ANALISA BEBAN ULTIMIT STRUKTUR RANGKA ATAP SENTRIS DAN NON SENTRIS MENGGUNAKAN PROFIL BAJA RINGAN

Budi Solaeman Pratama[1], Anis Saggaff[2], Sutanto Muliawan[3]

[1]Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumatera Selatan
[2]Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumatera Selatan
[3]Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumatera Selatan

ABSTRAK

Penggunaan konstruksi rangka atap baja ringan di Indonesia saat ini sudah semakin populer, akan tetapi penelitian tentang material ini relatif sedikit terutama di Indonesia. Baja ringan yang banyak beredaran dipasaran Indonesia terdiri dari campuran bahan *Zinc* (Zn) dan *Aluminium* (Al) yang memiliki beberapa kelemahan yaitu mudah terjadinya tekuk atau buckling, mudah terjadinya defleksi atau lendutan dan mudah terjadinya kegagalan pada sambungan.

Maka penelitian ini diadakan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh eksentrisitas pada struktur rangka atap yang menggunakan profil baja ringan *lip channel* dengan ukuran 75 x 32,8 x 7,95 dengan tebal 0,82 mm terhadap pembebanan. Penelitian ini menggunakan bantuan program *SolidWorks* dimana dengan menggunakan program ini akan dibuat dua model struktur sentris dan non sentris yang kemudian dibebani sehingga mendapatkan beban ultimit dari struktur rangka atap tersebut.

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan program *SolidWorks* dan beban diletakkan pada tiap joint batang–batang atas rangka atap. Penelitian dengan program komputer ini berupa *failure test* yang terjadi pada rangka atap dimana kegagalan ditentukan berdasarkan persyaratan yang diterbitkan oleh *British Standard*.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penurunan kekuatan antara struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan struktur rangka atap dengan sambungan non sentris adalah sebesar 13,16% dimana struktur rangka atap dengan sambungan non sentris lebih lemah dibanding dengan struktur rangka dengan sambungan sentris.

Keyword: Baja ringan, *Solidworks,* Eksentrisitas

I. Pendahuluan

Baja ringan adalah komponen struktur baja dari lembaran atau pelat baja dengan proses pengerjaan pada keadaan dingin. Dikarenakan material kayu sudah semakin langka dan mahal maka penggunaan baja ringan ini menjadi semakin popular, khususnya di Indonesia. Riset tentang baja ringan untuk bangunan pertama kali dilakukan oleh Prof. George Winter dari Universitas Cornell pada tahun 1939 dan melahirkan "*Light Gauge Steel Design Manual*" pada tahun 1949. Sejak saat itu lebih dari lima dekade ini pemakaian material baja ringan semakin berkembang untuk konstruksi bangunan, rangka atap dan dinding pada bangunan industri, komersil maupun rumah tinggal. Ide dari struktur dengan baja ringan ini adalah mendapatkan kekuatan maksimum dengan material seminimum mungkin (Dewobroto *et al* 2006).

Analisa dengan bantuan komputer sangatlah penting dalam hal meneliti suatu material untuk mengetahui perilaku material tersebut. Selain dapat menghemat waktu, analisa dengan bantuan komputer juga dapat menghemat biaya pengerjaan. Salah satu *software* yang dapat digunakan untuk menganalisa material adalah *SolidWorks*.

1.1 Latar Belakang

Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur rangka atap dilapangan, kesalahan yang sering dilakukan oleh pekerja yaitu kesalahan pada pemasangan setiap komponen struktur yang tidak sentris karena sangat sulit untuk mendapatkan struktur yang sentris sehingga pada tugas akhir ini dilakukan simulasi dengan menggunakan *SolidWorks* untuk mengetahui seberapa besar pengaruh eksentrisitas sambungan yang sering terjadi pada saat pemasangan terhadap beban ultimit dari struktur rangka sentris maupun non sentris.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan:

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh eksentrisitas terhadap beban ultimit pada struktur rangka atap menggunakan profil baja ringan.
2. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh eksentrisitas sambungan terhadap keruntuhan suatu struktur dengan menggunakan profil baja ringan pada struktur tipe *fan*.
3. Untuk mengetahui perbandingan antara struktur atap sentris dan non sentris yang dilihat dari regangan dan *displacement* yang terjadi pada suatu struktur dengan menggunakan profil baja ringan.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yang diantaranya sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini penulis melakukan simulasi dengan program komputer *SolidWorks*.
2. Struktur rangka atap menggunakan baja ringan *lip channel* 75x32,8x0,82x7,95 mm dengan mutu yang sama pada tiap batang.
3. Panjang bentang struktur rangka atap 6 meter.
4. Tipe struktur rangka yang akan dianalisis yaitu tipe *fan*.
5. Pembebanan dilakukan dengan cara *continous loading*.
6. Kegagalan ditentukan dari *displacement* yang terjadi pada struktur tersebut yang dibatasi, sesuai dengan peraturan *British Standart* 5950 *Part* 5 terhadap pembebanan.
7. Sambungan pada *joint* menggunakan *tek screw*.

1.4. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini yang akan dirumuskan sebagai berikut:

1. Analisa beban ultimit pada struktur rangka atap sentris dan non sentris yang menggunakan profil baja ringan.
2. Membandingkan struktur atap sentris dan non sentris yang menggunakan profil baja ringan terhadap pembebanan.

1.5. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menerapkan metode sebagai berikut:

1. Studi pustaka.
2. Permodelan struktur rangka atap dengan menggunakan SolidWorks.
3. Pengujian model struktur.
4. Analisa pada rangka sentris dan non sentris.
5. Kesimpulan.

II. Tinjauan Pustaka

2.1. Struktur Rangka (*Truss*)

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 dari kayu, bambu, maupun baja secara vertikal dan horizontal. Berdasarkan posisi inilah maka muncul istilah gording,kasau dan reng.

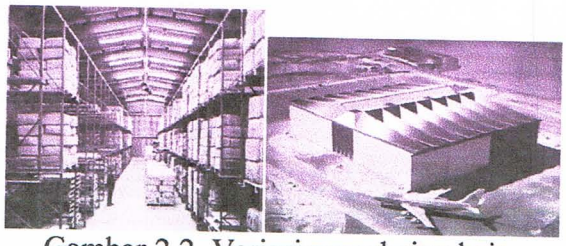
Pada umumnya prinsip dari sistem struktur rangka adalah seperti yang disebutkan berikut ini:

1. Rangka selalu membentuk segitiga atau kombinasi segitiga.
2. Batang dianggap lurus dan hanya menerima beban aksial berupa gaya tarik atau gaya tekan, yaitu gaya batang yang bekerja sepanjang sumbu.
3. *Joint* merupakan penghubung antar tiap batang yang dianggap sebagai sendi, sehingga tidak ada momen yang terjadi pada *joint.*
4. Beban hanya bekerja pada *joint.* (sumber: *Fundamentals of Analysis Structural*, 2002 dan Struktur, Daniel L. Schodek,1998).

Didalam menerima beban aksial struktur rangka memiliki 2 jenis batang yaitu batang tertarik dan batang tertekan.

2.2. Material Baja Ringan

Bahan dasar pembentuk baja ringan pada umumnya adalah sama, tetapi komposisi masing-masing bahan pembentuklah yang menentukan nama yang dipatenkan oleh produsen pertamanya. Bahan dasar terdiri dari Seng (*Zinc*) dan Alluminium (Al). Seng merupakan pembentuk bahan yang bersifat kaku tetapi lemah terhadap karat. Bahan itu dipadukan dengan Alluminium yang lentur tetapi tahan terhadap karat. Perpaduan dua bahan ini dapat menghasilkan bahan yang kaku sekaliigus antikarat. Material awal baja ringan berupa lembaran (*steel coil*) dengan ketebalan tertentu. Setelah masuk ke mesin roll dengan ukuran yang telah ditentukan maka akan terbentuk profil yang diinginkan.



Gambar 2.2. Variasi pemakaian baja ringan
(Wei-Wen Yu 2000)

2.3. Pengaruh Eksentrisitas pada Struktur Rangka Atap

Pada struktur rangka atap dikenal istilah eksentrisitas yang berarti suatu kondisi dimana sambungan tiap batang saling *over-lapping,* sehingga sumbu-sumbunya tidak segaris (Dewobroto 2006). Eksentrisitas dapat menimbulkan momen sebidang yang mengkibatkan batang baut mengalami gaya geser, sedangkan tepi lubang pelat akan mengalami gaya tekan akibat adanya kontak tumpu dari batang baut. Perencanaan sambungan baut baja ringan berbeda dengan baja *hot rolled.* Karena baja ringan memiliki pelat berdinding tipis, maka perencanaan sambungan baut yang menahan momen sebidang lebih banyak ditentukan oleh kuat tumpu dari pelat baja ringan tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperbesar tahanan momen sebidang adalah dengan memperbesar jarak baut terhadap titik pusat sambungan (Setiyarto 2006)

2.6. *Finite Element Method* (FEM)

Finite Element Method (FEM) atau Metode Elemen Hingga (MEH) pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950. Sejak saat itu metode ini terus dikembangkan hingga Sekarang metode elemen hingga sudah menjadi alat canggih yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai persoalan teknik dan dipakai secara luas. Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk mengatasi masalah nilai batas yang dikarakteristikkan dengan persamaan diferensial parsial dan kondisi batas. *Finite element method*

(FEM) adalah metode yang digunakan untuk membagi model struktur menjadi bagian–bagian kecil, umumnya memiliki bentuk yang lebih sederhana. Tujuan utamanya adalah untuk memperoleh nilai pendekatan tegangan dan peralihan yang terjadi pada suatu struktur.

2.7. *Solidworks*

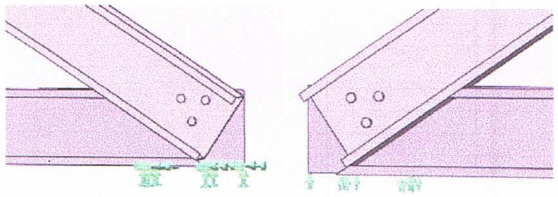
Solidworks adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain. Perangkat lunak ini merupakan alat bantu teknis yang mudah dipelajari dan memungkinkan seorang desainer dengan cepat bereksperimen dengan berbagai fitur serta dimensi, membuat model dan gambar yang detail. Selain itu solidworks juga menggunakan konsep dasar *Finite Element Method* (FEM) untuk menganalisis kondisi suatu model dan menampilkan hasil analisa dari model tersebut. *Solidworks* memungkinkan bagi para perancang untuk dengan cepat memeriksa kesempurnaan desain yang telah dibuat dan mencari solusi yang maksimum.

III. Metodologi Penelitian

3.1. Variabel Penelitian

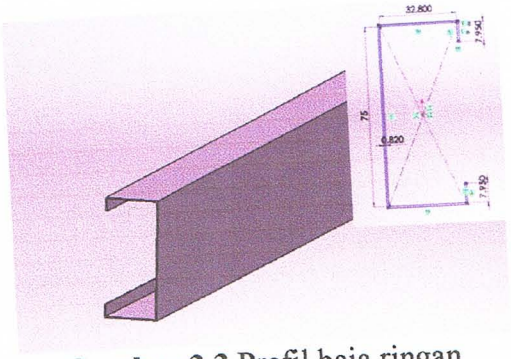
Variabel-Variabel penelitian yang digunakan dalam desain rangka batang baja ringan ini, antara lain:

a. Kondisi perletakan pada rangka batang baja ringan ini adalah jepit–rol baik struktur sentris dan struktur non sentris, seperti pada gambar 3.1 berikut:



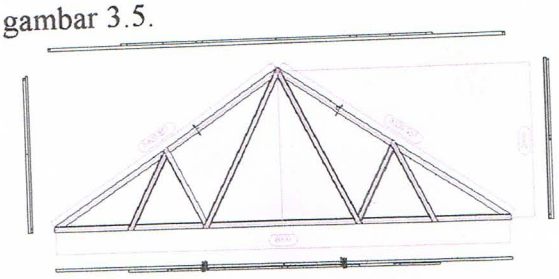
Gambar 3.2 Kondisi Perletakan

b. Profil yang digunakan sejenis pada setiap rangka batang, yaitu *lip channel* 75x32,8x0,82 mm (gambar 3.3).

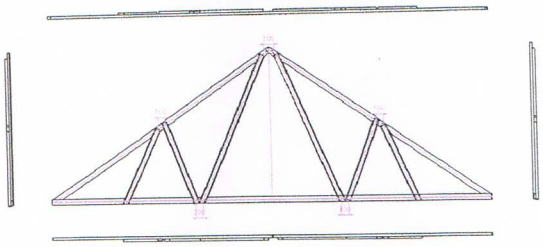


Gambar 3.3 Profil baja ringan

c. Jenis-jenis rangka batang yang akan diteliti dapat dilihat pada gambar 3.4 dan gambar 3.5.



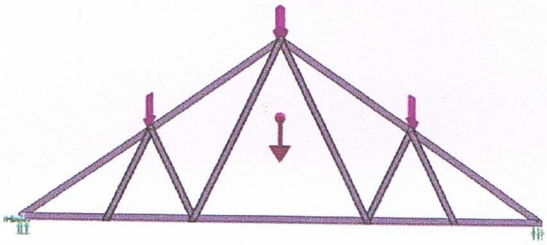
Gambar 3.4 Rangka batang sentris



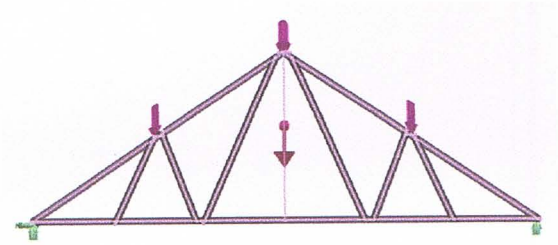
Gambar 3.5 Rangka batang non sentris

d. Pembebanan

Beban yang diberikan pada analisa ini adalah beban terpusat pada setiap titik simpul. Beban yang diberikan pada model tersebut telah dihitung secara manual terlebih dahulu. Kondisi pembebanan dapat dilihat pada gambar 3.15. dan 3.16.



Gambar 3.16 Kondisi pembebanan struktur sentris



Gambar 3.17 Kondisi pembebanan rangka non sentries

e. Material

Setelah proses *meshing* selesai selanjutnya menentukan material yang akan dipakai dalam analisis. Dimana tipe material yang digunakan dalam model ini adalah *Zinc Alloy,* AG 40B; Zn-4 Al-0,0015 Mg yang sudah tersedia dalam *library SolidWorks* itu sendiri dan semua komponen menggunakan material ini.

3.4. Pembahasan

Setelah perhitungan dan *running* program selesai serta menghasilkan output program, maka selanjutnya akan dilakukan perbandingan hasil output program antara struktur rangka sentris dan struktur rangka non sentris. Kemudian selanjutnya ditarik kesimpulan akibat pengaruh eksentrisitas terhadap tegangan, regangan dan defleksi yang terjadi.

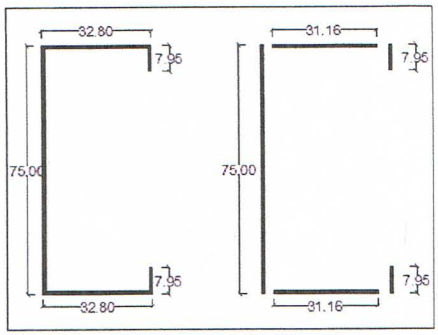
IV. Analisa dan Pembahasan

4.1.1 Analisa berdasarkan *British Standard* 5950 *Part* 5

1. Analisa kapasitas elemen profil untuk material baja ringan
   - Kapasitas momen
   - Kapasitas batang tekan
   - Kapasitas batang tarik
2. Analisa perhitungan gaya batang pada struktur rangka atap dengan menggunakan metode keseimbangaan titik kumpul (KTK).
3. Analisa perbandingan antara struktur rangka atap sambungan sentris dan rangka atap sambungan non sentris dengan menggunakan program komputer *SolidWorks.*

4.1.1.1 Analisa Kapasitas Profil Menggunakan Material Baja Ringan

Propertis material Lip Channel 75 x 32,8 x 7,95 x 0,82 mm



Gambar 4.1. Penampang profil *lip channel*

A = 125,6404 mm^2

Fy = 285 MPa

E = 85.000 MPa

t_w = 0,82 mm

D_w = 75 mm

Tabel 4.2 Tabel hasil perhitungan kapasitas profil

Komponen	Hasil
Kapasitas momen (Mc)	0,6909 kNm
Kapasitas batang tekan (Pcs)	15,891 kN
Kapasitas batang tarik (Pt)	27,251 kN

Tabel 4.3 Hasil perhitungan gaya batang

Nama Batang	Tarik	Tekan
AC	2,22 P	-
CD	2,22 P	-
DE	1,47 P	-
EF	2,22 P	-
FB	2,22 P	-

AG	-	2,68 P
GH	-	2,22 P
HI	-	2,22 P
IB	-	2,68 P
CG	0	0
DG	-	0,83 P
DH	1,47 P	-
EH	1,47 P	-
EI	-	0,83 P
FI	0	0

4.2.2 Perhitungan Defleksi

Untuk menghitung defleksi (*displacement*) digunakan metode beban satuan dimana hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Tabel perhitungan defleksi

Batang	L (mm)	EA (N)	F (N)	u	FuL/EA (mm)
AG	1800	10679434	-2.68 P	-0.9	0.0004065 P
GH	1800	10679434	-2.22 P	-0.9	0.0003368 P
HI	1800	10679434	-2.22 P	-0.9	0.0003368 P
IB	1800	10679434	-2.68 P	-0.9	0.0004065 P
AC	1000	10679434	2.22 P	0.75	0.0001559 P
CD	1000	10679434	2.22 P	0.75	0.0001559 P
DE	1000	10679434	1.47 P	0.75	0.0001032 P
EF	1000	10679434	2.22 P	0.75	0.0001559 P
FB	1000	10679434	2.22 P	0.75	0.0001559 P
CG	1120	10679434	0 P	0	0 P
DG	1120	10679434	-0.83 P	0	0 P
DH	2240	10679434	1.47 P	0	0 P
EH	2240	10679434	1.57 P	0	0 P
EI	1120	10679434	-0.83 P	0	0 P
FI	1120	10679434	0 P	0	0 P
$\Delta = \sum F.u.L/EA$					0.0022135 P

Pada penelitian ini batas defleksi ditentukan berdasarkan peraturan *British Standard* 5950 *Part* 5 dengan ketentuan L/200 untuk *other beam* dimana panjang bentang (L) pada penelitian ini adalah 6000 mm, maka:

$\Delta = 6000/200$

$= 30$ mm

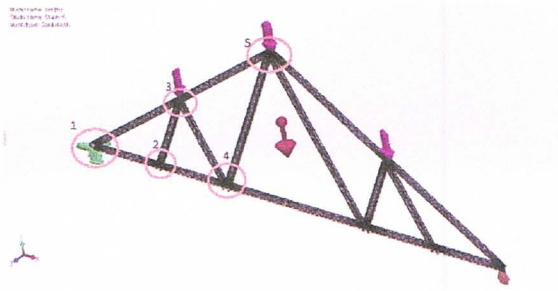
$30 = 0.0022135\ P$

$P = 30/0.0022135$

$P = 13553.441$ N

4.2. Hasil Analisa Dengan Program *SolidWorks*

Pada program *SolidWorks* ini setiap model akan dianalisa dengan *finite element method* dan akan membangi bidang berbentuk *tetrahedral*, seperti pada gambar 4.9 untuk struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan gambar 4.11 untuk struktur dengan sambungan non sentris. Hasil yang diperoleh dari output program ini terdiri atas tegangan, regangan, dan defleksi. Setelah hasil diketahui langkah selanjutnya akan dibandingkan antara struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan rangka atap dengan sambungan non sentris, untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian ini.



Gambar 4.9 Hasil *meshing* pada struktur atap dengan sambungan sentris

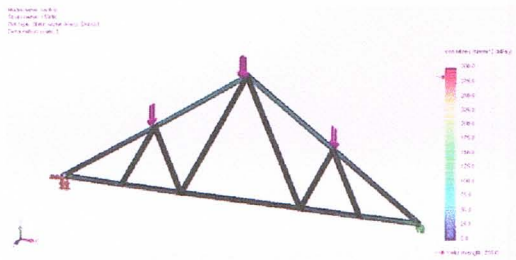
4.2.1. Distribusi Tegangan

Beban yang diberikan pada model struktur rangka atap akan menyebabkan terjadinya tegangan pada sebagian maupun seluruh bagian profil yang dianalisa. Karena analisa yang digunakan pada ini adalah *finite element method* maka dapat diketahui di mana lokasi terjadinya

tegangan yang paling besar maupun daerah kritis. Pada gambar 4.13 dan 4.14 untuk struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan gambar 4.15 dan 4.16 untuk struktur rangka atap dengan sambungan non sentris akan memperlihatkan daerah kritis atau daerah di mana tegangan yang paling besar yang ditunjukan warna merah pada gambar tersebut.

4.2.1.1 Distribusi Tegangan pada Struktur Rangka Atap dengan Sambungan Sentris

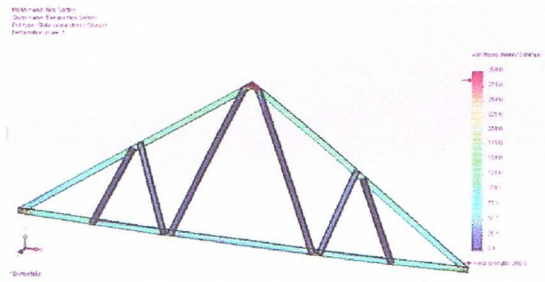
Pada model struktur rangka atap dengan sambungan sentris ini tegangan *von-mises* maksimum terjadi pada batang atas pada bagian *flens* dan *web* atau terjadi pada bagian batang yang tertekan ditunjukkan dengan warna merah dan telah mencapai tegangan maksimumnya (*yield strength*). Sedangkan tegangan pada batang diagonal masih berwarna warna biru dan hijau yang berarti belum mencapai tegangan *yield* baik pada bagian *web, flens,* dan *lips* dapat dilihat pada gambar 4.13. Lokasi yang mengalami tegangan maksimum terletak pada sambungan-sambungan rangka atau terletak pada joinnya. Tegangan maksimum telah mencapai tegangan leleh (*yield strenght*).



Gambar 4.13 Hasil *running SolidWorks* pada struktur rangka atap dengan sambungan sentris

4.2.1.2 Distribusi Tegangan pada Struktur Rangka Atap dengan Sambungan Non Sentris

Pada model struktur rangka atap dengan sambungan non sentris ini tegangan *von-mises* maksimum terjadi pada batang atas pada bagian *flens web* dan *lips* atau terjadi pada bagian batang yang tertekan dimana tegangan maksimumnya ditunjukkan dengan warna merah. Sedangkan tegangan pada batang diagonal warna biru dan hijau yang berarti belum mencapai tegangan *yield*nya baik pada bagian *web, flens,* dan *lips* akan tetapi ada juga yang berwarna merah yang berarti telah mencapai tegangan maksimumnya dapat dilihat pada gambar 4.15. Lokasi yang mengalami tegangan maksimum terletak pada sambungan-sambungan rangka atau terletak pada joinnya. Akan tetapi pada struktur rangka atap dengan sambungan non sentris tegangan maksimum lebih cepat mencapai leleh (*yield*).



Gambar 4.15 Hasil *running SolidWorks* pada struktur rangka atap dengan sambungan non sentris

4.3. Pembahasan

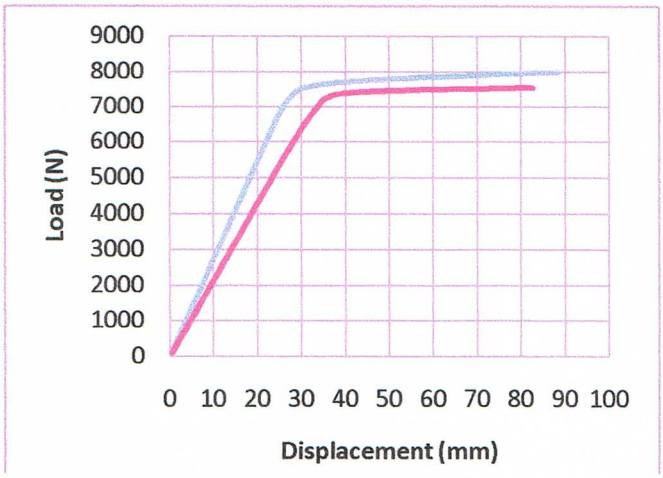
Pada penelitian ini dibuat dua buah model struktur rangka atap dengan jenis konfigurasi batang yang sama, akan tetapi dibuat dengan sambungan yang berbeda yaitu sambungan sentris dan sambungan non sentris. Dari kedua model ini menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, dimana struktur rangka atap dengan sambungan non sentris akan lebih cepat runtuh (*failure*) dibandingkan

dengan struktur rangka dengan sambungan sentris.

4.3.1. Perbandingan *Displacement*

Pada sub bab ini akan dibahas perbedaan *Displacement* yang terjadi antara dua buah model struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan struktur rangka atap dengan sambungan non sentris. Selanjutnya akan dibandingkan terhadap pembebanan antara struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan struktur rangka atap dengan sambungan non sentris. Penentuan keruntuhan pada struktur berdasarkan peraturan *Britsh Standard* dengan batas defleksi yang ditentukan.

Kegagalan lebih cepat terjadi pada struktur rangka atap dengan sambungan non sentris, dimana struktur rangka atap dengan sambungan non sentris lebih cepat mencapai batas defleksi yang disyaratkan oleh *British Standard* yaitu 30 mm. Pada struktur rangka atap dengan sambungan sentris defleksi sebesar 30 mm terjadi pada pembebanan 7600 N sedangkan pada struktur rangka atap dengan sambungan non sentris defleksi sebesar 30 mm terjadi pada pembebanan 6600 N. Ini berarti struktur rangka atap dengan sambungan non sentris hanya mampu menahan beban sekitar 86,84 % dari beban yang mampu ditahan oleh struktur rangka atap dengan sambungan sentris. Perbandingan antara kedua struktur dapat dilihat pada tabel 4.4.



Grafik 4.3 Perbandingan nilai *displacement* struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan struktur rangka atap dengan sambungan non sentris terhadap beban

Tabel 4.4 Perbandingan struktur atap sambungan sentris dan non sentris

Jenis Struktur	Beban Maksimum (N)	Persentase Selisih (%)
Struktur Sentris	7600	13,16 %
Struktur Non Sentris	6600	

Untuk data beban dan *displacement* yang terjadi pada struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan struktur rangka atap dengan sambungan non sentris dapat dillihat pada lampiran.

4.4.3 Hubungan Tegangan dan Regangan

Pada sub bab ini akan dibahas tentang hubungan antara tegangan dan regangan pada struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan struktur rangka atap dengan sambungan non sentris.

Terdapat perbedaan antara tegangan dan regangan struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan tegangan dan regangan struktur rangka atap dengan sambungan non sentris. Pada sambungan

non sentris, regangan menjadi lebih besar dibandingkan dengan struktur rangka atap dengan sambungan sentris.

V. Penutup

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini dapat dibagi menjadi beberapa poin seperti berikut ini:

1. Kegagalan terjadi pada batang yang mengalami gaya tekan (*compress*) dari struktur rangka tipe *fan* yang dianalisis.
2. Penurunan beban ultimit antara struktur rangka atap dengan sambungan sentris dan struktur rangka atap dengan sambungan non sentris ditinjau dari *displacement* yang terjadi cukuplah besar, yaitu sekitar 13,16 % dari rangka atap sentris, dimana struktur atap dengan sambungan sentris lebih kuat dibandingkan dengan struktur rangka atap non sentris.
3. Pada struktur rangka atap tipe *fan* dengan sambungan sentris mampu menahan beban sebesar 7600 N, sedangkan pada struktur rangka atap dengan sambungan non sentris hanya mampu menahan 6600 N.

5.2 Saran

Adapun saran dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Minimalkan pemasangan struktur rangka dengan sambungan yang non sentris karena hal ini dapat memperlemah struktur tersebut dalam hal memikul beban.
2. Bekali para pekerja yang akan melakukan pemasangan struktur rangka atap dengan pengetahuan akan bahayanya pemasangan dengan sambungan eksentris guna meminimalkan kesalahan pada saat pemasangan dilapangan.
3. Sebaiknya nama baja ringan yang beredar dipasaran Indonesia diganti dengan nama yang lebih sesuai dengan spesifikasi material karena material yang disebut dengan baja ringan di Indonesia sebenarnya merupakan campuran dari seng dan allumunium dan tidak memiliki unsur karbon seperti halnya baja ringan yang sebenarnya.
4. Pada penggunaan material baja ringan ini, sebaiknya kurangi penggunaan bentang batang yang besar, dikarenakan material ini umumnya sangat tipis maka menjadi sangat rentan terhadaptekuk (*buckling*) terutama untuk batang tekan

DAFTAR PUSTAKA

American Society of Civil Engineers. (2005). *ASCE/SEI7-05:Minimum design load for building and other structures.* ASCE. Virginia.

Akin, J. E. (2009). *Finite Element Analysis Concepts via SolidWorks.* Rice University, Houston, Texas

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

British Standard, Structural Use of Steelwork in Building-Part 5. Code of Partice for Design of Cold Formed Thin Gauge Section, BSI, London, 1998.

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

Dewobroto Wiryanto, (2006). *Fenomena Curling Pelat Sambungan dan Jumlah baut Minimum*, Bandung.

Kurniawan, Alex Heri dan Sembada, Enggal Puji, *Analisis Desain Batang Tarik*

dan Batang Tekan Baja Ringan. Universitas Diponogoro, 2008.

M.T, Mahmood, Cher Siang, Tan and Poi Ngian, Shek. (2006), *Typical Tests on Cold-Formed Steel Structures*, ASPEC, Kuala Lumpur, Malaysia.

M.T, Mahmood, C.M,Thong dan C.S,Thang. (2005), *Performance of Locally Produced Cold-Formed Steel Section for Roof Truss System* , Jurnal Teknologi Universiti Teknologi Malaysia Vol.42 (B) p. 11-28.

Riemann, J. A. (1996). *Behavior of compression web members in cold-formed steel truss assemblies.* University of Missouri, Rolla.

S. Anis, M.M. Tahir, P. S. Ngian, A. H. Hazlan, S. O. Bomaga and M. Mahendran. (2013). *Structural behavior of screwed beam-to-column moment connections with cold-form steel membersr.* Advanced Materials Research Vols. 2519-259 (2013), pp 1243-1247, Trans Tech Publications, Switzerlan, May 2013

Schafer, B.W. dan Pekoz, T, *Local and Distortional Buckling of Cold Formed Steel Members With Edge Stiffened Flanges*. Cornell University, 2007.
Schafer,B. W., Vieir, 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

Setiyarto, Y. D. (2011). *Studi Parametrik dan Eksperimental:Pengaruh Tata Letak Baut pada Sambungan Momen Sebidang untuk Struktur Baja Cold Formed,* Teknik Sipil UKI, Bandung. P

Setiyarto, Y. D. (2012). *Perilaku Sambungan Sekrup (Self Drilling Screw) Pada Sambungan Momen Sebidang Untuk Struktur Baja Ringan*, Teknik Sipil Unpar, Bandung.

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.

Wicaksono, Agustinus, *Panduan Konsumen Memilih Konstruksi Baja Ringan*. Penerbit Andi, Yogyakarta, 2011.

Wood, J. V. (2004). *Strength and behaviour of cold formed steel roof trusses.* Published Thesis. The University of New Brunswick, Canada.

Wildesyah, Iden. *Rangka Atap Baja Ringan untuk Semua.* Penerbit Alfabet. Bandung. 2010.

Wiryanto, Dewobroto. (2011). *Prospek dan Kendala pada Pemakaian Material Baja untuk Konstruksi Bangunan di Indonesia.* Teknik Sipil UPH. Jakarta.

Wiryanto, Dewobroto Dkk. (2006). *Perlunya Pembelajaran Baja Cold-Formed dalam Kurikulum Konstruksi Baja di Indonesia.* Teknik Sipil UH. Jakarta.

Xu, L., H. Min, H., & Schuster, R. M. (2000). *Optimum design of cold formed steel residential roof trusses.* Paper presented at the Fifteenth International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures. St. Louis, Missouri, U.S.A.

Yu, Wei-Yen, *Cold Formed Steel Design Third Edition.* John Wiley & Sons. Inc, Canada, 2000.

Zienkiewicz, O.C., dan Taylor, R.L., *The Finite Element Method Volume 1 Basis.* Penerbit CIMNE, Butterworth-Heinemann, 2000.