkan persamaan:  $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$  w Dimana:  $\mu =$  Angka perbandingan poisson Dengan  $\mu = 0.30$  dan  $E = 210000$  Mpa, akan memberikan  $G = 81000$  Mpa.
- 3) Koefisien ekspansi ( $\alpha$ ), diperhitungkan sebesar :  $\alpha = 11,25 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$
- 4) Berat jenis baja ( $\rho$ ), sebesar  $7.85 \text{ t/m}^3$ .

#### e. Jenis baja

Menurut (Badan Standardisasi Nasional 2002), baja struktur dapat dibedakan berdasarkan kekuatannya

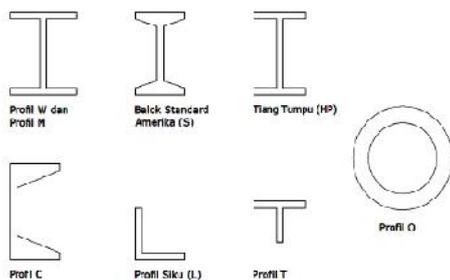
menjadi beberapa jenis, yaitu BJ 34, BJ 37, BJ 41, BJ 50 dan BJ 55. Besarnya tegangan leleh ( $f_y$ ) dan tegangan ultimate ( $f_u$ ) berbagai jenis baja struktur sesuai dengan (Badan Standardisasi Nasional 2002), dapat dilihat pada tabel 1

**Tabel 1** Kuat tarik batas dan tegangan leleh

Jenis Baja	Kuat Tarik Batas ( $f_u$ ) MPa	Tegangan Leleh ( $f_y$ ) MPa
BJ 34	340	210
BJ 37	370	240
BJ 41	410	250
BJ 50	500	290
BJ 55	550	410

## f. Profil Baja

Terdapat banyak jenis bentuk profil baja struktur yang tersedia di pasaran. Semua bentuk profil tersebut mempunyai kelebihan dan kelemahan tersendiri. Beberapa jenis profil baja menurut ASTM bagian I diantaranya adalah profil IWF, O,C, profil siku (L), tiang tumpu (HP) dan profil T struktural.



**Gambar 4.** Macam-macam Profil Baja

## C. METODE PENELITIAN

### 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini diambil dari Pekerjaan Pembangunan Proyek Ballroom Hotel Royal Asnof yang berlokasi di Jl. Tuanku Tambusai. Analisa struktur baja ringan digunakan program bricscad, anstruk baja berat dengan metode elemen hingga.

### 2. Data Perencanaan baja (ringan dan berat)

Perencanaan untuk baja ringan yang terhitung melalui software bawaan baja ringan (bricscad). Data pembebanan dapat dilihat pada tabel 2.

Pada perhitungan tinjauan khusus ini menggunakan spesifikasi teknis menggunakan pedoman-pedoman dalam pelaksanaan sebagai berikut :

- SNI 1496-2007 tentang material baja ringan

- Software BricsCad untuk perhitungan Rangka Batang Baja Ringan
- Pembebanan Berdasarkan analisa struktur SNI (Badan Standardisasi Nasional 2002)

**Tabel 2.** Data Pembebanan baja ringan

Truss Summary		
<b>Standard Truss</b>	24	385200
<b>Ceiling Joist</b>	6	138900
Truss Design Summary		
System	Generic	
Wind Load	W35N	
Roof Load (kPa)	Sheet	
TC Dead Load	0,120	
TC Live Load	0,250	
BC Dead Load	0,140	
BC live Load	0,000	
Truss Pitch	900	
End Batten Spacing	1200	
Bottom Chord Restraints	600	

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

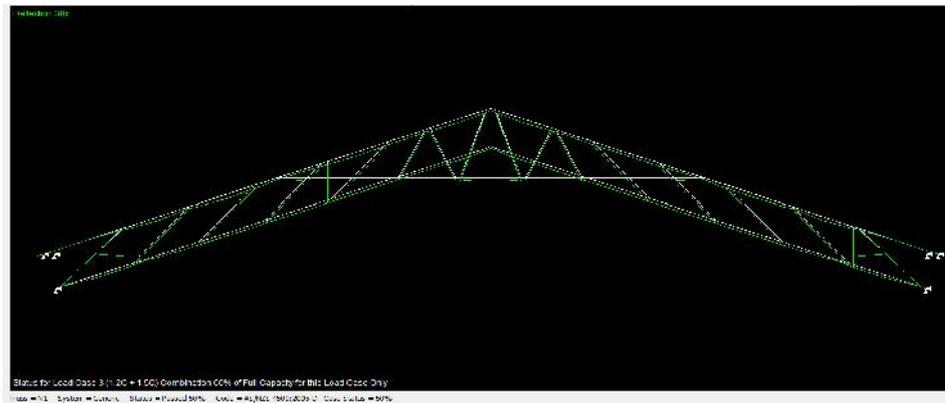
### 1. Hasil Perhitungan Struktur Baja Ringan

Data perhitungan struktur baja ringan dihitung berdasarkan software bricscad seri *quick series* yang didalam telah diinput pembebanan sesuai kebutuhan pihak owner. Berikut hasil perhitungan struktur baja ringan :

#### Data Perhitungan :

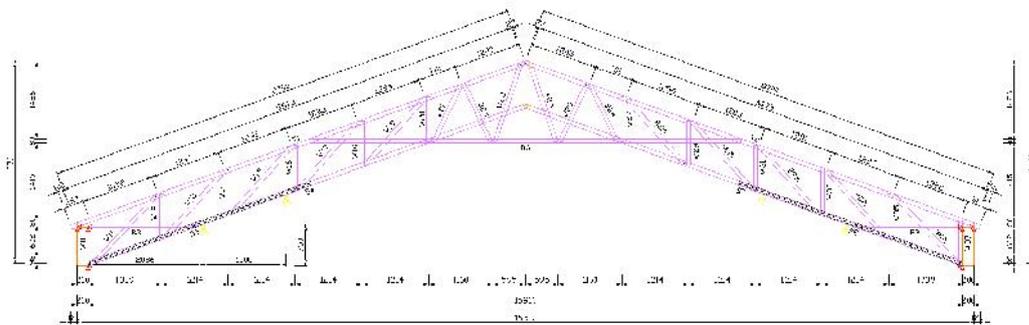
WindLoad:W35N(*ProgramDetermined*)  
(Puri,W, A, 2013)

RoofLoad:SHEET(Pembebanan Kelas Ringan) /*Program Determined* Snow Load :noneTruss Pitch :20degrees Dari software didapat



Gambar 5. Hasil analisis software bricscad

## 2. Hasil Analisis menggunakan Baja Ringan



Gambar 6. Struktur Kuda-kuda Baja Ringan

Passed 65%

Passed = 0,8125

Dengan modulus elastisitas maximal dari struktur :

=  $0,8125 \times 200.000 \text{ mpa} = 162.500 \text{ mpa}$   
(aman) < 200.000 mpa (hasil uji laboratorium)

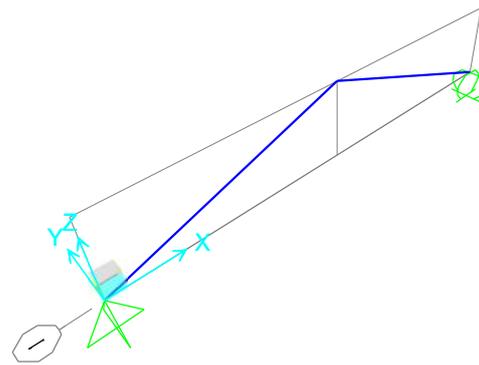
Gaya Tarik Maksimal

=  $0,8125 \times 500 \text{ mpa} = 406,25 \text{ mpa}$  (aman)  
< 406,25 mpa (Gaya tarik maks. Hasil uji dari laboratorium)

## 3. Hasil Perhitungan Struktur Baja WF

Data perhitungan struktur baja ringan dihitung berdasarkan software SAP dan didukung perhitungan manual. Gambar

7 Berikut merupakan hasil perhitungan struktur baja WF



Gambar 7. Permodelan geometri pada software SAP

a. Analisis Struktur Baja WF 250.125.6.9.

Secara umum data yang digunakan untuk perhitungan rencana atap adalah

sebagai berikut : (Badan Standarisasi Nasional 2002)

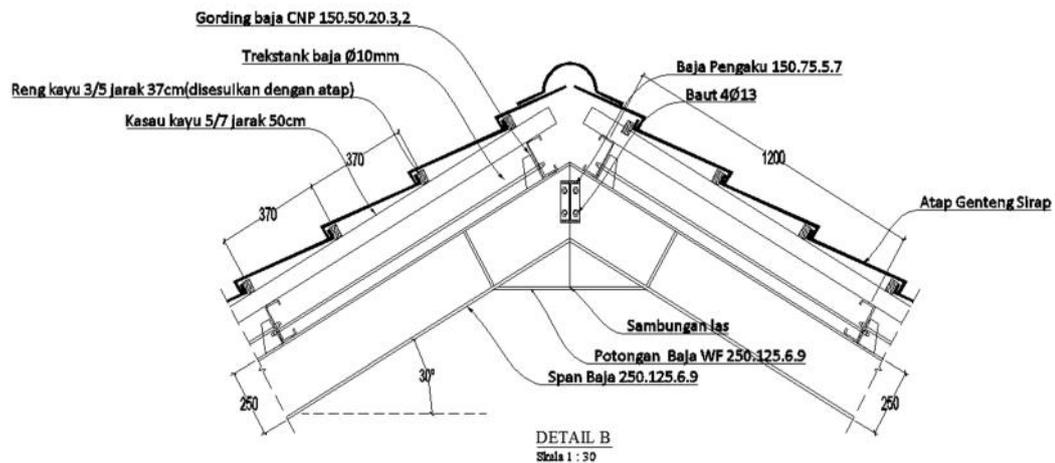
- a. Bentuk rangka kuda-kuda : seperti tergambar.
- b. Jarak antar kuda-kuda : 6,00 m
- c. Kemiringan atap : 20°
- d. Bahan gording : baja profil *lip channels*
- e. Bahan rangka kuda-kuda : baja profil *WF 250.125.6.9*
- f. Bahan penutup atap : genteng.
- g. Alat sambung : baut-mur.

- h. Jarak antar gording : 0,60 m
- i. Bentuk atap : gable.
- j. Mutu baja profil : Bj-37 ( ijin = 1600 kg/cm<sup>2</sup> ) ( leleh = 2400 kg/cm<sup>2</sup> )

Pembebanan berdasarkan (Badan Standarisasi Nasional 2002):

- a. Berat penutup atap = 50 kg/m.
- b. Beban angin = 25 kg/m<sup>2</sup>.
- c. Berat hidup = 100 kg.
- d. Berat penggantung dan plafond = 18 kg/m<sup>2</sup>

Spesifikasi baja sebagai berikut



**Gambar 8.** Detail Potongan Baja WF

a. Perhitungan Pembebanan pada Baja Berat

**A. Beban Mati**

Berat gording = 15 kg/m

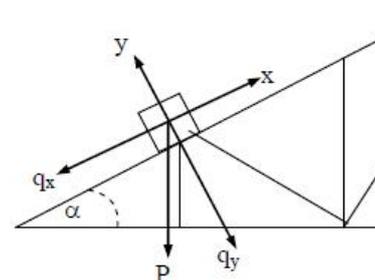
Berat Plafond = ( 2,0 × 18 )= 36 kg/m

Berat penutup atap = ( 1,2 × 50 )= 60 kg/m

q = 111 kg/m

Mx<sub>1</sub> = = 469,395 kgm.

My<sub>1</sub> = = 170,82 kgm.



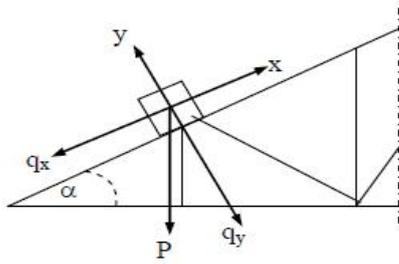
**Gambar 9.** Beban Mati

**B. Beban Hidup**

P diambil sebesar 100 kg.

Mx<sub>2</sub> = 140,96 kgm.

My<sub>2</sub> = 51,3 kgm.



Gambar 10. Beban Hidup

C. Beban Angin

Untuk beban angin pada kondisi normal pada kondisi ini diabaikan karena koefisien yg didapat karena kemiringan yg landai = 0

Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m<sup>2</sup>.

Koefisien kemiringan atap (20) = 20°.

Tabel 3. Kombinasi Beban

Momen	Beban Mati	Beban Hidup	Beban Angin		Kombinasi	
			Tekan	Hisap	Min.	Maks.
<b>M<sub>x</sub></b>	469,395	140,96	-	-	610,355	610,355
<b>M<sub>y</sub></b>	170,82	51,3	-	-	222,12	222,12

D. Kontrol Terhadap Tegangan

Kontrol terhadap tegangan Minimum

$$M_x = 610,355 \text{ kgm} = 61035,5 \text{ kgcm}$$

$$M_y = 222,12 \text{ kgm} = 22212 \text{ kgcm}$$

$$Z_x = 311 \quad Z_y = 47$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M_x}{Z_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{Z_y}\right)^2}$$

$$= 511,73 \text{ Kg/cm}^2 < \text{Torsi ijin} = 1.600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M_x}{Z_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{Z_y}\right)^2}$$

$$= 511,73 \text{ Kg/cm}^2 < \text{ijin} = 1.600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$

beban Hidup

P diambil sebesar 100 kg.

$$P_x = P \sin 20 = 100 \times \sin 20 = 34,20 \text{ kg.}$$

$$P_y = 93,97 \text{ kg.}$$

$$M_{x2} = 140,96 \text{ kgm.}$$

$$M_{y2} = 51,3 \text{ kgm.}$$

Beban Mati :

Berat gording = 15 kg/m

Berat Plafond = 36 kg/m

Berat penutup atap = 60 kg/m

$$q = 111 \text{ kg/m}$$

$$q_x = 37,96 \text{ kg/m.}$$

$$q_y = 104,31 \text{ kg/m.}$$

$$M_{x1} = 469,395 \text{ kgm.}$$

$$M_{y1} = 170,82 \text{ kgm.}$$

Tabel 4. Rekapitulasi Beban Kombinasi

Momen	Beban Mati	Beban Hidup	Beban Angin		Kombinasi	
			Tekan	Hisap	Min.	Maks.
<b>M<sub>x</sub></b>	469,395	140,96	-	-27	583,355	610,355
<b>M<sub>y</sub></b>	170,82	51,3	-	-	222,12	222,12

Beban angin :

1) Angin tekan ( $W_1$ ) = 0 kg/m.

2) Angin hisap ( $W_2$ ) = -6 kg/m.

Beban yang bekerja pada sumbu x, maka hanya ada harga  $M_x$  :

1)  $M_x$  (tekan) = 0 kgm.

2)  $M_x$  (hisap) = 27 kgm.

- Kontrol tegangan Minimum

$M_x = 610,355 \text{ kgm} = 61035,5 \text{ kgcm}$

$M_y = 222,12 \text{ kgm} = 22212 \text{ kgcm}$

$Z_x = 311 \quad Z_y = 47$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M_x}{Z_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{Z_y}\right)^2}$$

= 511,73 Kg/cm<sup>2</sup> < Torsiijin = 1.600 kg/cm<sup>2</sup>  
(aman)

- Kontrol tegangan Maksimum

$M_x = 610,355 \text{ kgm} = 61.035,5 \text{ kgcm}$

$M_y = 222,12 \text{ kgm} = 22.212 \text{ kgcm}$

$Z_x = 311 \quad Z_y = 47$  (didapat dari tabel besi)

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M_x}{Z_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{Z_y}\right)^2}$$

= 511,73 Kg/cm<sup>2</sup> < ijin = 1.600 kg/cm<sup>2</sup>  
(aman)

## E. KESIMPULAN

1. Kekuatan struktur Pada bentang 16 meter tanpa tumpuan tengah pada baja ringan aman dan tergolong efektif dan efisien. Hasil analisis *passed* 65% dari maksimal 80% tingkat tertinggi yang mampu di tahan struktur.
2. Hasil analisis struktur baja berat terhitung aman dengan = 511,73 Kg/cm<sup>2</sup> < ijin = 1.600 kg/cm<sup>2</sup> (aman).

## DAFTAR PUSTAKA

- Husnah, Husnah and Sri Kartini. 2018. "Kajian Struktur Tower Bts Tipe Sst Kaki Empat Dengan Ketinggian 70 Meter Akibat Beban Angin Rencana Dengan Periode Ulang 15 Tahunan." *Jurnal Sainstek* 5(1).
- Nasional, Badan Standardisasi. 2002. "SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung."
- Nasional, Badan Standarisasi. 2002. "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002." *Jakarta: BSN*.
- Nugroho, Fajar. 2014. "Baja Ringan Sebagai Salah Satu Alternatif Pengganti Kayu Pada Struktur Rangka Kuda-Kuda Ditinjau Dari Segi Konstruksi." *Jurnal Momentum* 16(2).
- Nugroho, Ridwan Yudi Agung and S. T. Budi Setiawan. 2018. "Analisis Kuat Lentur Profil C Baja Ringan Sebagai Komponen Rangka Atap."
- Pangaribuan, Mekar Ria. 2014. "Baja Ringan Sebagai Pengganti Kayu Dalam Pembuatan Rangka Atap Bangunan Rumah Masyarakat." *Journal of Civil and Environmental Engineering* 2(4).
- Puri, Wuwuh Asrining. 2013. "Red Bricks And Light Bricks Cost Analysis For Walls And Mild Steel And Wood For Roof Truss (BPN Office Construction Case Study in Mojokerto Regency)." *EXTRAPOLASI: Jurnal Teknik Sipil* 6(01).
- Purwanto, Herri. 2019. "Analisis Efisiensi Konstruksi Rangka Atap Baja Ringan." *Jurnal Deformasi* 2(1).
- Selleng, Kristian. 2018. "Analisis Defleksi Pada Material Baja Ringan Dengan

Menggunakan Plat Penguat.” *Jurnal Mekanikal* 9(1) 830-838.

Wildensyah, Iden. 2010. “Rangka Atap Baja Ringan Untuk Semua.” *Bandung: Alfabeta.*



© 2019 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

---