

STUDI OPTIMALISASI KONFIGURASI STRUKTUR KUDA-KUDA ATAP BAJARINGAN

Hazmal Herman¹⁾ Ridho Aidil Fitrah¹⁾ Sabril Haris²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Dharma Andalas
Jl. Sawahan 103 A, Kota Padang

email : hazmalherman@ymail.com, dhoaidilfitriah@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
Kampus UNAND Limau Manis, Padang
email : sabril_haris_hg@ft.unand.ac.id

ABSTRACT

Roof truss of lightweight steel has been used for any types of construction. Functioned as the truss, this could makes variations of roof truss configuration which depended on construction necessity and performance on certain span. Then, this research analyzed the configurations for short span and intermediate span. The result will recommend roof truss configuration which used light weight steel. The analysis used software SAP 2000 v.19. The lightweight steel section is channel section of C 75.35.0,75 which is found on any store building. In general, the result of this analysis were tensile and compressive ratio which is obtained by comparison of internal force and section capacity. This calculation also referred to SNI 7971:2013 code. Then, tensile and compression ratio are obtained less than 0,9 for each configurations and spans. So, the structure are stable. However, Fink and Cremona configuration have considerable results which give the smallest tensile and compression ratio compared to another configurations for short span and intermediate span respectively. It can be concluded that Fink and Cremona were recommended for lightweight steel truss for short spans and intermediate spans. Lightweight steel section C 75.35.0,75 also can be used in this configuration.

Keywords: *roof truss, lightweight steel, tensile ratio, compressive ratio*

1. Pendahuluan

Atap merupakan konstruksi bagian atas sebuah bangunan yang berfungsi sebagai penutup pada suatu ruang dari panas matahari, angin ataupun hujan. Secara umum, masyarakat menggunakan material kayu sebagai kuda-kuda pada atap untuk rumah tinggal. Namun, material tersebut memiliki berbagai kendala terutama kurangnya ketahanan kayu terhadap rayap. Baja ringan merupakan alternatif pilihan sebagai pengganti material kayu. Sering waktu, material baja ringan sudah sering digunakan pada konstruksi kuda-kuda sampai saat ini. Keuntungan yang didapatkan adalah efisiensi terhadap waktu pengerjaan dan biaya konstruksi, ketahanan material terhadap korosi, dan ketersediaan material di pasaran khususnya penampang kanal. Berat

konstruksi kuda-kuda baja ringan juga memperkecil massa bangunan jika dibandingkan dengan kuda-kuda kayu [5]. Sehingga, baja ringan dapat digunakan untuk bangunan yang khususnya terletak di daerah rawan gempa.

Perkembangan bentuk konfigurasi kuda-kuda saat ini sangat signifikan berdasarkan kebutuhan ruang dan bentang. Namun, pengetahuan pelaku konstruksi dan masyarakat masih kurang terhadap bentuk konfigurasi kuda-kuda yang sesuai untuk bangunan dengan bentang-bentang tertentu. Berbagai macam bentuk konfigurasi akan menghasilkan gaya tarik dan tekan yang berbeda-beda pada masing-masing batang [3]. Hal ini tentu harus disesuaikan dengan kinerja material baja ringan sebagai struktur rangka (*truss*).

Hal ini melatarbelakangi penelitian terhadap optimalisasi konfigurasi struktur kuda-kuda atap untuk meningkatkan penggunaan material baja ringan pada bangunan dengan bentang pendek, seperti rumah tinggal, dan bentang menengah, seperti ruang pertemuan, pabrik, dan lain-lain. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis struktur kuda-kuda untuk bentang-bentang tersebut dan membandingkan kapasitas penampang baja ringan dengan gaya dalam yang terjadi serta defleksi yang terjadi. Hasil dari penelitian ini adalah rekomendasi konfigurasi kuda-kuda pada bentang pendek dan bentang menengah.

2. Tinjauan Pustaka

Konstruksi rangka atap adalah suatu bentuk konstruksi yang berfungsi untuk menyangga konstruksi atap yang terletak di atas kuda-kuda paling atas bangunan yang memberikan perlindungan bagian bawahnya terhadap cuaca, panas, hujan dan terik matahari. Fungsi rangka atap yang lebih spesifik adalah menerima beban oleh berat sendiri, yaitu beban kuda-kuda dan gording, dan penutup atap yang kemudian diteruskan ke balok atau kolom sampai pondasi, serta dapat berfungsi sebagai penahan tekanan angin muatan yang berarah horizontal pada batang [5].

Alpine menyatakan jenis konfigurasi kuda-kuda digunakan berdasarkan bentang dan kebutuhan. Konfigurasi kuda-kuda *Howe*, *Fink*, *Scissors*, dan *Modified Fan* secara umum digunakan pada bangunan dengan bentang 3-8 meter. Sedangkan konfigurasi *Triple Howe*, *Triple Fink*, *Scissors*, dan *Cremona* juga digunakan secara umum pada bangunan dengan bentang 10 m-18 m [1].

Material baja ringan diproduksi dengan membentuk sebuah lembaran dari baja yang dipanaskan dalam suhu tertentu dan dicetak pada suhu ruangan. Bahan dasar pembentuk baja ringan pada umumnya adalah *carbon steel*. Beberapa unsur pembentuk *carbon steel* itu sendiri adalah komposisi campuran karbon 1,7%, mangan 1,65%, silikon 0,6%, dan tembaga 0,6%. Karbon dan mangan merupakan komposisi yang dapat meningkatkan kekuatan dari baja ringan. Namun, semakin bertambahnya kadar karbon dalam baja ringan dapat menurunkan daktilitas material. Menurut Wen Wei nilai modulus elastisitas pada baja ringan (*cold-formed*) adalah 203.000 MPa sedangkan nilai

modulus elastisitas pada baja (*hot rolled*) adalah 200.000 MPa. Nilai modulus geser baja ringan adalah 77.900 MPa [6].

Material baja ringan yang digunakan untuk konstruksi secara umum menggunakan kode G550 yang secara teknis berarti memiliki kekuatan leleh minimum sebesar 550 MPa. Dalam perencanaan atau desain nilai yang digunakan adalah nilai yang sama untuk tegangan *ultimate*, yakni $f_u = 550$ MPa. Berdasarkan SNI 7971:2013 pasal 3.2.1, kapasitas tarik penampang didapatkan dari nilai terkecil hasil perhitungan pers. (1) dan (2) berikut [2]:

$$N_t = A_g \cdot f_y \quad (1)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} N_t &= \text{Kapasitas tarik nominal penampang} \\ A_g &= \text{Luas bruto penampang (mm}^2\text{)} \\ f_y &= \text{Tegangan leleh baja ringan (MPa)} \end{aligned}$$

$$N_t = 0.85 \cdot k_t \cdot A_n \cdot f_u \quad (2)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} N_t &= \text{Kapasitas tarik nominal penampang} \\ A_n &= \text{Luas penampang netto (mm}^2\text{)} \\ k_t &= \text{Faktor koreksi untuk distribusi gaya} \\ f_u &= \text{Tegangan putus baja ringan (MPa)} \end{aligned}$$

Luas penampang A_n dihitung dengan mengurangi luas penampang bruto dengan luas sambungan yang digunakan pada baja ringan. Selanjutnya, nilai k_t merupakan faktor koreksi yang ditentukan pada pasal 3.2.3.2. Kapasitas tarik penampang dan gaya dalam yang terjadi harus memenuhi persamaan (3) berikut [2]:

$$N^* = \phi_t N_t \quad (3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{Faktor reduksi untuk tarik} \\ N_t &= \text{Kapasitas tarik nominal penampang netto bagian tersambung} \\ N^* &= \text{Gaya Aksial Tarik} \end{aligned}$$

Selain itu, kapasitas tekan penampang berdasarkan pasal 3.4.1 adalah nilai dari hasil perhitungan persamaan (4) berikut [2]:

$$N_c = A_e \cdot f_n \quad (4)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} N_c &= \text{Kapasitas tekan nominal penampang} \\ A_e &= \text{Luas efektif dari penampang saat tegangan leleh (mm}^2\text{)} \\ f_n &= \text{Tegangan kritis baja ringan (MPa)} \end{aligned}$$

Nilai f_n harus ditentukan dengan memperhatikan kelangsingan nondimensi (λ_c) yang didapat berdasarkan perbandingan tegangan leleh (f_y) dan tegangan tekuk lentur (f_{oc}). Perhitungan nilai tersebut ditentukan berdasarkan persamaan (5) berikut [2]:

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{f_y}{f_{oc}}} \quad (5)$$

Nilai ini ditentukan dari bentuk penampang dan adanya kemungkinan tekuk torsi yang terjadi. Berdasarkan hasil uji lentur oleh Haris [3], penampang kanal ganda boks mengalami tekuk akibat beban lentur. Sehingga, penampang boks ganda termasuk dalam penampang ganda yang menerima tekuk torsi. Sehingga nilai tegangan tekuk lentur (f_{oc}) ditentukan berdasarkan pasal 3.4.3 atau persamaan (6) sebagai berikut [2]:

$$f_{oc} = \frac{1}{2\beta} \left[(f_{ox} + f_{oz}) - \sqrt{(f_{ox} + f_{oz})^2 - 4\beta(f_{ox}f_{oz})} \right] \quad (6)$$

Dimana :

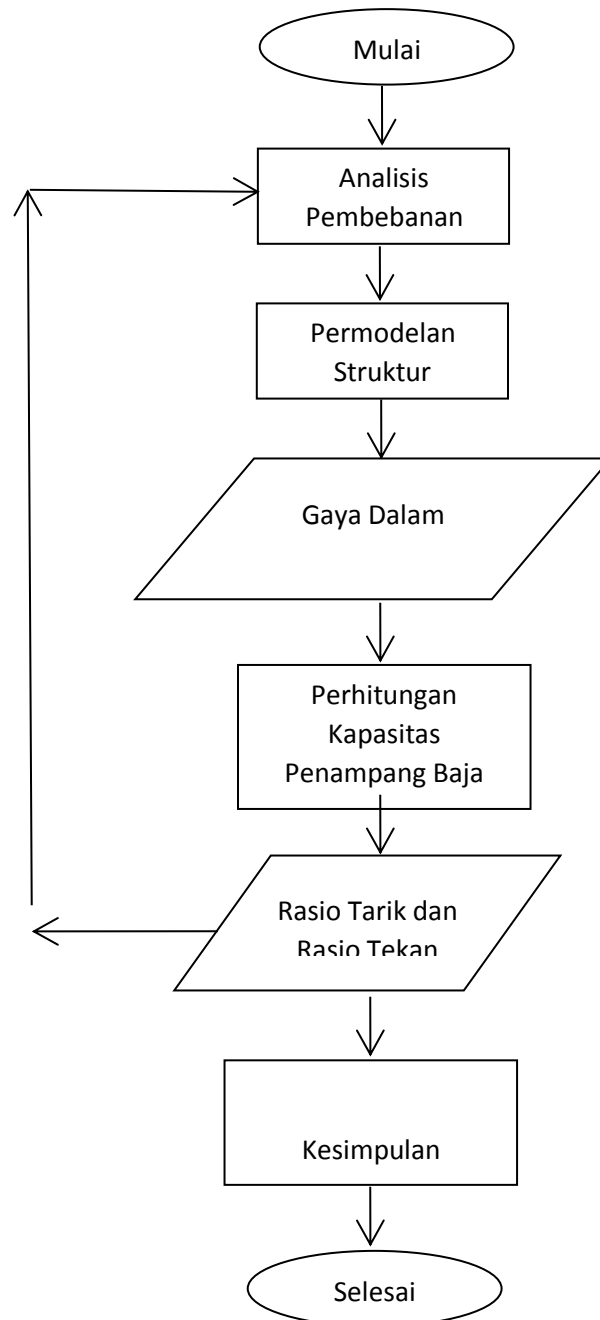
- f_{oc} = Tegangan tekuk lentur (MPa)
- β = Koefisien
- f_{ox} = Tegangan tekuk elastis akibat lentur arah sumbu x (MPa)
- f_{oz} = Tegangan tekuk elastis pada batang akibat torsi (MPa)

Setelah nilai λ_c ditentukan, maka tegangan kritis (f_n) dapat dihitung berdasarkan persamaan (7) :

$$f_n = \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) f_y \quad (7)$$

3. Metode Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, penelitian ini memiliki tahapan yang konstitutif untuk mencapai tujuan penelitian. Secara umum, pembebanan pada masing-masing bentang dihitung sedemikian rupa untuk mendapatkan rekapitulasi pembebanan yang bekerja pada masing-masing titik buhul kuda-kuda. Kedua, struktur kuda-kuda dimodelkan pada software SAP 2000 dengan menginputkan pembebanan yang dihitung sebelumnya. Ketiga, hasil analisis gaya dalam yang didapat akan dibandingkan dengan kapasitas penampang berupa rasio tarik dan tekan. Selanjutnya, hasil defleksi pada masing-masing konfigurasi juga didapat melalui software tersebut. Nilai rasio tarik dan tekan akan dibandingkan dengan jenis konfigurasi tersebut sehingga nilai rasio dan defleksi terkecil akan menjadi rekomendasi di kesimpulan penelitian ini.

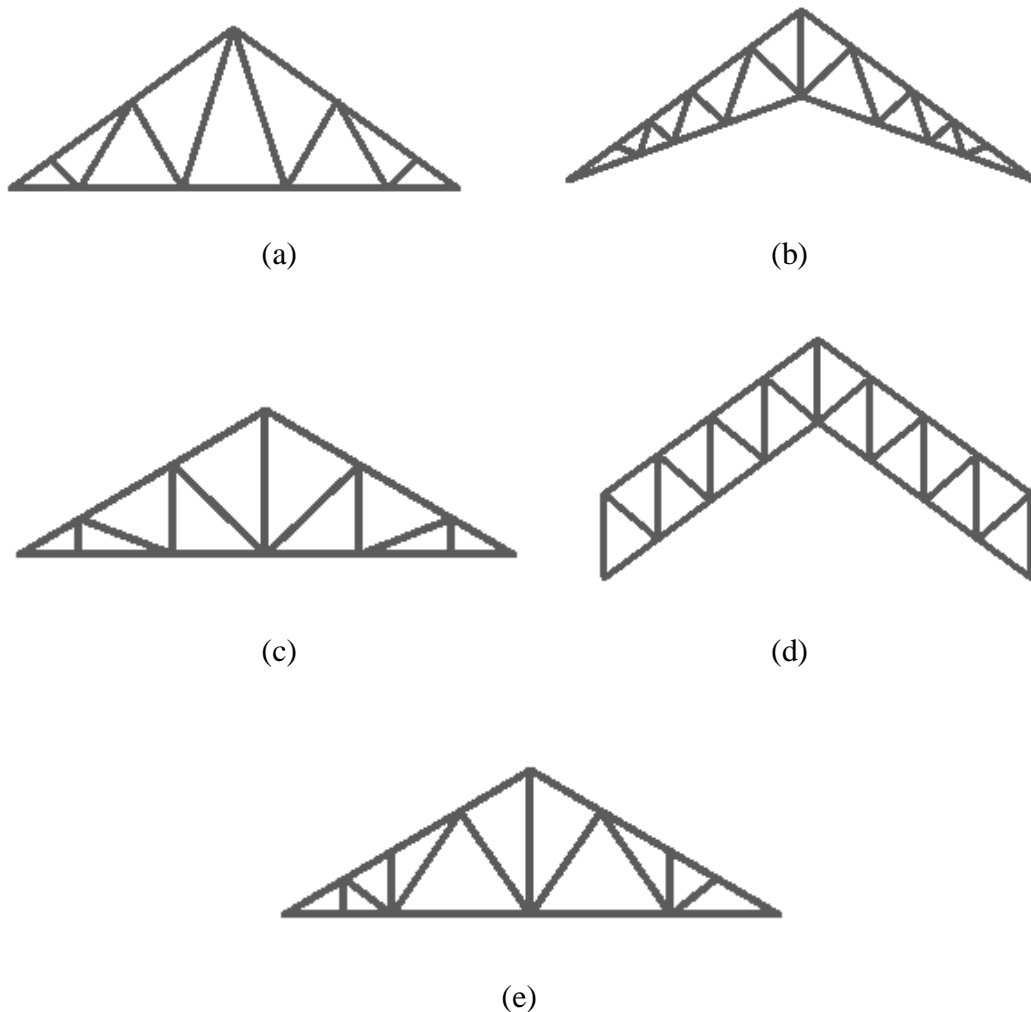


Gambar 1. Flowchart Penelitian

3.1 Model Konfigurasi

Konfigurasi yang digunakan pada penelitian ini mengacu kepada jenis bentang yang akan dipakai. Untuk bentang pendek 6 m dan 8 m, model konfigurasi yang akan diteliti adalah *Howe*, *Fink*, *Scissors*, dan *Fan*. Konfigurasi tersebut sering dipakai untuk rumah tinggal. Untuk bentang menengah 12 m dan 16 m, model konfigurasi yang akan diteliti adalah *Howe*, *Fink*, *Scissors*, dan *Cremona*.

Posisi struktur kuda-kuda ini berada pada bagian tengah dari suatu bangunan dengan jarak antar kuda-kuda sekitar 1,25 m. Sehingga bagian kuda-kuda ini menerima beban secara penuh dibandingkan dengan kuda-kuda bagian tepi yang menerima setengah dari total beban.



Gambar 2. Model Konfigurasi Kuda-Kuda (a) Fink (b) Scissors (c) Howe (d) Cremona (e) Fan

3.2 Analisis Pembebanan

Beban yang bekerja pada kuda-kuda diasumsikan terkumpul pada satu titik kumpul di *top chord*. Pembebanan mengacu pada peraturan PPIUG 1988. Beban yang dimasukkan ke dalam analisis struktur kuda-kuda ini adalah beban mati (DL), beban hidup (LL), beban angin (W) dengan kombinasi sebagai berikut:

1. 1.6 DL
2. 1.2 DL + 1.6 LL + 0.5 W
3. 1.2 DL + 1.6 LL + 0.8 W

3.3 Permodelan Struktur

Konfigurasi kuda-kuda dimodelkan dengan menggunakan software analisis struktur SAP 2000. Untuk bentang pendek, konfigurasi yang dimodelkan adalah *howe*, *fink*, *fan*, dan *scissors*. Sedangkan untuk bentang panjang, konfigurasi yang dimodelkan adalah *howe*, *fink*, *scissors*, dan *cremona*. Propertis material baja ringan tipe kanal yang digunakan akan mengacu pada hasil uji tarik material baja ringan. Tegangan leleh (f_y) yang didapat adalah 507,5 MPa dengan nilai elastisitas (E) 200.000 MPa [4]. Nilai properties ini akan digunakan sebagai input material pada SAP2000.

4. Hasil Percobaan

Hasil yang didapatkan dari analisis struktur adalah gaya aksial tarik dan gaya aksial tekan yang dirangkum pada Tabel 1 dan Tabel 2. Gaya yang diambil adalah gaya aksial tarik dan aksial tekan terbesar pada masing-masing batang (*chord*) setiap panjang bentang di setiap konfigurasi.

Tabel 1. Rekapitulasi Gaya Dalam dan Defleksi Kuda-Kuda untuk Bentang Pendek

Model	Bentang (m)	Aksial Tarik Maksimum (kN)	Aksial Tekan Maksimum (kN)	Defleksi (mm)
<i>Howe</i>	6	9104,55	9566,55	0,062
	8	12775,43	13155,27	0,071
<i>Fink</i>	6	8473,54	9007,65	0,057
	8	11988,98	12576,86	0,063
<i>Fan</i>	6	9043,21	9675,11	0,058
	8	12533,5	13987,32	0,062
<i>Scissors</i>	6	9711,87	9991,02	0,068
	8	13059,82	13976,09	0,079

Tabel 2. Rekapitulasi Gaya Dalam dan Defleksi Kuda-Kuda untuk Bentang Panjang

Model	Bentang (m)	Aksial Tarik Maksimum (kN)	Aksial Tekan Maksimum (kN)	Defleksi (mm)
<i>Howe</i>	12	24534,56	26884,5	0,65
	16	27491,94	28565,76	0,87
<i>Fink</i>	12	23122,65	24897,91	0,62
	16	24765,87	27653,03	0,75
<i>Scissors</i>	12	28715,98	29875,45	0,95
	16	32354,77	34551,34	1,43
<i>Cremona</i>	12	22765,98	23095,71	0,62
	16	24654,11	25002,27	0,76

Untuk bentang pendek 6 m dan 8 m, konfigurasi *Fink* memberikan nilai gaya aksial tarik dan tekan yang terkecil sedangkan konfigurasi *Scissors* memberikan nilai gaya aksial tarik dan tekan yang terbesar. Untuk bentang menengah 12 m dan 16 m, konfigurasi *Cremona* memberikan nilai aksial yang terkecil dibandingkan dengan konfigurasi yang lain. Nilai defleksi juga menjelaskan hal yang sama, untuk bentang pendek konfigurasi *Fink* memberikan nilai defleksi yang paling kecil. Sedangkan konfigurasi *scissors* memberikan defleksi yang paling besar.

Berdasarkan nilai gaya dalam tersebut, rasio tarik dan rasio tekan diperoleh berdasarkan perbandingan gaya dalam dan kapasitas penampang. Untuk penampang baja ringan kanal ganda C 75.35.0,75 perhitungan kapasitas tarik dan tekan mengacu pada peraturan SNI 7971: 2013 pasal 3.3.1 dan pasal 3.4.1 yang telah dijabarkan sebelumnya. Tabel 3 dan Tabel 4 merupakan rekap hasil perhitungan kapasitas tarik dan tekan penampang baja ringan untuk bentang pendek dan bentang menengah.

Tabel 3. Rasio Tarik dan Rasio Tekan untuk Kuda-Kuda Bentang Pendek

Model	Bentang (m)	Kapasitas Tarik Penampang (kN)	Kapasitas Tekan Penampang (kN)	Rasio Tarik	Rasio Tekan
<i>Howe</i>	6	41747,03	52810,52	0.218	0.181
	8	41747,03	52810,52	0.306	0.249
<i>Fink</i>	6	41747,03	52810,52	0.203	0.171
	8	41747,03	52810,52	0.287	0.238
<i>Fan</i>	6	41747,03	52810,52	0.217	0.183
	8	41747,03	52810,52	0.300	0.265
<i>Scissors</i>	6	41747,03	52810,52	0.233	0.189
	8	41747,03	52810,52	0.313	0.265

Tabel 4. Rasio Tarik dan Rasio Tekan untuk Kuda-Kuda Bentang Menengah

Model	Bentang (m)	Kapasitas Tarik Penampang (kN)	Kapasitas Tekan Penampang (kN)	Rasio Tarik	Rasio Tekan
<i>Howe</i>	12	41747,03	52810,52	0.588	0.509
	16	41747,03	52810,52	0.659	0.541
<i>Fink</i>	12	41747,03	52810,52	0.554	0.471
	16	41747,03	52810,52	0.593	0.524
<i>Scissors</i>	12	41747,03	52810,52	0.688	0.566
	16	41747,03	52810,52	0.775	0.654
<i>Cremona</i>	12	41747,03	52810,52	0.545	0.437
	16	41747,03	52810,52	0.590	0.473

Berdasarkan nilai rasio tarik dan tekan, semua konfigurasi untuk bentang pendek memberikan nilai rasio yang kecil dari 0,9. Hal yang sama juga terlihat untuk semua konfigurasi pada bentang menengah. Nilai rasio tarik dan tekan juga memberikan nilai yang kecil dari 0,9. Maka, konfigurasi tersebut dikatakan aman untuk konstruksi dengan bentang 6 m, 8 m, 12 m, dan 16 m. Namun, konfigurasi *Fink* memberikan nilai rasio terkecil jika dibandingkan dengan konfigurasi yang lain untuk bentang pendek. Sedangkan untuk bentang menengah konfigurasi *Cremona* memberikan nilai rasio terkecil dibandingkan konfigurasi yang lain. Nilai defleksi dari kedua konfigurasi ini juga memberikan nilai terkecil. Hal ini menjelaskan bahwa konfigurasi *Fink* merupakan konfigurasi optimum untuk bentang pendek, dan konfigurasi *Cremona* merupakan konfigurasi optimum untuk bentang menengah.

5. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan, semua konfigurasi kuda-kuda atap baja ringan aman terhadap pembebanan yang terjadi pada atap.
2. Untuk bentang pendek, konfigurasi *Fink* merupakan konfigurasi struktur kuda-kuda yang paling optimum sehingga konfigurasi ini direkomendasikan untuk bangunan dengan bentang pendek.
3. Untuk bentang menengah, konfigurasi *Cremona* merupakan konfigurasi struktur kuda-kuda yang paling optimum sehingga konfigurasi ini direkomendasikan untuk bangunan dengan bentang menengah.

6. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, perhitungan kapasitas tarik dan tekan penampang baja ringan pada peraturan SNI 7971:2013 dapat disederhanakan dengan mempertimbangkan bentuk geometri dan juga perilaku material. Selain itu, untuk konfigurasi *cremona* dapat diteliti kembali untuk struktur kuda-kuda bentang panjang.

Sehingga didapatkan pengembangan kekuatan baja ringan pada bentuk konfigurasi tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Alpine Engineering. 2003. *Encyclopedia of Trusses*. Alpine Engineered Product Inc : USA
- [2] Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2013. *SNI 7971:2013. Standar Nasional Indonesia untuk Struktur Baja Canai Dingin*. Jakarta : Indonesia.
- [3] Haris, Sabril. 2017. *An Experimental Study of Bending Behaviour of Double Channel and Hollow Sections of Light Gauge Steel*. In International Conference on Construction and Building Engineering. pp 405-442.
- [4] Herman, Hazmal. 2016. *Studi Eksperimental Sambungan Elemen Struktur Baja Ringan Dengan Alat Sambung Sekrup dan Baut*. Universitas Andalas :Padang
- [5] Oktarina, Devi. 2015. *Analisa Perbandingan Rangka Atap Baja Ringan dan Rangka Atap Kayu Dari Segi Analisis Struktur dan Anggaran Biaya*. Jurnal Konstruksia hal 27-36.
- [6] Wen Wei, Yu. 2000. *Cold Formed Steel Design, Third Edition*. University of Missouri-Rolla : United State of America (USA).