

ANALISA POLA KERUNTUHAN KONSTRUKSI RANGKA ATAP DENGAN MENGGUNAKAN PROFIL BAJA RINGAN

Andry Sucipta^{1*}, Anis Saggaff², Sutanto Muliawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

*Korespondensi Penulis: andry_020691@yahoo.com

Abstract

Truss light steel is a modern technology of roof truss made of a thin plate of zinc-alum which is designed by computers and manufactured by machines. Truss light steel can be an alternative choice to support the roof to be able to deal with the extreme weather conditions, not to be distracted from termite attack and to be held longer than truss form wood. From its material, there are some weaknesses of light steel, among other are buckling and deflection occurs, so that a review was made of the failure that will occur in some spans and truss forms. SolidWorks is a Computer Aided Design (CAD) 3D program using the Windows operating system. SolidWorks program can provide the simulation and compute the forces that arise in structures which designed by using finite element method. The use of SolidWorks program shows the simulation of failure mode that will occur, so it can be the input for the planning and construction of the better light steel. This analysis used the truss of type pratt and howe with theoretical spans 12 m and 24 m at 30° angle. The components used were profile lip channel 75x32.8x7.95 and tek screw formed in SolidWorks program. The results obtained in the SolidWorks program was the failure occurred because of flexural buckling in A_6 rod to the entire spans and forms. Truss pratt type was stronger to resist the loads on the theoretical span of 12 m and the howe type was stronger to resist the loads on the theoretical span 24 m. Diagonal mounting differences affected the strength of each spans.

Key Words: truss, light steel, SolidWorks, failure mode

1. PENDAHULUAN

Bahan konstruksi terus berkembang seiring dengan berjalannya zaman. Bahan konstruksi kayu mulai ditinggalkan karena mulai sulit dicari dan mulai ada pengembangan teknologi baru yaitu beton dan baja karena kekuatannya yang baik. Baja memiliki keunggulan seperti konstruksinya yang ringan dibandingkan dengan beton yang dapat mengurangi pembebanan. Selain konstruksinya yang ringan, baja memiliki sifat yang unik seperti kekakuan, kekuatan, dan daktil. Konstruksi modern akhir-akhir ini terutama pada konstruksi atap bangunan, baik rumah tinggal, gudang, maupun pabrik sedang mengembangkan penggunaan material yang dikenal dengan sebutan baja ringan.

Baja ringan adalah komponen struktur baja dari lembaran atau pelat baja yang berbahan *zinc-alum* dengan proses pengerjaan pada keadaan dingin yang kemudian didesain dengan komputerisasi oleh tenaga ahli dan dipabrikasi dengan menggunakan mesin. Baja ringan memiliki kesulitan dalam hal perencanaannya yaitu, pengaruh bentuk geometri penampang yang sangat besar terhadap perilaku dan kekuatannya dalam memikul beban.

Adanya perubahan bentuk yang sedikit saja dari penampangnya, maka kekuatan elemen struktur tersebut akan berbeda termasuk juga perilaku tekuknya. Kesulitan tersebut mengakibatkan proses perencanaan menjadi lebih rumit dibanding proses perencanaan baja *hot rolled*.

Penggunaan baja ringan pada struktur rangka atap memiliki beberapa keunggulan, diantaranya: bobot yang ringan, material yang homogen, tahan rayap, anti karat, tidak lapuk, dan tahan terhadap cuaca, serta pemasangan

yang relatif mudah dan cepat. Selain memiliki keunggulan, baja ringan memiliki kelemahan, diantaranya: mudah terjadi lentur, tekuk (*buckling*), dan torsi.

Solidworks adalah sebuah program *Computer Aided Design (CAD) 3D* yang menggunakan sistem operasi *Windows*. Banyak pihak lebih memilih menggunakan program solidworks dibandingkan program yang lain. Hal ini karena penggunaannya yang relatif mudah dalam penggambaran 3D, tampilan gambar *solid* yang lebih mendekati nyata dalam segi material, desain, dan warna serta analisisnya yang menggunakan metode *finite element* yang diperkenalkan oleh Courant (1943).

Dengan menggunakan program solidworks, kita dapat mempelajari pola keruntuhan yang akan terjadi serta mengetahui kapasitas beban dari suatu tipe rangka untuk menahan beban di atasnya.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola keruntuhan pada struktur rangka atap baja ringan yang diberi beban, mengetahui lokasi keruntuhan yang terjadi akibat kelebihan beban yang diterima, membandingkan pola keruntuhan yang terjadi dari beberapa sampel dan bentang, dan membandingkan kapasitas beban yang mampu ditahan dari setiap sampel.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Struktur Rangka Atap

Struktur rangka atap adalah salah satu bagian penting dalam konstruksi bangunan.

Royani (2011) berpendapat bahwa:

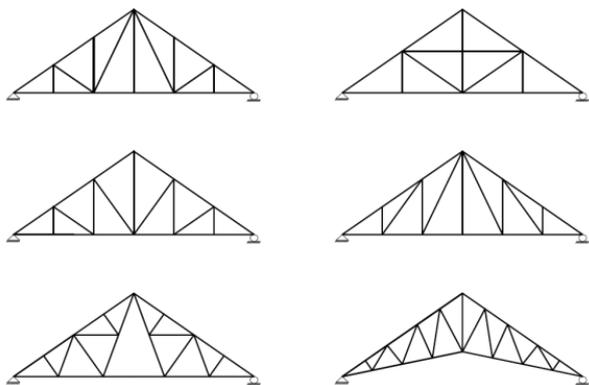
“Struktur atap adalah bagian bangunan yang menahan atau mengalirkan beban-beban dari atap. Struktur atap terbagi menjadi rangka atap dan penopang rangka atap. Rangka atap berfungsi menahan beban dari bahan penutup atap sehingga umumnya berupa susunan balok-balok (dari kayu/bambu/baja) secara vertikal dan horizontal kecuali pada struktur atap dak beton. Berdasarkan posisi inilah maka muncul istilah gording, kasau dan reng.”

Dalam konstruksi bangunan, rangka atap adalah elemen penopang beban di atasnya yaitu beban penutup atap, beban angin, dan curah hujan. Rangka atap terdiri dari 3 elemen, diantaranya :

- Kuda penopang, berfungsi menyalurkan gaya tekan.
- Balok dasar, berfungsi sebagai penahan gaya tarik.
- Tiang tengah, berfungsi mendukung balok bubungan dan menerima gaya tekan (Heinz Frick, ilmu konstruksi bangunan 2 hal 192).

Kibagus (2011) berpendapat bahwa:

“Pada dasarnya konstruksi kuda - kuda terdiri dari rangkaian batang yang selalu membentuk segitiga. Dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan dan bentuk penutupnya, maka konstruksi kuda - kuda satu sama lain akan berbeda, tetapi setiap susunan rangka batang harus merupakan satu kesatuan bentuk yang kokoh yang nantinya mampu memikul beban yang bekerja tanpa mengalami perubahan.”



Gambar 2.1 Bentuk Rangka Atap

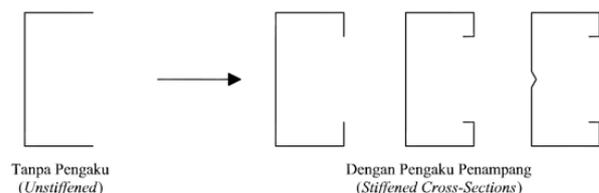
2.2. Baja Ringan

Baja ringan adalah komponen struktur baja dari lembaran atau pelat baja yang berbahan *zinc-alum* dengan proses pengerjaan pada keadaan dingin yang kemudian didesain dengan komputerisasi oleh tenaga ahli dan dipabrikasi dengan menggunakan mesin. Baja ringan memiliki kesulitan dalam hal perencanaannya yaitu, pengaruh bentuk geometri penampang yang sangat besar terhadap perilaku dan kekuatannya dalam memikul beban.

Adanya perubahan bentuk yang sedikit saja dari penampangnya, maka kekuatan elemen struktur tersebut akan berbeda termasuk juga perilaku tekuknya. Kesulitan tersebut mengakibatkan proses perencanaan menjadi lebih rumit dibanding proses perencanaan baja *hot rolled*.

Baja ringan memiliki beberapa fenomena keruntuhan diantaranya, terjadi kerutan atau tekuk yang diamati pada batang tekan berlangsung secara tiba-tiba dan sangat berbahaya (Ugural, 1981), distorsi dari penampang yang ditandai oleh gerakan di garis lipatan (Davies dan Jiang, 1998), Tekuk lokal ditandai dengan panjang gelombang yang relatif pendek pada elemen pelat itu sendiri (Davies, 2000). Secara umum disimpulkan bahwa baja ringan dapat digunakan sebagai elemen struktur tetapi cenderung ramping dan rentan terhadap kegagalan stabilitas termasuk: lentur keseluruhan kolom, torsi dan lentur-torsi pola tekuk, tekuk lokal, dan tekuk distotif (Young dan Jintang, 2002).

Kekakuan penampang biasanya ditingkatkan dengan cara menambahkan *flens* dan *web* pengaku seperti terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Penambahan *flens* dan *web*

Beberapa manfaat yang didapat ketika menggunakan rangka atap baja ringan (Rogan, 1998; Yu, 2000; Thong, 2003), diantaranya adalah:

1. *Constructability*. Kegunaan dari pembuatan dan perakitan baja bekerja mengurangi limbah dan kualitas yang sudah maju.
2. Cepat. Sistem ini menggunakan periode konstruksi yang lebih singkat dibandingkan dengan sistem konvensional.
3. Aman. Kekuatan baja alami dan sifatnya yang tidak mudah terbakar dapat menghindari beberapa keruntuhan seperti kebakaran, gempa bumi dan tanah longsor.
4. Kuat dan Ringan.
5. Berkualitas. Kualitas yang lebih baik adalah tahan lama dan rendah biaya pemeliharannya.
6. Mudah dimodifikasi. Modifikasi dapat dilakukan dengan mudah. Dinding bantalan yang tanpa beban dapat bisa dipindahkan, dibuang atau diubah.
7. Desain yang flexible. Karena kekuatannya yang tinggi, baja dapat digunakan pada rentang yang lebih panjang, menyajikan ruang terbuka yang lebih besar dan meningkatkan desain yang fleksibel tanpa memerlukan kolom menengah dan dinding bantalan berbeban.
8. Semua produk baja dapat di daur ulang.
9. Tidak ada serangga dan infeksi jamur.
10. Ketepatan dan keakuratan profil.
11. Bentuk profil yang bervariasi.
12. Anti karat.

13. Metode koneksi dan *joint* yang variatif.
14. Material yang minimum.
15. Banyak keuntungan.

2.3. Sambungan Titik Buhul

Metode penyambungan antar profil pada struktur baja ringa sangat sederhana, yaitu dengan metode "*back to back*" yang artinya saling memunggung, dan dipererat dengan skrup khusus (*Tek Screw*). *Tek Screw* adalah skrup koneksi konstruksi baja ringan dimana bahan ini mempunyai ujung yang tajam seperti mata bor sehingga dapat melubangi bahan utama sekaligus menyatukannya dalam satu langkah.



Gambar 2.3 *Tek Screw*

2.4. Pola Keruntuhan

Pada struktur rangka atap, dikenal beberapa jenis pola keruntuhan yang sering terjadi pada sistem rangka atap antara lain:

1. Akibat tekuk (*Buckling*)

Beban tekuk didefinisikan sebagai bahan batas yang menyebabkan kolom tertekuk. Jika kolom dibebani dengan beban aksial, maka kolom akan terdefleksi lateral dan mengalami tekuk apabila beban ditingkatkan terus. Jika beban bekerja kurang dari beban tekuk dan beban diambil dari kolom maka kolom akan kembali ke posisi semula. Fenomena tekuk terdiri dari empat tipe, yaitu:

a. Tekuk Lokal (*Local Buckling*)

Tekuk lokal merupakan tekuk yang terjadi pada elemen pelat penampang (sayap atau badan) karena pelat yang terlalu tipis. Bila tegangan pada elemen-elemen penampang mencapai tegangan kritis pelat, maka akan terjadi tekuk lokal. Tekuk lokal pada elemen pelat dapat menyebabkan terjadinya kegagalan prematur pada keseluruhan penampang, atau setidaknya akan menyebabkan tegangan tidak merata dan mengurangi kekuatan keseluruhan.



Gambar 2.4 Tekuk lokal

b. Tekuk Lentur (*Flexural Buckling*)

Tekuk lentur merupakan tekuk yang terjadi jika batang desak tertekuk terhadap sumbu utamanya atau sumbu yang memiliki radius girasi terkecil. Tekuk ini dapat terjadi pada batang yang menggunakan profil yang

memiliki penampang simetris ganda atau antisimetris ganda (seperti profil I atau Z), profil yang memiliki penampang simetris tunggal (seperti profil kanal, L sama kaki, L double). Tekuk lentur menyebabkan elemen batang mengalami lentur terhadap sumbu lemah batang.



Gambar 2.5 Tekuk lentur

c. Tekuk Torsional (*Torsional Buckling*)

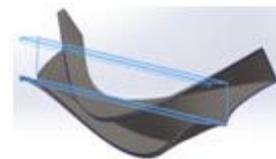
Tekuk torsional merupakan tekuk yang terjadi dengan terpelintirnya batang terhadap sumbu longitudinalnya (sumbu yang sejajar dengan beban). Tekuk torsional umumnya terjadi pada profil simetris ganda yang memiliki tampang yang sangat langsing.



Gambar 2.6 Tekuk Torsi

d. Tekuk Lentur Torsional (*Flexural Torsional Buckling*)

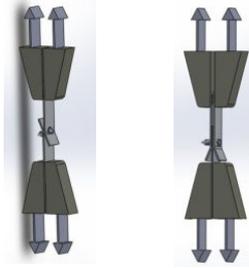
Tekuk lentur torsional merupakan tekuk yang terjadi pada batang desak jika secara bersamaan melentur dan memutar. Tekuk torsional lentur umumnya terjadi pada profil simetris tunggal (seperti profil kanal, L dengan panjang kaki yang sama, L ganda, dan T) dan profil tidak simetris (profil L dengan panjang kaki berbeda). Lentur-torsi tekuk adalah membungkuk simultan dan memutar dari anggota. Hal ini terutama terjadi pada saluran, ter struktural, ganda-sudut bentuk, dan sudut tunggal yang sama.



Gambar 2.7 Tekuk Lentur Torsional

2. Akibat *Curling*

Curling terjadi sebagai akibat mekanisme gaya-gaya tekan internal pelat, yang tidak lain adalah *buckling* (tekuk), dan hanya terjadi pada pelat yang relatif tipis (langsing). Adanya *curling* pada sambungan *lap-joint* yang secara natural mempunyai eksentrisitas, ditambah slip, menyebabkan sambungan *lap-joint* dengan baut tunggal beresiko mengalami distorsi dan kinerjanya menjadi tidak optimum. Untuk menghindarinya, perlu digunakan baut majemuk (minimal dua) dengan konfigurasi sejajar arah gaya (Dewobroto *et. al.* 2006).



Gambar 2.8 Fenomena *Curling*

Pada dasarnya pola keruntuhan secara umum dapat dipisahkan dalam dua kategori, yaitu: kerusakan pelat dan kerusakan baut. Kerusakan baut biasanya terjadi pada pemasangan baut tunggal dan pada konstruksi rangka atap baja ringan jarang bahkan tidak pernah ditemukan menggunakan baut tunggal pada titik sambungan. Kerusakan pelat yang terjadi dikarenakan baja ringan yang ramping dan rentan terhadap stabilitas.

2.5. Program SolidWorks

Solidworks adalah sebuah program *Computer Aided Design (CAD) 3D* yang menggunakan sistem operasi *Windows*. Perangkat lunak ini merupakan alat bantu teknis yang mudah dipelajari dan memungkinkan seorang desainer dengan cepat menguasai program sehingga dengan mudah melakukan analisa permasalahan dibidang teknik dengan berbagai fitur yang diberikan, serta hasil gambar dan model yang detail. Selain itu, solidworks juga menggunakan konsep dasar *Finite Element Method (FEM)* untuk menganalisis kondisi suatu model dan menampilkan hasil analisa dari model tersebut secara terperinci. Solidworks memungkinkan bagi para perancang untuk dengan cepat memeriksa kesempurnaan desain yang telah dibuat dan mencari solusi yang maksimum.

Program solidworks memberikan 3 pilihan lembar kerja, diantaranya: komponen (*parts*), perakitan (*assembly*), penggambaran (*drawing*). Seluruh program pasti mempunyai kelebihan dan kekurangan, begitu juga program solidwork.

Kelebihan yang dimiliki diantaranya :

1. Tampilan gambar yang lebih mendekati nyata dalam bentuk solid tiga dimensi baik dari segi desain, warna ataupun materialnya,
2. Lebih mudah dalam mendesain model tiga dimensi,
3. Prinsip kerja hampir sama dengan autocad, akan tetapi perbaikan mudah dilakukan jika terdapat kesalahan dalam penggambaran,
4. Hasil gambar solid tiga dimensi dapat langsung dianalisa dalam program solidworks. Selain itu, solidworks juga memiliki beberapa kekurangan seperti:

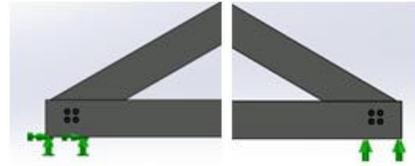
1. Jika ada part yang hilang maka akan menyebabkan part yang telah dirakit akan ikut hilang juga,
2. Kesalahan dalam memilih bidang kerja akan menyebabkan kesulitan dalam perakitan,

3. Pada proses analisa, program membutuhkan waktu yang cukup lama.

3. METODOLOGI

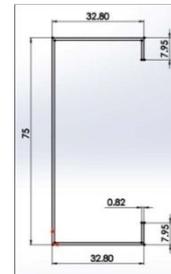
Variabel – Variabel penelitian yang digunakan dalam desain rangka batang baja ringan ini, antara lain:

1. Kondisi perletakan pada rangka adalah sendi-rol yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Perletakan Pada Sampel

2. Profil yang digunakan sejenis pada setiap rangka batang, yaitu *lip channel 75x32,8x7,95x0,82* mm.



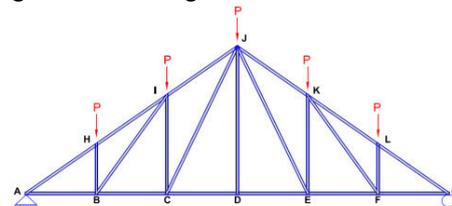
Gambar 3.2 Dimensi Penampang Profil

3. Alat sambung yang digunakan hampir menyerupai *Tek Screw*.

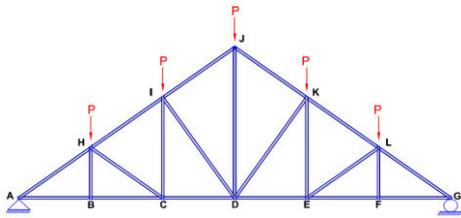


Gambar 3.3 Komponen *Tek Screw*

4. Panjang bentang teoritis yaitu 12 meter dan 24 meter dengan sudut kemiringan 30° .
5. Sampel rangka batang yang akan diteliti dapat dilihat pada gambar 3.3 dan gambar 3.4 di bawah ini:

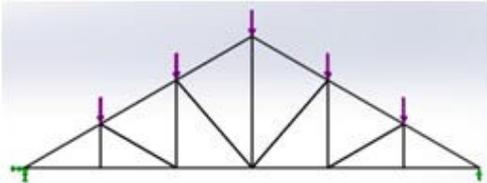


Gambar 3.4 Tipe *Pratt*



Gambar 3.5 Tipe Howe

6. Pola pembebanan adalah pembebanan statis yang berupa beban titik pada joint-joint batang atas rangka atap.



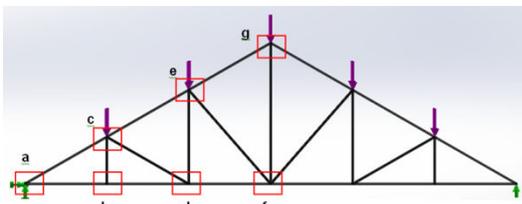
Gambar 3.6 Pembebanan Sampel

7. Jenis material yang digunakan diambil dari material yang tersedia pada program, material yang dipilih yaitu Zinc-Alloy dengan material propertis sebagai berikut :

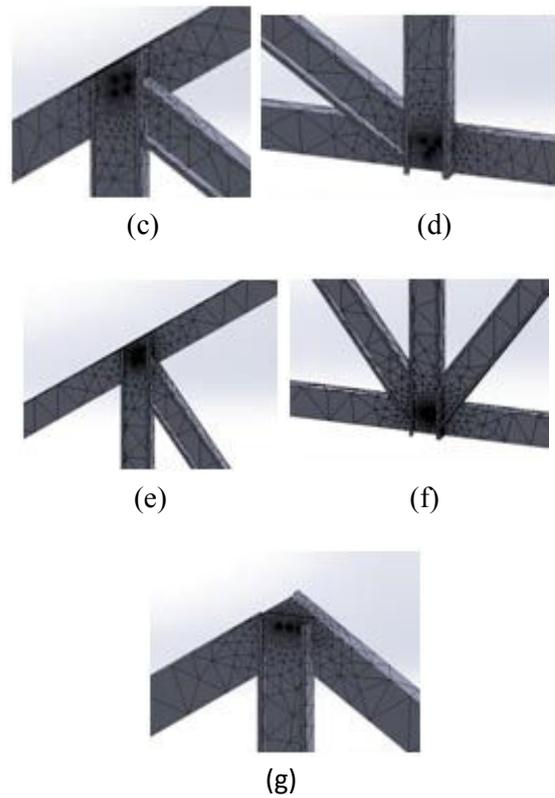
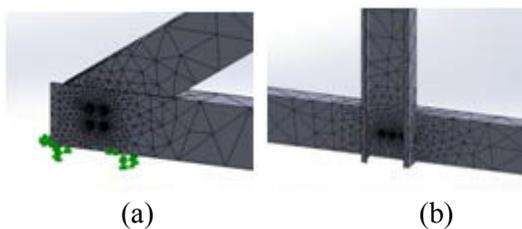
Jenis Material : Zinc Alloy; AG 40B; Zn-4Al-0,0015Mg
 Modulus Elastisitas (E) = 85.000 Mpa
 Tegangan yield (σ_y) = 285 MPa
 Berat Jenis = 6600 kg/m³

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan program SolidWorks, seluruh bagian yang di rakit akan dianalisa dengan menggunakan metode elemen hingga dimana seluruh komponen akan dibagi menjadi bagian-bagian yang kecil berbentuk tetrahedral yang menghubungkan setiap bagian mempunyai kontak antar komponen. Titik node pada bagian bagian kecil tersebut kemudian dianalisa hingga mendapatkan hasil berupa tegangan, defleksi dan regangan pada struktur rangka. Hasil meshing dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.1 Meshing Tipe Howe

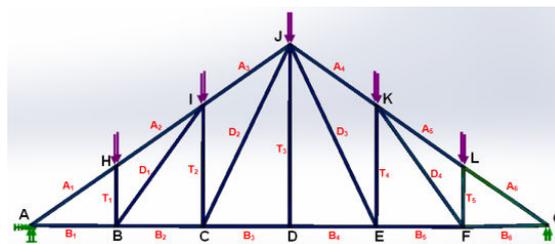


Gambar 4.2 Hasil Meshing Tiap Simpul Pada Tipe Howe, (a) simpul 1, (b) simpul 2, (c) simpul 3, (d) simpul 4, (e) simpul 5, (f) simpul 6, (g) simpul 7

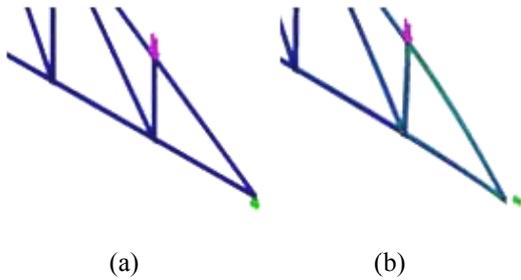
SolidWorks memberikan dua hasil analisa yaitu berupa simulasi dan berupa data angka. Keruntuhan hasil simulasi pada sampel ditunjukkan dengan skala warna dan tekuk. Skala warna mempunyai rentang warna biru hingga warna merah. Dari warna biru yang mewakili kategori aman hingga warna merah yang mewakili batang profil mulai mencapai tegangan leleh dan bila terjadi tekuk pada rangka, berarti rangka sudah mengalami keruntuhan akibat tekuk. Sedangkan hasil data dapat berupa grafik yang diambil dari titik node yang diinginkan.

4.1. Hasil Simulasi Program

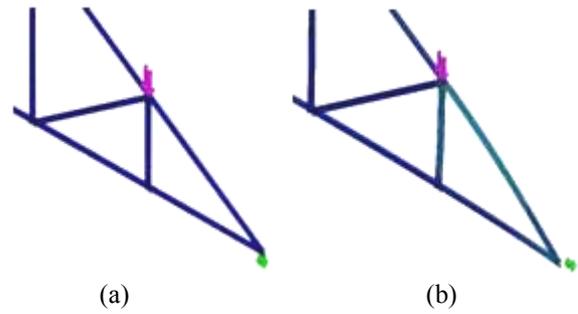
- Tipe Pratt Betang Teoritis 12 Meter dengan kemiringan sudut 30⁰



Gambar 4.3 Distribusi Tegangan Rangka Tipe Pratt (L = 12 Meter)

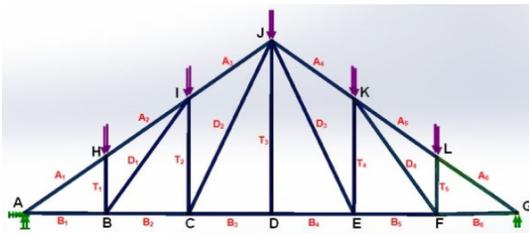


Gambar 4.4 Proses Keruntuhan Rangka Tipe Pratt (L = 12 Meter)
 (a) Sebelum mendapat beban berlebihan
 (b) Setelah mendapat beban berlebihan



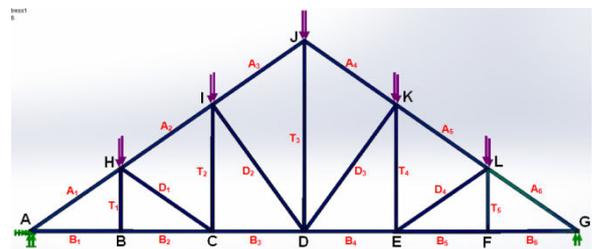
Gambar 4.8 Proses Keruntuhan Rangka Tipe Howe (L = 12 Meter)
 (a) Sebelum mendapat beban berlebihan
 (b) Setelah mendapat beban berlebihan

- Tipe Pratt Batang Teoritis 24 Meter dengan kemiringan sudut 30°

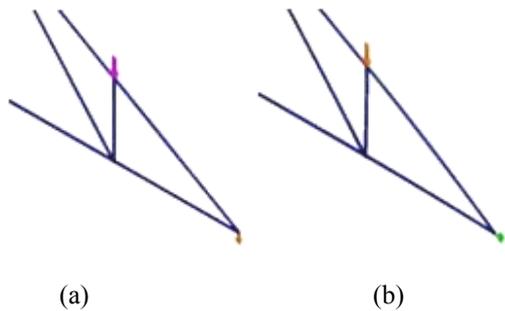


Gambar 4.5 Distribusi Tegangan Rangka Tipe Pratt (L = 24 Meter)

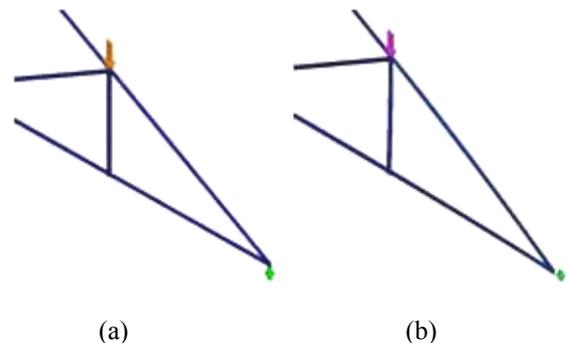
- Tipe Howe Batang Teoritis 24 Meter dengan kemiringan sudut 30°



Gambar 4.9 Distribusi Tegangan Rangka Tipe Howe (L = 24 Meter)

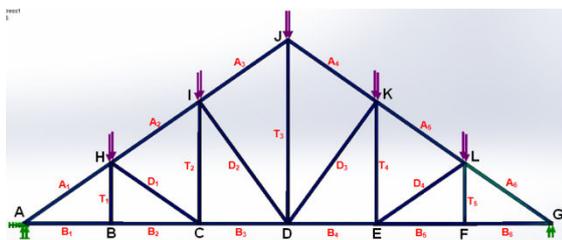


Gambar 4.6 Proses Keruntuhan Rangka Tipe Pratt (L = 24 Meter)
 (a) Sebelum mendapat beban berlebihan
 (b) Setelah mendapat beban berlebihan



Gambar 4.10 Proses Keruntuhan Rangka Tipe Howe (L = 24 Meter)
 (a) Sebelum mendapat beban berlebihan
 (b) Setelah mendapat beban berlebihan

- Tipe Howe Batang Teoritis 12 Meter dengan kemiringan sudut 30°



Gambar 4.7 Distribusi Tegangan Rangka Tipe Howe (L = 12 Meter)

Hasil simulasi program *Solidworks* memperlihatkan bahwa seluruh tipe rangka atap pada bentang 12 meter maupun 24 meter dengan jumlah batang dan bentuk rangka yang sama, mengalami keruntuhan pada lokasi dan kondisi yang sama. Rangka mengalami keruntuhan tekuk lentur di batang tekan A₆.

Dari skala warna hingga warna merah, semua batang secara keseluruhan belum mendapat distribusi beban yang berlebihan. Pada bentang teoritis 12 meter, kerusakan baru terlihat pada batang tekan A₆ didekat simpulnya. Profil baja ringan terlihat mencapai skala merah kemudian diikuti peristiwa tekuk lentur pada batang tekan tersebut. Sedangkan pada bentang teoritis 24 meter, tidak terlihat kerusakan yang berarti pada batang

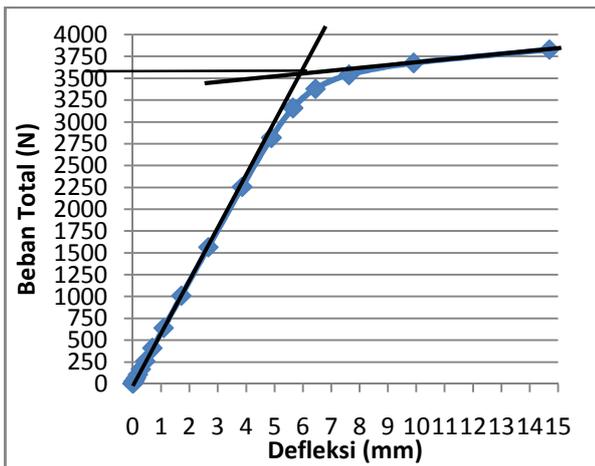
tekan. Keruntuhan langsung ditandai dengan terjadinya peristiwa tekuk lentur di batang tekan A₆.

4.2. Hasil Data Program

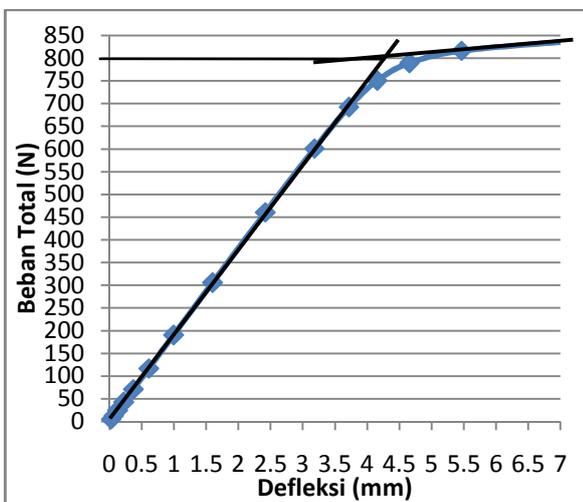
Dari hasil analisa beban (P) terhadap gaya batang pada saat keruntuhan yang terjadi, kedua tipe rangka memiliki kapasitas beban yang sama pada bentang teoritis yang sama. Hal ini dikarenakan oleh analisa keruntuhan menitik beratkan pada hasil manual gaya batang rangka atap dengan mengasumsikan bahwa rangka atap akan mengalami keruntuhan pada batang tekan.

Dari hasil manual, diketahui bahwa rangka atap dengan bentang teoritis 12 meter mengalami keruntuhan tekuk lentur di batang tekan saat beban total mencapai 2797 N, sedangkan pada bentang teoritis 24 meter rangka atap akan mengalami keruntuhan tekuk lentur saat beban total mencapai 703,7 N.

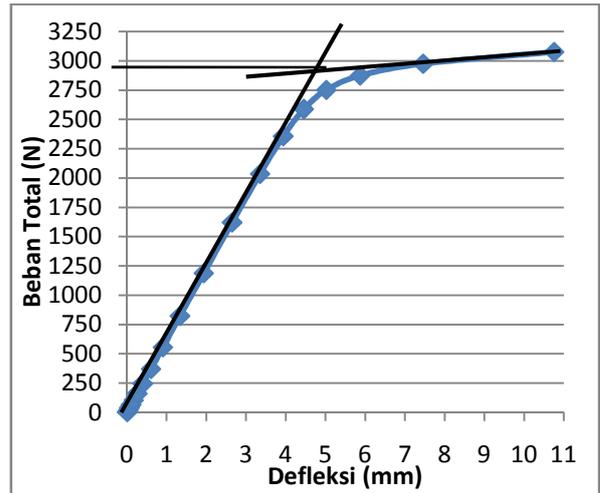
Dari hasil program, akan terlihat bahwa rangka atap memiliki kapasitas beban yang berbeda baik pada bentang teoritis 12 m maupun 24 m pada tiap tipe rangkanya. Berikut adalah grafik hasil dari analisa program *SolidWorks* yang diambil dari titik *node* pada titik simpul E.



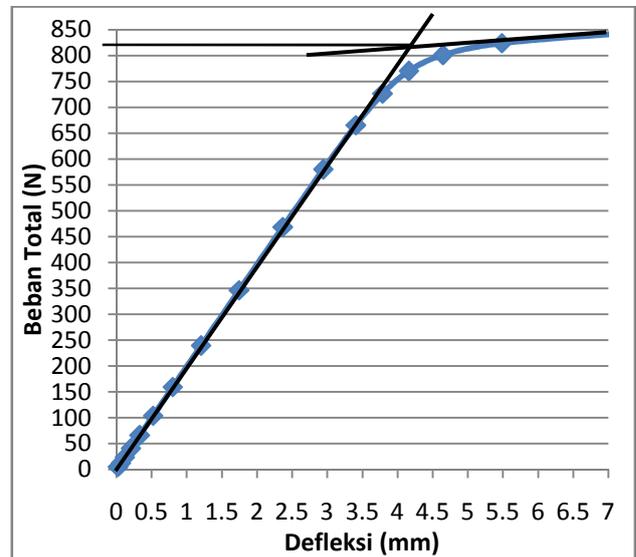
Grafik 4.1 Beban – Defleksi Tipe Pratt Bentang Teoritis 12 meter



Grafik 4.2 Beban – Defleksi Tipe Pratt Bentang Teoritis 24 meter



Grafik 4.1 Beban – Defleksi Tipe Howe Bentang Teoritis 12 meter



Grafik 4.2 Beban – Defleksi Tipe Howe Bentang Teoritis 24 meter

Tabel 4.1 Rekapitulasi Beban Maksimum Program dan Manual

No.	Tipe Rangka	Bentang (m)	Pcr (Program)	Pcr (Manual)	Selisih	(%)
1	Pratt	12	3550 N	2797 N	753 N	26,92
2		24	800 N	703,7 N	96,3 N	13,68
3	Howe	12	2900 N	2797 N	103 N	3,68
4		24	820 N	703,7 N	116,3 N	16,53

Dari tabel 4.1 diatas, terjadi perbedaan beban maksimum pada analisa manual dan analisa program. Hal ini dikarenakan pada analisa manual, keruntuhan konstruksi rangka menitik beratkan pada hasil gaya batang rangka atap dengan mengasumsikan bahwa rangka atap akan mengalami keruntuhan pada batang tekan. Sedangkan pada analisa yang dilakukan program, keruntuhan konstruksi dianalisa dengan menggunakan metode elemen hingga dimana seluruh batang rangka dibagi menjadi bagian-bagian kecil yang masih dapat diukur besarnya. Kemudian pada tiap *node* yang terbentuk

dianalisa sehingga mendapatkan nilai hasil yang lebih terperinci.

Perbedaan hasil analisa manual dan program mempunyai perbedaan yang hampir mencapai angka rata-rata 16 %. Perbedaan yang begitu besar dapat terjadi karena ada perbedaan faktor ketelitian antara kedua analisa. Pada analisa manual, ada nilai-nilai faktor keamanan yang terdapat didalam rumus. Sedangkan pada program dapat memberikan hasil mendekati yang sebenarnya.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Panjang Batang dan Beban

No.	Tipe Rangka	Bentang Teoritis	Panjang Total	Selisih (%)	Pcr	Selisih (%)
1	Howe	12 m	46,92 m	3,38	2900 N	650 N
2	Pratt		50,3 m			
3	Howe	24 m	93,84 m	6,76	820 N	-20 N
4	Pratt		100,6 m			

Tabel 4.2 menunjukkan banyaknya baja ringan yang digunakan terhadap beban maksimum yang diterima. Rangka tipe *pratt* lebih banyak menggunakan baja ringan dari pada tipe *howe*. Hal tersebut membuktikan bahwa tipe *pratt* lebih kuat dari pada tipe *howe* pada bentang teoritis 12 meter karena tipe *pratt* lebih banyak menggunakan baja ringan. Perbedaan pemasangan batang diagonal membuat rangka tipe *pratt* membutuhkan baja ringan lebih banyak dari rangka tipe *howe*.

Pengunaan baja ringan pada rangka tipe *pratt* lebih banyak 7,204% dari rangka tipe *howe*. Pada bentang teoritis 12 meter, peningkatan penggunaan baja ringan membuat kekuatan rangka tipe *pratt* meningkat 22,41 % dari rangka tipe *howe*. Berbeda dengan bentang teoritis 24 meter, peningkatan penggunaan baja ringan membuat kekuatan rangka tipe *pratt* menurun hingga 2,44 %. Pada tabel 2.1 terlihat kedua tipe rangka akan mempunyai kekuatan yang sama pada bentang teoritis antara 12 meter sampai 24 meter.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Beban Maksimum

No.	Tipe Rangka	Bentang (m)	Pcr (Program)	Penurunan (%)
1	Pratt	12	3550 N	2750 N
2		24	800 N	
3	Howe	12	2900 N	1470 N
4		24	820 N	

Tabel 4.3 memperlihatkan kekuatan pada tipe rangka yang sama dengan bentang yang berbeda. Pada rangka tipe *pratt*, peningkatan bentang teoritis menyebabkan kekuatan rangka menurun 77,46 %. Sedangkan pada rangka tipe *howe*, peningkatan bentang teoritis menyebabkan kekuatan rangka menurun 71,72 %.

Dari tabel 4.3 terlihat semakin besar peningkatan bentang teoritis pada suatu tipe rangka maka semakin cepat kegagalan yang terjadi pada tipe rangka tersebut.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Tegangan Maksimum dibatang A₆

No.	Tipe	Bentang Teoritis	Tegangan (MPa)	Selisih (%)
1	Pratt	12 m	97.905	23.383
2	Howe		74.522	
3	Howe	24 m	21.706	1.326
4	Pratt		20.38	

Dilihat dari tegangan yang diterima pada batang A₆ pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa semakin besar tegangan yang diterima maka semakin besar kapasitas beban yang mampu dicapai.

Semakin baiknya konfigurasi batang pada suatu bentuk rangka terhadap bentang teoritisnya membuat rangka tersebut dapat menerima beban dengan baik. Pada bentang teoritis 12 m, rangka tipe *pratt* dapat menerima tegangan lebih besar 31,38 % dari rangka tipe *howe* yang menyebabkan rangka tipe *pratt* memiliki kapasitas beban lebih besar 22,41 % dari rangka tipe *howe*. Sedangkan pada bentang teoritis 24 m, rangka tipe *howe* yang dapat menerima tegangan lebih besar dari pada tipe *pratt*, sehingga rangka tipe *howe* dapat menerima kapasitas beban lebih besar dari pada tipe *pratt*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa :

1. Pola Keruntuhan yang terjadi pada rangka tipe *Pratt* dan *Howe* dengan bentang teoritis 12 m dan 24 m adalah tekuk lentur.
2. Sampel rangka tipe *Pratt* dan *Howe* dengan bentang teoritis 12 m dan 24 m mengalami keruntuhan tekuk lentur dibatang A₆ dari hasil simulasi program karena tegangan tekan maksimum terjadi pada batang A₆.
3. Tegangan tarik batang B₆ dan batang bawah lainnya serta lendutan yang terjadi mengakibatkan terjadinya pergeseran batang bawah di perletakkan *roll* kearah dalam bentang, hal ini mengakibatkan terjadi gaya tekan tambahan pada batang A₆, sehingga keruntuhan tekuk terjadi pada batang A₆ untuk rangka tipe *Pratt* dan *Howe* dengan bentang teoritis 12 m dan 24 m.
4. Dari hasil simulasi *SolidWorks*, untuk bentang 12 m pada saat terjadi beban maksimum didapatkan tegangan tekan maksimum dibatang A₆ pada tipe *Pratt* ternyata lebih besar 31,38 % dari tipe *Howe*,

sehingga rangka tipe *Pratt* lebih kuat dari pada tipe *Howe*.

5. Dari hasil simulasi *SolidWorks*, untuk bentang 24 m pada saat terjadi beban maksimum didapatkan tegangan tekan maksimum batang A6 pada tipe *Howe* ternyata lebih besar 6,51 % dari tipe *Pratt*, sehingga rangka tipe *Howe* lebih kuat dari pada tipe *Pratt*.

5.2. Saran

1. Agar mendapatkan hasil analisa yang lebih detail, untuk setiap tipe rangka sebaiknya dilakukan penambahan bentang teoritis yang bervariasi seperti 6 m, 9 m, 12 m, 15 m, dan seterusnya.
2. Selain penambahan bentang teoritis, sebaiknya ditambah pula variasi tipe rangka yang sering digunakan agar dapat membandingkan kekuatan kapasitas tipe rangka tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah membimbing dan orang tua yang telah memberikan support demi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Akin, J. E., 2009, *Finite Element Analysis Concepts via SolidWorks*, Rice University, Houston, Texas.
- 2) Ali, B. A., Saad, S., & Osman, M. H., 2011, *Cold formed steel joints and structures-A review*. International Journal of Civil and Structural Engineering Volume 2 No. 2, pp 621-634.
- 3) Davies, J.M., 2000, *Recent research advances in cold-formed steel structures*, Journal of Constructional Steel Research, Volume 55, 267-288.
- 4) Davies, J.M., & Jiang, C., 1998, *Design for distortional buckling*, Journal of Construction Steel Research, Volume 46, pp174-175.
- 5) Dewobroto, W., & Besari, S., 2009, *Distorsi sambungan baut akibat curling dan pencegahannya. Studi kasus sambungan pelat tipe geser (lap-joint) dengan baut tunggal*. Jurnal Teknik Sipil Volume 16 No. 2, pp 49-62
- 6) Dundu M., Kemp A. R., 2006, *Strength requirements of single cold-formed channels connected back-to-back*. Journal of Construction Steel Research, 62, pp 250-261.
- 7) Frick, H., 2002, *Ilmu Konstruksi Bangunan 2*”, Penerbit Kanisius Yogyakarta.
- 8) Ki Bagus, (2011, 27 Februari), *Bentuk konstruksi kuda kuda berdasar lebar bentang*. Diakses dari <http://www.hdesignideas.com/2011/01/bentuk-konstruksi-kuda-kuda-berdasar.html>. 17 Juni 2013 (14.22).
- 9) LaBoube R. A., Soko M. A., 2002, *Behavior of screw connections in residential construction*. ASCE, 128(1), pp 115-118.
- 10) Riemann, J. A., 1996, *Behavior of compression web members in cold-formed steel truss assemblies*. University of Missouri, Rolla
- 11) Rogan, A. L. and Lawson, R. M., 1998, *Value and Benefit Assessment of Light Steel Framing in Housing*, The Steel Construction Institute, UK.
- 12) Royani, M., 2011, *Konstruksi atap*, Teknik Desain Arsitektur, Unpublished thesis, Universitas Diponegoro, Semarang.
- 13) Schafer, B. W., Vieira, L., Sangree, R. H., & Guan, Y., 2009, *Rotational restraint and distortional buckling in cold-formed steel framing systems*, Revista Sul-Americana de Engenharia Estrutural, Passo Fundo Volume 7 No. 1, pp 71-90
- 14) Tahir, M. M., Siang, T.C., & Ngian, S. P., 2006, *Typical tests on cold-formed steel structures*. Proceedings of the 6th Asia-Pacific Structural Engineering and Construction Conference (APSEC 2006), Kuala Lumpur, Malaysia. pp 246-258
- 15) Thong, C.M., 2003, *Development of New Cold-formed Steel Sections for Roof Truss System*, Master Thesis, UTM.
- 16) Ugural, A. C., 1981, *Stresses in Plates and Shells*, McGraw-Hill Book Company, Inc., Toronto.
- 17) Wildensyah, I., 2010, *Rangka atap baja ringan untuk semua*, Penerbit Alfabeta, Bandung.
- 18) Wood, J. V., 2004, *Strength and behaviour of cold formed steel roof trusses*. Published Thesis. The University of New Brunswick, Canada.
- 19) Young, B., Yan, Jintang, 2002, *Channel columns undergoing local, distortional, and overall buckling*, Journal of Structural Engineering, Volume 128, pp 728-736.
- 20) Yu, W.W., 2000, *Cold-Formed Steel Design*. 3rd edition. John Wiley and Sons Inc.