ANALISIS PERBANDINGAN KEBUTUHAN BAJA RINGAN UNTUK DELAPAN TIPE KUDA-KUDA ATAP

HELMI SETIAWAN[1], NESSA VALIANTINE DIREDJA[2]
[1]Mahasiswi Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasioanl Bandung
[2]Pengajar Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasiona Bandung
Email: Helmisetiawana3@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan pekembangan jaman, teknologi dalam pembuatan atap pun terus berkembang termasuk dengan bahan baku yang digunakan salah satunya ialah baja ringan atau dalam istilah asingnya cold formed steel (CFS). Penggunaan kuda-kuda atap baja ringan sudah sering digunakan dalam dunia konstruksi saat ini mengingat baja ringan merupakan material yang mudah dalam pemasangannya, terbilang ekonomis, kuat, dan memiliki ketahanan yang lama. Penelitian ini bertujuan membandingan beberapa tipe kuda-kuda atap yang menggunakan bahan baja ringan dan mengetahui tipe kuda-kuda yang memiliki nilai Ag yang memenuhi kapasitas penampang dan juga diperlukan syarat kelangsingan yang paling kecil. Berdasarkan hasil analisis, perbandingan luas penampang perlu atau Ag perlu dari delapan tipe kuda-kuda, kuda-kuda tipe Modified Queenpost memiliki kebutuhan Ag perlu dan total volume baja ringan yang paling dibandingkan rendah dengan tujuh tipe kuda-kuda atap lainnya yaitu dengan total volume baja ringan sebesar 4326569,491 mm3 dan berat sebesar 32,017 kg.

***Kata kunci**: baja ringan, rangka atap, kebutuhan material, SAP2000*

ABSTRACT

Along with the times, technology in making roofs continues to develop, including the raw materials used, one of which is cold-formed steel. The use of cold-formed steel roof truss has often been used in the construction world today considering that mild steel is a material that is easy to install, fairly economical, strong, and has a long durability. This study aims to compare several types of roof truss using cold-formed steel and determine the type of truss that has an Ag value that meets the cross-sectional capacity and also requires the smallest slenderness requirements. Based on the results of the analysis, the comparison of the required cross-sectional area or the necessary Ag of the eight types of truss, the Modified Queenpost type truss has the lowest Ag requirements and the lowest total volume of cold-formed steel compared to the other seven types of roof truss, namely with a total volume of cold-formed steel of 4326569,491 mm3 and a weight of 32,017 kg.

***Keywords**: cold-formed steel, roof truss, material requirements, SAP2000*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan kuda-kuda atap baja ringan sudah sering digunakan dalam dunia konstruksi saat ini mengingat baja ringan merupakan material yang mudah dalam pemasangannya, terbilang ekonomis, kuat, dan memiliki ketahanan yang lama. Penggunaan baja ringan dirasa lebih efisien untuk masa kini dibandingkan material lainnya yang sering digunakan seperti kayu, mengingat ketersediaan kayu yang mulai cukup berkurang dan untuk mengurangi penggundulan hutan akibat kebutuhan kayu yang sangat tinggi. Dengan bentuk yang lebih seragam dengan standar pabrikasi membuat perencangan rangka kuda-kuda atap terbilang lebih mudah dan dapat memperkirakan kekuatan yang lebih akurat.

Dalam pembangunan rangka kuda-kuda untuk atap, tentunya banyak sekali bentuk dan modelnya yang mana perencana perlu mempertimbangkan model kuda-kuda mana yang paling efisien dinilai dari segi ekonomis, kemudahan dalam pemasangan, dan kekuatan untuk memikul beban atap yang akan diterima nanti yang mana harus menyesuaikan dengan sifat bahan yang digunakan.

Maka dilakukanlah penelitian ini bertujuan membandingan beberapa tipe kuda-kuda atap yang menggunakan bahan baja ringan dan mengetahui tipe kuda-kuda manakah yang dapat memikul beban yang sama dengan menggunakan profil paling efisien dengan mencari nilai Ag yang memenuhi kapasitas penampang dan juga diperlukan syarat kelangsingan dari penampang yang digunakan sehingga dapat ditentukan penampang yang mampu memenuhi kedua syarat tersebut. Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat dalam dunia konstruksi khususnya pada bangunan rumah tinggal agar dapat menentukan secara tepat tipe kuda-kuda yang akan mereka gunakan pada saat merancang suatu atap bangunan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Rangka Batang

Struktur rangka secara sederhana sama dengan jenis balok-tiang (post and beam), tetapi dengan aksial struktural yang berbeda karena adanya titik hubung kaku antar elemen vertikal dan elemen horizontalnya. Kekakuan titik hubung ini member kestabilan terhadap gaya lateral. Pada sistem rangka ini, balok maupun kolom akan melentur sebagai akibat adanya aksi beban pada stuktur. Pada stuktur rangka panjang setiap elemen terbatas, sehingga biasanya akan dibuat dengan pola berulang (Dian Ariestadi, 2008).

Rangka batang (trusses) adalah struktur yang dibuat dengan menyusun elemen linear berbentuk batang-batang yang relatif pendek dan lurus menjadi pola-pola segitiga. Rangka batang yang terdiri atas elemen-elemen diskrit akan melendut secara keseluruhan apabila mengalami pembebanan seperti halnya balok yang terbebani transversal. Setiap elemen batangnya tidak melentur tetapi hanya akan mengalami gaya tarik atau tekan saja (Dian Ariestadi, 2008).

Analisa Rangka Batang

Pada suatu rangka batang, kita dapat menggunakan batang melebihi jumlah minimum yang diperlukan untuk kestabilan. Penting untuk mengetahui apakah konfigurasi batang stabil atau tidak stabil. Keruntuhan akan terjadi apabila stuktur tak stabil dibebani. Persyaratan yang harus dipenuhi untuk kestabilan rangka batang dapat dituliskan sebagai berikut:

$n = 2J - R$

Dimana:

J = Jumlah simpul
n = Jumlah batang
R = Jumlah komponen reaksi, R_{av}, R_{ah}, R_{bv}

Batang Tarik

Batang tarik dapat ditemukan pada jembatan, rangka atap, menara, ikatan angin, sistem pengaku, dan banyak lagi. pemilihan batang tarik sangat sederhana karena tidak ada resiko tekuk (buckling), oleh karena itu untuk mendapatkan luas penampang yang dibutuhkan cukup dengan menghitung beban terfaktor yang dipikul oleh batang luas penampang yang diperlukan (Sumargo, 2009).

Sebuah komponen struktur yang menerima gaya aksial tarik desain (N*) harus memenuhi, sesuai dengan SNI 7971:2013:

$$N^* \leq \phi_t N_t \quad \text{... (2.a)}$$

Keterangan:
Φ_t = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur Tarik,
N_t = kapasitas penampang nominal dan komponen struktur dalam tarik yang ditentukan sesuai dengan:

$$N_t = A_g f_y \quad \text{... (2.b)}$$

$$N_t = 0{,}85 K_t A_n f_u \quad \text{... (2.c)}$$

Keterangan:
A_g = luas bruto penampang,
f_y = tegangan leleh yang digunakan dalam desain,
K_t = faktor koreksi untuk distribusi gaya,
A_n = luas neto penampang, diperoleh dengan mengurangi luas bruto penampang dengan luas penampang peentrasi dan lubang, termasuk lubang pengancang,
f_u = kekuatan tarik yang digunakan dalam desain.
Kontrol kelangsingan profil

$$\lambda = I_c/r \leq 240 \quad \text{... (2.d)}$$

Keterangan:
λ = kelangsingan nondimensi,
I_c = panjang efektif penampang,
r = radius girasi dari penampang utuh.

Batang Tekan

Jika suatu beban mencoba untuk menekan atau memperpendek suatu batang, tegangan yang dihasilkan disebut tegangan tekan dan batangnya disebut batang tekan (Sumargo, 2009). Secara umum, ada tiga jenis kegagalan komponen struktur tekan yaitu tekuk lentur (*flexural buckling*), tekuk lokal (*local buckling*), dan tekuk torsional (*torsional buckling*).

Gaya aksial tekan desain (N*) harus memenuhi berikut ini, sesuai dengan SNI 7971:2013:

$$N^* \leq \phi_c N_s \quad \text{... (2.e)}$$

$$N^* \leq \phi_c N_c \quad \text{... (2.f)}$$

Keterangan:
Φ_c = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur dalam tekan,
N_s = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tekan,

$$N_s = A_e f_y \quad \text{... (2.g)}$$

Dimana:
A_e = luas efektif saat tegangan leleh (f_y),
N_c = kapasitas komponen struktur nominal dari komponen struktur dalam tekan,

$$N_c = A_e f_n \quad \text{... (2.h)}$$

Dimana:
A_e = luas efektif saat tegangan kritis (fn),
f_n = tegangan kritis, dapat ditentukan oleh persamaan dibawah ini,

$$\lambda_c \leq 1{,}5 : f_n = (0{,}658^{\lambda c^2})\, f_y \quad \text{... (2.i)}$$

$$\lambda_c > 1{,}5 : f_n = (\tfrac{0{,}877}{\lambda_c^{\,2}})\, f_y \quad \text{... (2.j)}$$

Dimana:
λ_c = kelangsingan nondimensi yang digunakan untuk menentukan fn,

$$\lambda c = \sqrt{\frac{f_y}{f_{oc}}} \quad \text{... (2.k)}$$

Dimana:
f_{oc} = nilai terkecil dari tegangan tekuk lentur, torsi dan lentur-torsi elastis atau analisis tekuk elastis yang rasional,

$$f_{oc} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{l_e}{r}\right)^2} \quad \text{... (2.l)}$$

Dimana:
I_e = panjang efektif penampang,
r = radius girasi dari penampang utuh.
Catatan : rasio kelangsingan (I_c/r) dari semua komponen tekan tidak diperbolehkan melampaui 200, kecuali hanya selama pelaksanaan I_c/r boleh dibatasi untuk tidak melebihi 300.

2.2 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) Baja G550 bisa diartikan sebagai baja yang mempunyai kuat tarik 550 MPa. Uji kualitas ini hanya dapat dibuktikan di laboratorium (Selleng n.d. 2018).

Standar umum untuk bahan struktural (menanggung beban), ketebalan lapisan alumunium zink tidak boleh kurang dari 150 gram/m2 (AZ 150) sedangkan untuk lapisan zink (galvanis) tidak kurang dari 200 gram/m2 (Z 200). Ketahanan baja ringan, tergantung pada ketebalan lapisan anti karatnya. Di Indonesia ketebalan baja ringan antara 0,4 mm - 1 mm.

Ada bebarapa faktor yang dapat menyebabkan tekuk pada suatu elemen batang tekan yaitu, rasio kelangsingan dimana rasio kelangsingan adalah panjang elemen batang tekan (L) dibagi dengan radius girasi minimum (r_y), merupakan faktor utama pada tekuk. Namun tekuk dipengaruhi faktor lain yaitu *end condition* pada elemen, eksentristitas beban, ketidaksempurnaan dari material. Berdasarkan tekuk pada *cold formed steel* terbagi menjadi tekuk lokal, tekuk distorsional, tekuk global.

Tekuk Lokal

Cold Formed Element memiliki rasio sangat besar antara lebar dengan ketebalan. Karena disebabkan rasio yang sangat tinggi dan luasan yang tidak simetris pada bentuknya membuat *cold formed* menjadi tidak stabil dan dapat mengalami tekuk lokal.

Tekuk Torsi Lateral

Elemen struktur baja canai dingin umumnya langsing dan berupa penampang terbuka (*open section*) sehingga mempunyai kekakuan torsi berbanding lurus terhadap ketebalan (sebesar *t3*) sehingga kekuatan-nya relatif kecil terhadap torsi. Kecuali itu bentuk profil C

banyak dipakai pada baja canai dingin yang mana *shear-center* nya berada di luar titik berat (*center of gravity*) penampang. Kondisi tersebut menyebabkan tekuk lentur-torsi menjadi faktor kritis dalam perencanaan kolom. (Yu, 2000).

Tekuk Distorsi

Pada awalnya tekuk distorsi terjadi pada setengah panjang bentang dan ditentukan untuk penampang bruto balok (Meiyalagan, 2010). Untuk memprediksi kuat tekan elemen yang mengalami tekuk distorsional, tegangan tekuk lokal elastik (σ_l) pada formula Winter diganti dengan tegangan tekuk distorsional elastic (σ_{de}) sehingga persamaan menjadi:

$$\frac{b_e}{h} = \sqrt{\frac{\sigma_{de}}{F_y}\left(1 - 0{,}22\sqrt{\frac{\sigma_{de}}{F_y}}\right)} \quad \text{... (2.m)}$$

untuk $\lambda > 0{,}673$

dengan: $\frac{b_e}{h} = 1$

$$\lambda = \sqrt{\frac{F_y}{\sigma_{de}}} \quad \text{... (2.n)}$$

Tekuk Global

Gabungan antara tekuk lateral dan tekuk torsional dimana kondisi ini penampang balok akan terpuntir dan sayap tertekan akan tertekuk kearah lateral (Meiyalagan, 2010).

2.3 Kuda-Kuda Atap

Konstruksi kuda-kuda merupakan susunan rangka batang yang berfungsi mendukung beban atap termasuk juga beratnya sendiri, sekaligus dapat memberi-kan bentuk pada atap. Kuda-kuda merupa-kan penyangga utama pada struktur atap. Struktur ini termasuk dalam klasifikasi struktur *framework (truss)*, secara umumnya kuda - kuda terbuat dari kayu, bambu, baja, dan beton bertulang.

3. METODOLOGI PENELITIAN

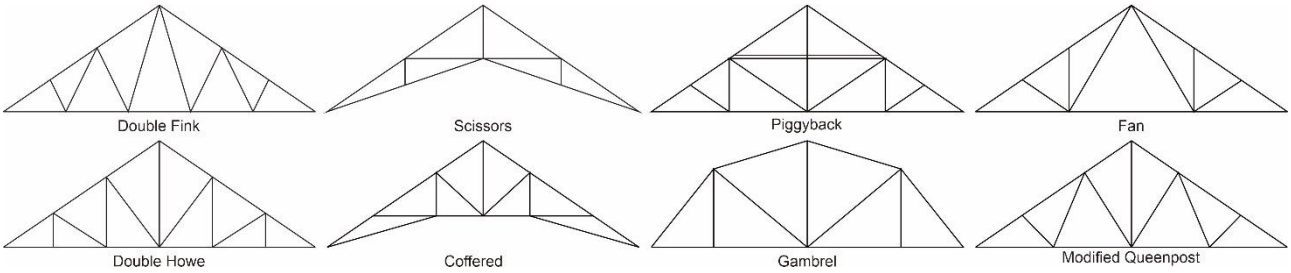
3.1 Variabel Desain

Dalam penelitian ini direncanakan delapan bentuk kuda-kuda dengan lebar bentang 10 meter dan tinggi 3,4 meter dengan jarak antar kuda-kuda sebesar 1 meter dan menggunakan profil baja ringan tipe C. Data material dari baja ringan yang akan digunakan untuk struktur kuda-kuda atap yang akan direncanakan terdapat pada **tabel 1.**

Tabel 1. Data material

Data material	Nilai
Mutu baja ringan	BJ LS G550
F_y	550 MPa
F_u	550 MGFTGPa
Berat jenis	7400 Kg/m^3
Modulus elastisitas	200.000 MPa
Modulus geser	800.000 MPa
Poisson, U	0,3

Ada delapan tipe kuda-kuda diteliti pada penelitina ini yang dapat dilihat pada **gambar 2.**



Gambar 1. Bentuk kuda-kuda

3.2 Pembebanan Kuda-Kuda

Pembebanan rangka atap kuda-kuda ini mengacu pada SNI 1727:2013 dan dapat dilihat pada **tabel 2.**

Tabel 2. Data pembebanan

Beban mati			Beban hidup	Beban angin	
Berat Gording	**Beban plafond**	**Berat penutup atap**	**Berat pekerja**	**Angin hisap**	**Angin tekan**
1,66 Kg/m	18 Kg/m^2	25 Kg/m^2	100 Kg	14 Kg/m^2	20 Kg/m^2

Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1727-2013 kombinasi pembebanan dijabarkan sebagai berikut:

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
3. 1,2D +1,6 (Lr, S atau R) + (L atau 0,5 W)
4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau S atau R)
5. 1,2 D + 1,0E + L + 0,2S
6. 0,9 D + 1,0W
7. 0,9 D + 1,0E

3.3 Pengecekan Struktur

Melakukan analisis pengecekan struktur rangka batang kuda-kuda seperti pada berikut ini.

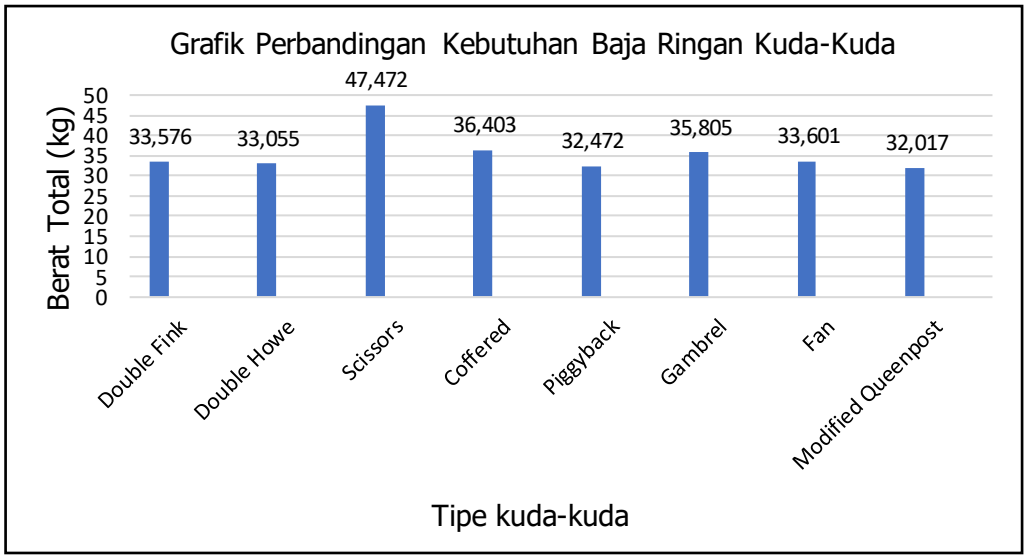
1. Kekuatan terhadap gaya tekan, gaya tarik, momen lentur dan gaya geser.
2. Terhadap lendutan pada struktur.
3. Kebutuhan A_g perlu.

Analisa ini diperlukan untuk mengetahui kemampuan dari rangka batang kuda-kuda untuk menerima beban yang telah didesain.

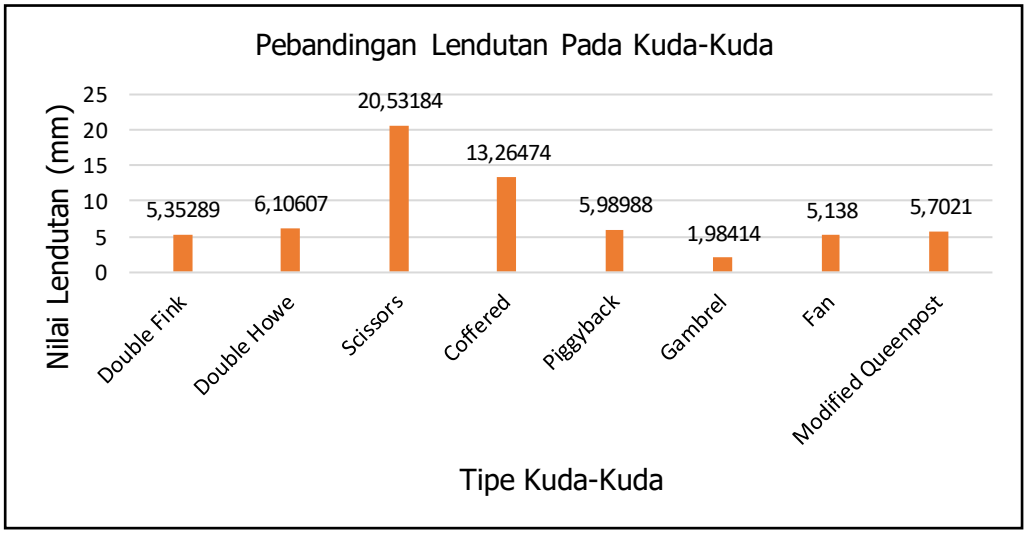
4. PEMBAHASAN

4.1 Analisis Struktur

Pada penelitian ini telah dihitung luas profil penampang yang dibutuhkan atau A_g perlu, dan dikalikan dengan berat jenis dari baja ringan yang digunakan yaitu sebesar 7400 kg/m3, perbandingan kebutuhan tersebut dapat dilihat pada gambar 2. Sedangkan untuk pengecekan lendutan pada struktur kuda-kuda rangka atap yang diteliti dengan nilai lendutan dapat dilihat pada **gambar 3.**



Gambar 2. Grafik pebandingan kebutuhan baja ringan kuda-kuda



Gambar 3. Grafik pebandingan lendutan kuda-kuda

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis perbandingan delapan tipe rangka atap baja ringan adalah sebagai berikut:

1. Nilai gaya batang tekan terbesar terdapat pada tipe kuda-kuda *Scissors* pada COMB3 yaitu sebesar 13672 N. Dan untuk gaya batang tarik terbesar juga terdapat pada tipe kuda-kuda *Scissors* pada COMB3 yaitu sebesar 12157,29 N.
2. Tipe kuda-kuda *Modified Queenpost* memiliki kebutuhan A_g paling sedikit, yaitu dengan kebutuhan volume baja ringan sebesar 4326569,491 mm^3 atau berat sebesar 32,017 kg. Sedangkan untuk tipe kuda-kuda *Scissors* memiliki kebutuhan baja ringan paling besar yaitu dengan volume sebesar 6415108,770 mm^3, atau berat sebesar 47,472 kg.
3. Pada batang tekan, setiap kuda-kuda memiki kebutuhan luas penampang masing-masing untuk mendapatkan nilai *ratio* dengan rentan 0,7-0,9. Namun pada batang tarik untuk mendapatkan ratio dengan rentang 0,7-0,9 sulit didapatkan, karena kebutuhan luas

penampang tidak bisa dirancang seminim mungkin karena adanya syarat kelangsingan sehingga untung pemilihan profilnya harus memenuhi syarat minimum kelangsing-an.

4. Lendutan yang paling kecil terdapat pada tipe kuda-kuda *Gambrel* yaitu sebesar 1,98414 mm, yang menandakan bahwa tipe kuda-kuda *Gambrel* memiki kekakuan yang tinggi. Sedangkan untuk tipe kuda-kuda dengan nilai lendutan paling besar yaitu tipe kuda-kuda *Scissors,* yaitu sebesar 20,53184 mm, yang menandakan bahwa tipe kuda-kuda *Scissors* memiliki kekakuan yang rendah. Namun hal tersebut masih memenuhi nilai izin lendutan yaitu tidak lebih dari L/240 (41,667 mm).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada pembimbing dan ko-pembimbing yang sudah membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Pertiwi, Anissa C. Diredja, Nessa Valiantine. Nuranita, Badriana. (2021). Analisis Perbandingan Struktur Kayu Laminated Veneer Lumber Dengan Baja Ringan Pada Rangka Atap Kuda-Kuda. FTSP Series : Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2021. Institut Teknologi Nasioanl Bandung.

Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 1727-2013 *tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 7971-2013 *Struktur Baja Canai Dingin*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Widiasanti, Irika. Purnomo, Adhi. Budiman, Arif. (2012). Perbandingan Volume Kebutuhan Material Kuda-Kuda Rangka Atap Baja Tipe *Pratt, Howe, Compound Fan.* Jurnal Menara Jurusan Teknik Sipil FT.UNJ Volume VII No.1 - Januari 2012. Universitas Negeri Jakarta.

Husnah, Darfia. Novreta, Ersy. Hidayat, Fauzul. (2019). *Analisis Struktur Rangka Baja Ringan Dan Baja Berat Dengan Aplikasi Bricscad.* Siklus : Jurnal Teknik Sipil, Vol. 5, No. 2, Oktober 2019. Universitas Abdurrab.

Hermanji, A. (2017). *Konstruksi Baja Ringan*. Yogyakarta: Relasi Inti Media.

Deskarta, Putu. (2016). Studi Eksperimen Perilaku Struktur Rangka Batang Cold Formed Steel Terhadap Beban Tekan. A scientific journal of civil engineering vol. 20 no. 2 juli 2016. Universitas Udayana.

Frick, Heinz, (1980). *Ilmu Konstruksi Bangunan 1.* Yogyakarta: Penerbit Kanisius.