

**LAPORAN PENELITIAN
DANA PNBP TAHUN ANGGARAN 2012**



**ANALISIS STABILITAS ELEMEN BAJA RINGAN
SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGGANTI BAJA
KONVENSIONAL PADA RANGKA BATANG
(Studi Kasus Rangka Atap Gedung Fakultas Teknik UNG)**

KASMAT SALEH NUR, S.T., M.Eng

ARFAN UTIARAHMAN, S.T., M.T

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
SEPTEMBER 2012**

ABSTRAKSI

Rangka atap baja ringan telah banyak dipakai di Gorontalo seperti pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Pada hal sampai dengan sekarang ini belum ada standar perencanaannya. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas rangka atap baja ringan contoh kasus Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo.

Untuk mengetahui stabilitas elemen rangka atap baja ringan tersebut, maka dilakukan analisis elemen, akibat beban gravitasi, *displacement* dan beban angin. Beban – beban tersebut divariasikan hingga mencapai kekuatan batas dari elemen tersebut.

Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen rangka atap baja ringan gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo stabil terhadap beban gravitasi, dan beban angin sedangkan untuk *displacement* tidak stabil bila terjadi lebih besar dari 4,5 mm. Untuk hal ini ring balok harus tidak mengalami deformasi arah aksial, agar tidak terjadi simpangan horizontal yang besar pada perletakan (kolom).

Kata Kunci : baja ringan, rangka atap, stabilitas, beban gravitasi, beban angin, *displacement*

LEMBARAN PENGESAHAN

1. a. Judul penelitian : Analisis Stabilitas Elemen Baja Ringan Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Baja Konvensional Pada Rangka Batang (Studi Kasus Rangka Atap Gedung Fakultas Teknik UNG)
2. Ketua Penelitian
 - a. Nama Lengkap : KASMAT SALEH NUR, S.T., M.Eng.
 - b. Jenis Kelamin : Laki – Laki
 - c. NIP : 19760430 200501 1 002
 - d. Jabatan Struktural : -
 - e. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - f. Fakultas / Jurusan : Teknik / Sipil
 - g. Pusat Penelitian : Universitas Negeri Gorontalo
 - h. Alamat : Jl. Jend. Sudirman No.6 Kota Tengah, Kota Gorontalo
 - i. Telpon/Faks : (0435)821125, Fax: (0435)821752
 - j. Alamat Rumah : Jln. Pinang Utama Blok C2 No. 12 Kota Tengah Kota Gorontalo
 - k. Telpon/Faks : 085240645369/-
3. Jangka Waktu Penelitian : 6 Bulan
4. Pembiayaan : Rp. 8.500.000,00 (Delapan Juta Lima Ratus Ribu Rupiah)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Gorontalo, September 2012
Ketua Peneliti,

Ir. Rawiyah Husnan, M.T.
Nip. 19640427 199403 2 001

Kasmat Saleh Nur, S.T., M.Eng
NIP. 19760430 200501 1 002

Menyetujui :
Ketua Lembaga Penelitian

Dr. Fitryane Lihawa, M.Si
NIP. 19691209 199303 2 001

IDENTITAS PENELITIAN

1. Judul Usulan : Analisis Stabilitas Elemen Baja Ringan Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Baja Konvensional Pada Rangka Batang (Studi Kasus Rangka Atap Gedung Fakultas Teknik UNG)
2. Ketua Peneliti
 - a) Nama Lengkap : Kasmat Saleh Nur, S.T., M.Eng.
 - b) Bidang Keahlian : Teknik Sipil Struktur
 - c) Jabatan Struktural : -
 - d) Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - e) Unit Kerja : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNG
 - f) Alamat Surat : Jln. Pinang Utama Blok C2 No. 12 Kota Tengah Kota Gorontalo
 - g) Telpon/Fax : -
 - h) E-mail : kasmatnur@yahoo.co.id

3. Anggota Peneliti :

No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Mata Kuliah Yang di Ampu	Institusi	Alokasi Waktu (Jam/Minggu)
1	Arfan Utiahman, S.T, M.T	Manajemen Konstruksi	Manajemen Konstruksi	UNG	6

4. Objek Penelitian : Rangka baja ringan
5. Masa Pelaksanaan Penelitian :
 - Mulai : Maret 2012
 - Berakhir : September 2012
6. Anggaran yang diusulkan : Rp. 8.500.000,00 (Delapan Juta Lima Ratus Ribu Rupiah)
7. Lokasi Penelitian : Fakultas Teknik UNG
8. Hasil yang ditargetkan
Ditemukannya solusi stabilitas rangka atap baja ringan
9. Keterangan lain yang dianggap perlu

KATA PENGANTAR

Dengan segala keterbatasan yang kami miliki, kami mengucapkan segala puji bagi Allah yang telah memberikan kekuatan, kesehatan dan kesempatan kepada kami sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Melalui kesempatan ini pula kami menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Negeri Gorontalo yang telah mendanai penelitian ini melalui Dana PNBPN Tahun Anggaran 2012, serta kepada semua orang yang tidak dapat kami sebut satu persatu.

Semoga hasil penelitian ini dapat menambah pengetahuan pembaca dan menjadi referensi dalam penggunaan baja ringan pada rangka atap.

Hormat kami,

Tim Peneliti.

DAFTAR ISI

LEMBARAN JUDUL.....	i
ABSTRAKSI	ii
LEMBARAN PENGESAHAN.....	iii
IDENTITAS PENELITIAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Fokus Masalah	2
1.3. Perumusan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	3
2.1. Rangka Batang (<i>Truss</i>)	3
2.2. Stabilitas Rangka Baja Bidang	4
2.3. Baja Ringan (<i>Cold Frame</i>)	4
2.4. Rangka Atap Baja Ringan	5
2.5. Perilaku Struktur dari Elemen Tekan dan Kriteria Desain	7
2.6. <i>Flexural Members</i>	11
2.7. Analisis Torsi dari Balok	12
2.8. <i>Compression Members</i>	13
2.8.1. <i>Yielding</i>	15
2.8.2. Tekuk Lentur Kolom	15
2.8.3 Tekuk Torsi dan Tekuk Lentur – Torsi.....	16
2.8.4 Tekuk Lokal.....	16

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	18
	3.1. Latar Penelitian	18
	3.2. Pendekatan dan Jenis Penelitian	18
	3.3. Kehadiran Peneliti	18
	3.4. Data dan Sumber Data	18
	3.5. Prosedur Pengumpulan Data.....	18
	3.6. Pengecekan Keabsahan Data	19
	3.7. Analisis Data.....	19
	3.8. Tahap-Tahap Penelitian	19
	3.9. Teknis Analisis Data.....	19
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	21
	4.1. Deskripsi Hasil Penelitian	21
	4.1.1 Data Material Baja Ringan dan Pemodelan	21
	4.1.2 Hasil Penelitian	25
	4.2. Pembahasan.....	28
BAB V.	SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN.....	31
	5.1 Simpulan	31
	5.2 Implikasi	31
	5.3 Saran	31
	DAFTAR PUSTAKA	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Nilai k untuk menghitung tegangan tekuk kritis.....	8
Tabel 4.1	Hasil analisis kekuatan elemen 26 dan 29 akibat beban pada atap..	26
Tabel 4.2	Hasil analisis kekuatan elemen 5 dan 6 akibat beban pada plafond	26
Tabel 4.3	Hasil analisis kekuatan elemen 14 dan 16 akibat <i>displacement</i>	27
Tabel 4.4	Hasil analisis kekuatan elemen tarik 1 dan 15 akibat <i>displacement</i> tarik	27
Tabel 4.5	Hasil analisis kekuatan elemen 26 dan 29 akibat <i>displacement</i> vertikal	28
Tabel 4.6	Hasil analisis kekuatan elemen 28 akibat beban angin.....	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Rangka batang bidang	4
Gambar 2.2.	Proses pembentukan profil baja (Yu, 2000).....	5
Gambar 2.3.	Berbagai macam bentuk penampang baja ringan.....	6
Gambar 2.4.	Struktur kuda-kuda baja ringan	6
Gambar 2.5.	Tekuk lokal dari <i>hat-shaped beam</i>	7
Gambar 2.6.	Aksi <i>postbuckling</i> pada model plat persegi.....	9
Gambar 2.7.	Distribusi tegangan pada elemen tekan	10
Gambar 2.8.	Lebar efektif dari elemen tekan.....	10
Gambar 2.9.	Distribusi tegangan untuk momen leleh.....	12
Gambar 2.10.	Aplikasi momen torsi pada balok.....	13
Gambar 2.11.	Distribusi tegangan: a) tegangan <i>warping longitudinal</i> , dan b) tegangan <i>warping shear</i>	14
Gambar 2.12.	Grafik AISI untuk menghitung panjang kritis (Yu, 2000).	17
Gambar 3.1.	Diagram alir penelitian	20
Gambar 4.1.	Sampel uji tarik baja ringan : (a) benda uji sebelum ditarik, (b) benda uji setelah ditarik.....	21
Gambar 4.2.	Grafik hubungan tegangan dan regangan	22
Gambar 4.3.	Penampang melintang profil-C dalam satuan mm (rangka atap gedung Fatek UNG)	22
Gambar 4.4.	Rangka atap baja ringan gedung Fatek UNG.....	23
Gambar 4.5.	Pola pembenanan rangka atap baja ringan	24
Gambar 4.6.	Diagram gaya batang akibat beban terpusat di bagian atas.....	25
Gambar 4.7.	Diagram gaya batang akibat beban pada atap	26
Gambar 4.8.	Diagram gaya batang akibat beban pada plafond.....	26
Gambar 4.9.	Diagram gaya batang akibat <i>displacement</i> (tekan).....	27
Gambar 4.10.	Diagram gaya batang akibat <i>displacement</i> horisontal (tarik).....	27
Gambar 4.11.	Diagram gaya batang akibat <i>displacement</i> vertikal.....	28
Gambar 4.12.	Diagram gaya batang akibat beban angin.....	28

DAFTAR NOTASI

A	: Luas penampang
b	: Lebar efektif plat tekan
D	: Konstanta kekakuan plat
E	: Modulus elastisitas
E_r	: Modulus reduksi
E_t	: Modulus tangen
F	: Tegangan plat
f_{cr}	: Tegangan tekuk kritis
F_u	: Tegangan putus
F_y	: Tegangan leleh
F_{yc}	: Tegangan leleh pada sudut penampang
F_{yf}	: Tegangan leleh pada sayap
G	: Modulus geser
I	: Momen inersia
I_1	: Momen inersia sumbu utama setelah <i>unloading</i>
I_2	: Momen inersia sumbu utama setelah <i>loading</i>
J	: Konstanta torsi
k	: Konstanta tekuk
L	: Panjang lengan torsi
M_n	: Momen nominal
M_u	: Momen ultimit
M_y	: Momen leleh
P_e	: Beban elastis
P_T	: Beban tangen
P_y	: Beban leleh
r	: Jari-jari girasi
S_e	: Modulus penampang elastis
t	: Tebal plat bidang tekan
w	: Lebar plat bidang tekan
μ	: <i>Poisson ratio</i>

- ϕ_b : Faktor reduksi lentur
 σ_e : Tegangan elastis
 σ_r : Tegangan reduksi
 σ_T : Tegangan tangen
 σ_w : Tegangan *warping* longitudinal
 τ_w : Tegangan geser *warping*

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil perhitungan gaya batang akibat beban pada atap.....	33
Lampiran 2.	Hasil perhitungan gaya batang akibat beban pada plafond	34
Lampiran 3.	Hasil perhitungan gaya batang akibat <i>displacement</i> horisontal tekan	35
Lampiran 4.	Hasil perhitungan gaya batang akibat <i>displacement</i> horisontal tarik.....	36
Lampiran 5.	Hasil perhitungan gaya batang akibat beban angin	37
Lampiran 6.	Foto Pengukuran Dimensi Penampang Baja Ringan Rangka Atap Gedung Fatek Ung Dan Pengujian Tarik.....	38
Lampiran 7.	Daftar Riwayat Hidup.....	39
Lampiran 8.	Surat Keputusan Penelitian.....	41

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Gorontalo merupakan daerah yang sangat rawan terhadap gempa, yang menurut Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI -1726-2002) masuk dalaman zona 5. Daerah yang masuk Wilayah Gempa 5 dan 6 merupakan daerah dengan resiko gempa tinggi. Karena gempa merupakan fenomena alam yang tidak bisa ditebak, baik besar maupun waktu kejadiannya, maka satu satunya cara yang harus ditempuh adalah memperkuat bangunan tersebut.

Memperkuat bangunan dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah membuat struktur bangunan seringan mungkin. Karena makin ringan material dari pembentuk bangunan maka makin kecil pula gaya gempa yang bekerja pada bangunan tersebut dan sebaliknya. Akan tetapi harus memenuhi syarat kekuatan, ketahanan, daktil dan sifat mekanika bahan lainnya.

Salah satu material yang sekarang ini banyak dipakai sebagai pengganti material kayu atau baja konvensional adalah baja ringan (*cold frame*). Dimana material ini dipakai sebagai rangka atap pada bangunan-bangunan sipil.

Bentuk penampang material ini sangat terbatas, tipis dan umumnya memiliki satu sumbu simetris. Pada hal secara teoritis gaya – gaya dalam rangka batang (*truss*) adalah tekan atau tarik, bila menerima beban gravitasi. Akan tetapi bila mengalami beban gempa maka batang yang sebelumnya mengalami tarik akan mengalami tekan. Batang yang mengalami tekan sangat rentang terhadap tekuk. Sedangkan dilihat dari sambungan struktur rangka batang (*truss*) baja ringan akan menimbulkan momen akibat tidak konsentrisnya sambungan. Bila momen yang terjadi membesar maka akan terjadi tekuk.

Tekuk pada batang akan menyebabkan instabilitas yang pada akhirnya akan menyebabkan kegagalan pada rangka atap. Oleh sebab itu dilakukan penelitian stabilitas rangka atap baja ringan pada bangunan Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo.

1.2. Fokus Masalah

Salah satu prinsip utama dalam merencanakan sebuah bangunan sipil atau non sipil adalah stabilitas, oleh karenanya penelitian ini difokuskan pada stabilitas elemen rangka baja ringan secara umum dan khususnya rangka atap baja ringan gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Stabilitas sambungan tidak ditinjau.

1.3. Perumusan Masalah

Rangka atap baja ringan telah banyak dipakai akan tetapi secara teoritis masih terdapat masalah pada :

1. Bentuk penampannya tipis dan memiliki satu sumbu simetris;
2. Sambungan pada titik-titik buhul tidak konsentris;
3. Alat sambung yang digunakan berupa rivet.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui stabilitas elemen rangka atap baja ringan contoh kasus Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah menemukan solusi perbaikan stabilitas atas kelemahan yang terdapat pada rangka baja ringan yang sekarang ini telah banyak dipakai di Indonesia.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Rangka Batang (*Truss*)

Rangka batang merupakan konfigurasi batang-batang lurus individual yang satu sama lain dihubungkan melalui sendi disetiap ujungnya sehingga keseluruhannya menyusun kesatuan struktural. Kesemua rangka batang pada hakekatnya merupakan struktur 3 dimensi, tetapi biasanya diuraikan menjadi bagian-bagian berupa rangka bidang dengan seluruh aksi-aksi beban dan reaksi bekerja dalam bidangnya.

Rangka batang bidang, penyusunannya berdasarkan pada anggapan-anggapan :

1. Semua gaya-gaya eksternal hanya bekerja terpusat di titik-titik buhul;
2. Sambungan antar ujung batang dihubungkan konsentris melalui sendi-sendi tanpa terjadi perlawanan terhadap geser;
3. Masing-masing batang hanya menopang aksi tegangan-tegangan aksial yang nilainya dianggap konstan sepanjang batangnya.

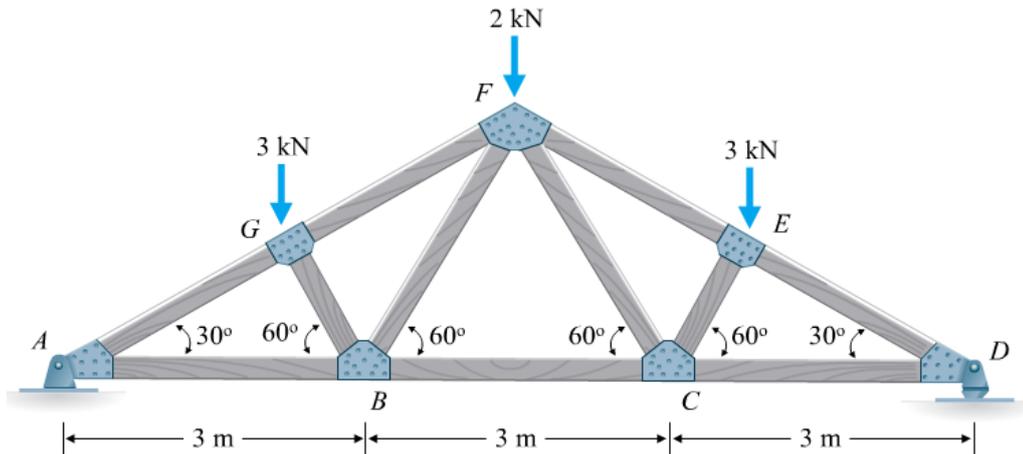
Anggapan-anggapan tersebut merupakan idealisasi dari perkiraan kondisi-kondisi yang seharusnya tersusun berdasarkan mekanika statis tertentu. Sedangkan dalam praktek pada umumnya :

1. Sambungan titik buhul menggunakan baut, keling, atau las;
2. Batang – batang biasanya tidak terlalu dapat disambung konsentris;
3. Berat sendiri setiap batang bekerja sebagai beban terbagi rata disepanjang bentangnya.

Penyimpangan praktek terhadap model anggapan seperti tersebut di atas mengakibatkan munculnya tegangan-tegangan sekunder. Meski dikerjakan dengan mengabaikan dampak sekunder, analisis struktur rangka batang yang termasuk sebagai analisis primer biasanya dinilai cukup aman dan memadai.

2.2. Stabilitas Rangka Baja Bidang

Instabilitas rangka batang dapat disebabkan oleh bentuk geometrik yang tidak stabil, beban berlebihan, salah satu batang mengalami kegagalan dan akibat terjadi perbedaan antara perencanaan/analisis dengan praktek (pelaksanaan).



Gambar 2.1. Rangka batang bidang

Stabilitas geometrik dapat dibagi menjadi stabil eksternal dan stabil internal. Stabil eksternal jika reaksi perletakan/ tumpuan tidak konkuren dan tidak paralel. Sedangkan stabil internal jika memenuhi Persamaan 2.1.

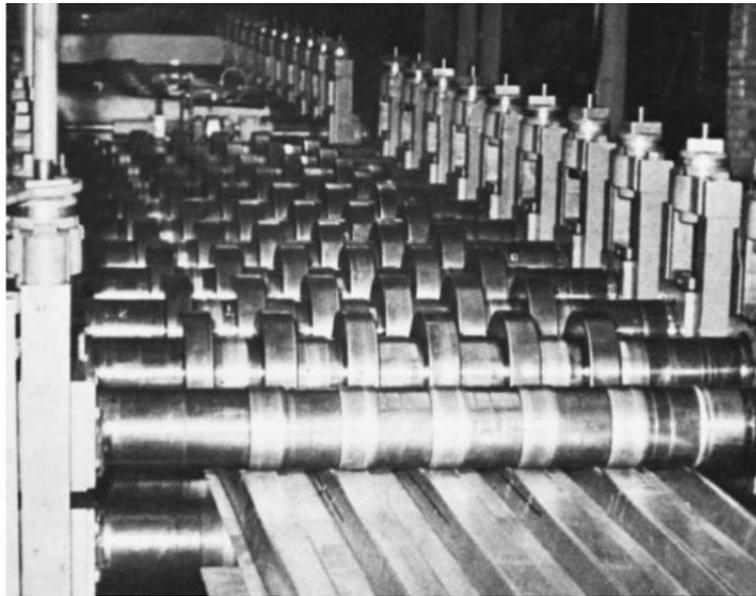
$$b + r < 2s \quad (2.1)$$

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa gaya yang bekerja pada batang adalah gaya aksial, dimana gaya aksial dapat diuraikan menjadi gaya tekan dan tarik. Gaya tekan yang berlebihan pada batang dapat menyebabkan batang tertekuk (tekuk lokal atau global). Bila beban terus bertambah akan terjadi instabilitas pada batang, yang pada akhirnya akan terjadi kegagalan struktur.

2.3. Baja Ringan (*Cold Frame*)

Profil struktur baja *cold formed steel (CFS)* adalah komponen yang berkualitas struktural dari lembaran baja yang dibentuk model tertentu dengan proses *press-braking* atau *roll forming* (Gambar 2.2 dan 2.3). Suhu tidak diperlukan dalam proses pembentukan (tidak seperti baja *hot-rolled*), oleh sebab itu disebut *cold-formed*. Biasanya baja *cold-formed* merupakan komponen yang

tipis, ringan, mudah untuk diproduksi, dan murah dibandingkan baja *hot-rolled* (Mutawalli, 2007).



Gambar 2.2. Proses pembentukan profil baja (Yu, 2000)

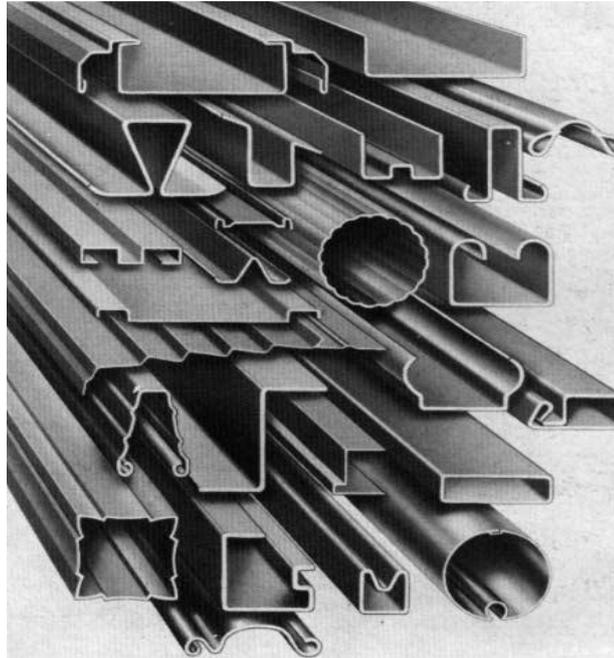
Variasi dari ketebalan baja memungkinkan untuk berbagai keperluan penerapan struktural dan non-struktural.

2.4. Rangka Atap Baja Ringan

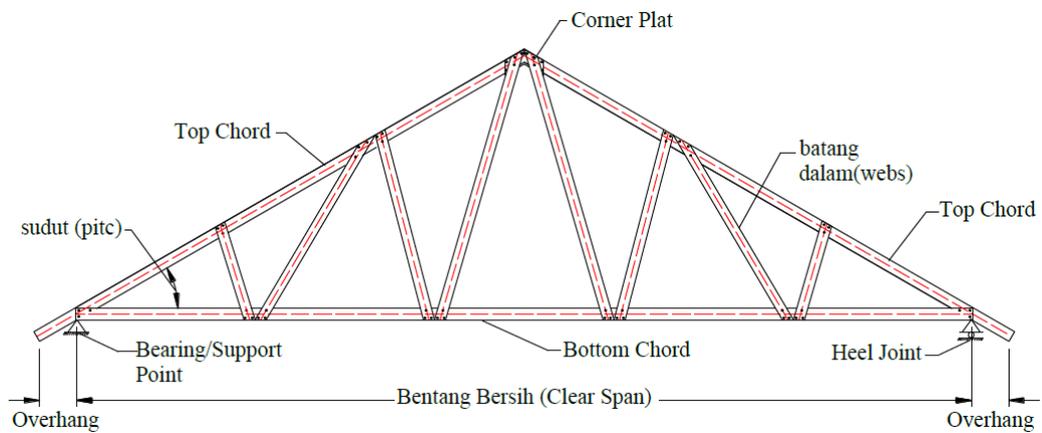
Rangka atap (*roof truss*) adalah sistem struktur yang berfungsi untuk menopang/ menyangga penutup atap, dengan elemen-elemen pokok yang terdiri dari: kuda-kuda (*truss*), usuk/ kasau (*rafter*), dan reng (*roof batten*). *Truss* merupakan struktur rangka batang (kuda-kuda) sebagai penyangga utama rangka atap, yang terdiri dan batang utama luar (*chords*) dan batang dalam (*webs*), dan yang berfungsi untuk menahan gaya aksial (tarik dan tekan), maupun momen lentur. Gambar 2.4 di bawah ini merupakan contoh struktur kuda-kuda baja ringan.

Profil baja ringan yang beredar di pasaran Indonesia dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

- 1) Profil C, ketebalan 0,75 mm dan 1 mm, digunakan pada fabrikasi kuda-kuda (*truss*), dan usuk (*rafter*).
- 2) Profil A dengan ketebalan antara 0,4 mm sampai 0,7 mm (idealnya 0,55 mm), yang biasa digunakan sebagai reng.



Gambar 2.3. Berbagai macam bentuk penampang baja ringan



Gambar 2.4. Struktur kuda-kuda baja ringan

Dalam perakitan dan pemasangan struktur rangka atap baja ringan, perlu diperhatikan ketentuan pemilihan dan pemasangan alat sambung agar diperoleh sistem struktur yang stabil, kuat, dan tidak merusak lapisan anti karat. Alat sambung yang digunakan biasanya berupa baut (*screw*) khusus, yang terbuat dari baja mutu tinggi, dan telah dilengkapi lapisan anti karat (*coating*), seperti halnya elemen-elemen struktur ringan yang digunakan. Hal ini harus diperhatikan karena beberapa alasan :

- 1) Untuk menjamin stabilitas kekuatan dan kekakuan struktur, maka diperlukan alat sambung dengan kekuatan dan kekakuan yang minimal sama dengan elemen/ komponen utama sistem struktur.
- 2) Alat sambung harus dilapisi dengan lapisan anti karat yang sama dengan elemen/ komponen struktur, karena jika terjadi korosi pada baut, maka akan ada resiko penjalaran korosi pada elemen/ komponen struktur baja ringan itu sendiri.

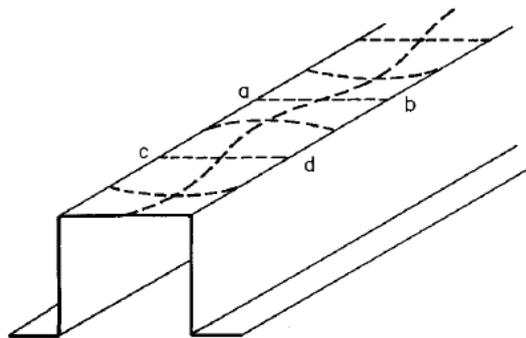
Biasanya spesifikasi baut yang memenuhi persyaratan untuk digunakan pada struktur rangka atap baja ringan adalah Jenis Self Drilling Screw(SDS), adapun baut yang digunakan untuk usuk (rafter) adalah SDS Tipe 12- 14×20 HEX dan baut untuk digunakan untuk menyambung reng Tipe 10- 16×26 HEX.

2.5. Perilaku Struktur dari Elemen Tekan dan Kriteria Desain

2.5.1. Kekakuan Elemen Tekan

- *Yeilding*

Kekuatan dari kekakuan elemen tekan seperti tekan pada tepi dari penampang *hat* akan ditentukan oleh *yeilding* jika rasio lebar terhadap tebal (w/t) relatif kecil. Sebaliknya bila rasio w/t relatif besar maka tekuk lokal terjadi pada level tegangan yang lebih rendah dari *yield point* (lihat Gambar 2.5).



Gambar 2.5. Tekuk lokal dari *hat-shaped beam*

- *Elastic Local Buckling Stress of Plates*

Sebuah plat persegi dengan tumpuan sederhana mengalami tekan yang merata dalam satu arah akan tertekuk dalam dua arah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.6. Meskipun demikian untuk elemen individual biasanya memiliki

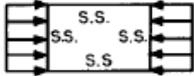
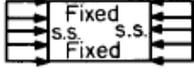
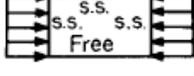
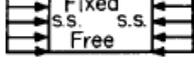
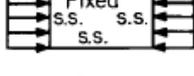
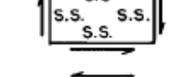
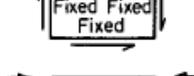
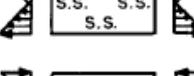
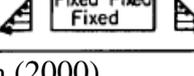
panjang yang lebih besar dari lebar seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 2.6.

Tegangan tekuk kritis dari plat empat persegi panjang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.2,

$$f_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{w}{t}\right)^2} \quad (2.2)$$

Nilai k , dapat dilihat pada Table 2.1.

Tabel 2.1. Nilai k untuk menghitung tegangan tekuk kritis.

Case	Boundary condition	Type of stress	Value of k for long plate
(a)		Compression	4.0
(b)		Compression	6.97
(c)		Compression	0.425
(d)		Compression	1.277
(e)		Compression	5.42
(f)		Shear	5.34
(g)		Shear	8.98
(h)		Bending	23.9
(i)		Bending	41.8

Sumber : Wei-Wen (2000)

- *Buckling of plates in the Inelastic Range.*

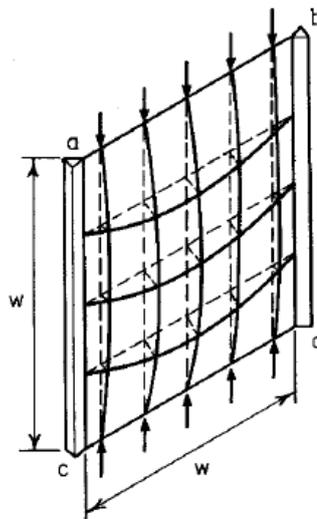
Ketika tegangan tekan pada plat dalam satu arah melampaui batas proporsional dari baja, maka plat baja akan bersifat *anisotropic*. Untuk menghitung tegangan tekuk kritis untuk tekuk plastis dari plat adalah :

$$f_{cr} = \frac{k\pi^2\sqrt{EE_t}}{12(1-\mu^2)\left(\frac{w}{t}\right)^2} \quad (2.3)$$

- *Postbuckling strength* dan *Effective Design Width*

Tekuk lokal baja ringan ini sering menjadi salah satu kriteria utama dalam mendesain. Sehingga beban desain harus dihitung cukup aman terhadap ketidak stabilan lokal dengan mempertimbangkan kekuatan setelah tekuk (*postbuckling*).

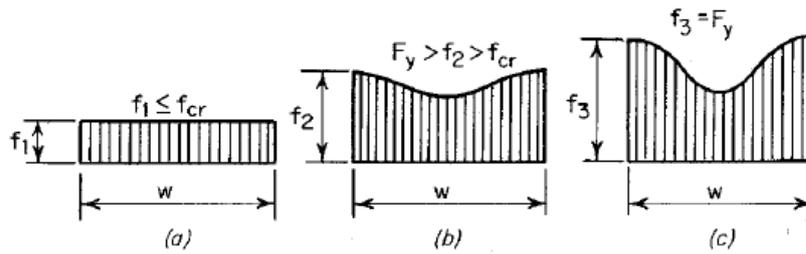
Mekanisme aksi *postbuckling* mudah divisualisasikan dari model plat persegi seperti yang tunjukan pada Gambar 2.6. Bagian *abcd* merupakan sayap yang mengalami tekan dari elemen penampang *hat* ditunjukkan dalam Gambar 2.5. Setelah plat mulai tertekuk, batang horizontal dalam model grid akan bertindak sebagai batang tarik untuk melawan peningkatan defleksi pada serat memanjang.



Gambar 2.6 Aksi *postbuckling* pada model plat persegi.

Sebelum tekuk terjadi distribusi tegangan merata pada plat, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7a. Setelah tekuk distribusi tegangan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7b. Redistribusi tegangan berlanjut sampai plat di tepi mencapai leleh dan kemudian plat mulai gagal (Gambar 2.7c).

Perilaku *postbuckling* pada plat dapat dianalisis dengan menggunakan *large deflection theory*. Persamaan differensial (Persamaan 2.4) untuk defleksi besar tekuk plat diperkenalkan oleh von Karman pada tahun 1910 (dalam Wei-Wen (2000)).

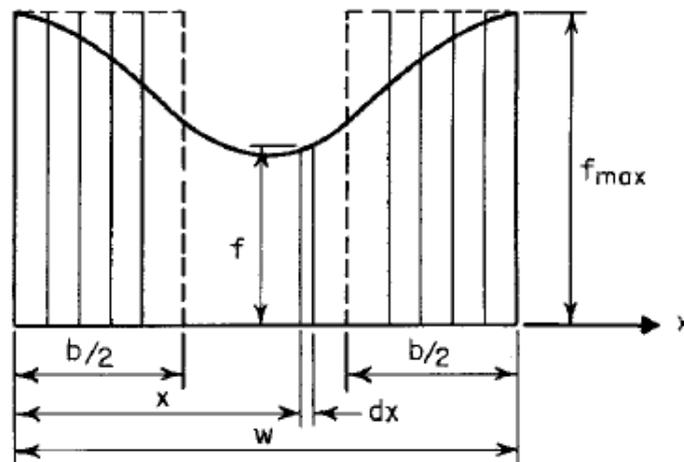


Gambar 2.7. Distribusi tegangan pada elemen tekan

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{t}{D} \left(\frac{\partial^2 F}{\partial y^2} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - 2 \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (2.4)$$

Dimana : F = tegangan pada serat tengah plat

Telah ditemukan bahwa solusi dari persamaan diferensial untuk *large deflection theory* memiliki aplikasi kecil dalam desain praktis karena kompleksitasnya. Untuk alasan ini konsep “lebar efektif” diperkenalkan oleh von Karman et al. tahun 1932. Dalam pendekatan ini tidak mempertimbangkan distribusi tegangan yang tidak merata diseluruh lebar w , melainkan mengasumsikan bahwa beban total dilakukan pada lebar efektif b , dimana distribusi tegangannya sama seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Lebar efektif dari elemen tekan

Dalam hal ini juga dapat dianggap bahwa lebar b yang efektif merupakan lebar tertentu dari plat yang tertekuk ketika tegangan tekan mencapai titik leleh baja. Oleh karenanya untuk plat panjang, nilai teoritis b dapat ditentukan dengan Persamaan 2.5.

$$f_{cr} = F_y = \frac{\pi^2 E}{3(1-\mu^2) \left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (2.5)$$

atau

$$b = Ct \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,9t \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.6)$$

bilamana $w > b$,

$$f_{cr} = \frac{\pi^2 E}{3(1-\mu^2)\left(\frac{w}{t}\right)^2} \quad (2.7)$$

atau

$$w = Ct \sqrt{\frac{E}{f_{cr}}} \quad (2.8)$$

hubungan antara w dan b dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{b}{w} = \sqrt{\frac{f_{cr}}{F_y}} \quad (2.9)$$

2.6. Flexural Members

Dalam mendesain batang lentur dari baja ringan, yang pertama dipertimbangkan adalah kapasitas tahanan momen dan kekakuan batang tersebut. Kedua adalah mengecek badan balok terhadap geser, kombinasi lentur dan geser, *web crippling*, dan kombinsi lentur dan *web crippling*.

Untuk kapasitas tahanan terhadap momen, metode LRFD mensyaratkan sebagai berikut,

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (2.10)$$

dimana momen nominal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini,

$$M_n = M_y = S_e F_y \quad (2.11)$$

Efek dari pengerjaan dingin pada kekuatan lentur untuk sifat mekanikanya diabaikan. Ketika efek dari kerja dingin digunakan dalam penentuan kekuatan lentur, perhitungan desain dapat dilakukan dengan salah satu dari dua pendekatan berikut :

1. Pertimbangkan peningkatan *yield point* di sudut karena pekerjaan dingin dan mengabaikan efek dari pekerjaan dingin di semua bagian datar dari penampang. Peningkatan *yield point* dapat ditemukan baik dengan menggunakan Persamaan (2.12) atau dengan pengujian.

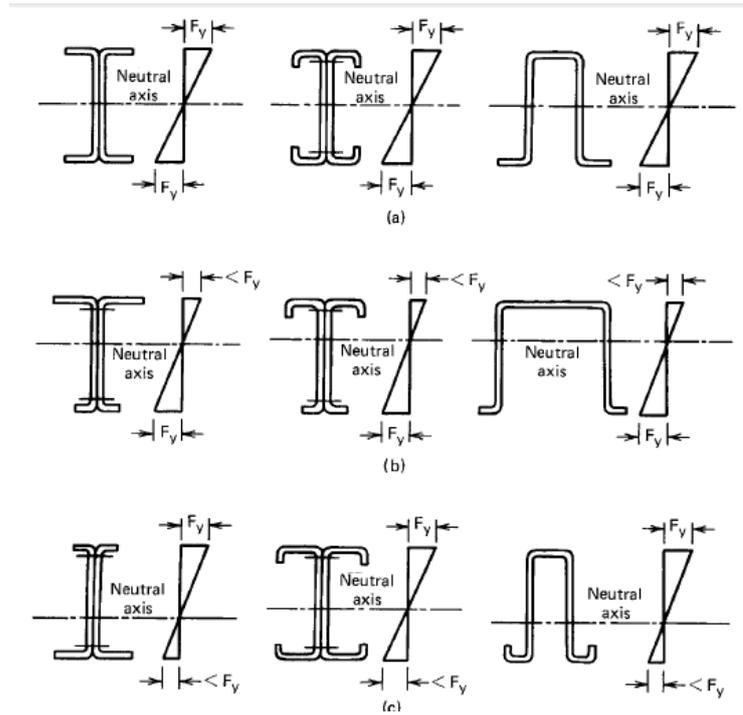
$$\frac{F_{yc}}{F_y} = \left(\frac{R}{t}\right)^m \quad (2.12)$$

dimana,

$$B_c = 3,69 \frac{F_u}{F_y} - 0,819 \left(\frac{F_u}{F_y} \right)^2 - 1,79 \quad (2.13)$$

$$m = 0,192 \frac{F_u}{F_y} - 0,068 \quad (2.14)$$

2. Pertimbangkan efek dari pekerjaan dingin untuk sudut dan semua elemen datar. Persamaan (2.15) dapat digunakan untuk menghitung rata-rata *yield point* dari seluruh penampang.



Gambar 2.9 Distribusi tegangan untuk momen leleh.

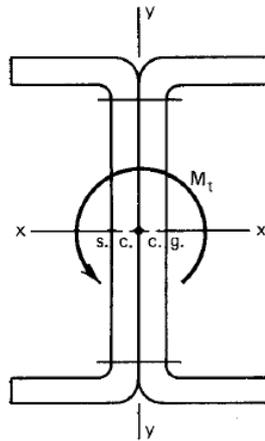
$$F_y = C F_{yc} + (1 - C) F_{yf} \quad (2.15)$$

dimana,

$$F_{yc} = \frac{B_c F_y}{\left(\frac{R}{t} \right)^m}, \text{ ksi} \quad (2.16)$$

2.7. Analisis Torsi dari Balok

Ketika momen torsi diaplikasikan pada balok seperti pada Gambar 2.10, elemen balok akan mengalami tegangan *warping longitudinal*, tegangan geser murni torsi, dan tegangan geser *wrapping*.



Gambar 2.10 Aplikasi momen torsi pada balok.

Tegangan *warping longitudinal* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma_w = E\omega_n\phi'' \quad (2.17)$$

dimana,

$$\omega_n = \frac{1}{A} \int_0^t \omega_0 t ds - \omega_0 \quad (2.18)$$

$$\omega_0 = \int_0^s \rho_0 ds \quad (2.19)$$

dan untuk menghitung tegangan *warping shear* dapat menggunakan persamaan berikut,

$$\tau_w = -\frac{ES_\omega\phi'''}{t} \quad (2.20)$$

dimana,

$$S_\omega = \int_0^s \omega_n t ds \quad (2.21)$$

ϕ''' adalah diferensial orde tiga dari rotasi sudut, ϕ .

2.8. Compression Members

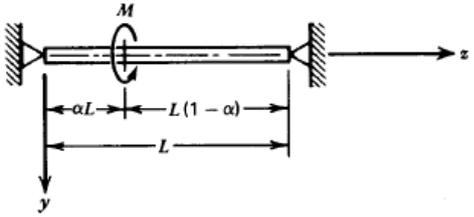
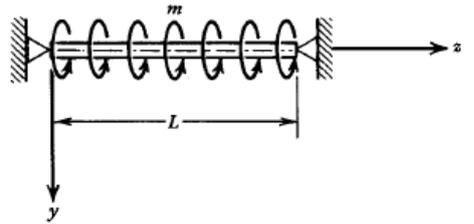
Baja ringan terbuat dari bahan yang tipis dan dalam banyak kasus pusat geser tidak berimpit dengan sumbu pusat penampang. Oleh karenanya dalam mendesain elemen/ batang tekan harus mempertimbangkan keadaan batas yang tergantung konfigurasi penampang, ketebalan bahan, panjang kolom, sebagai berikut :

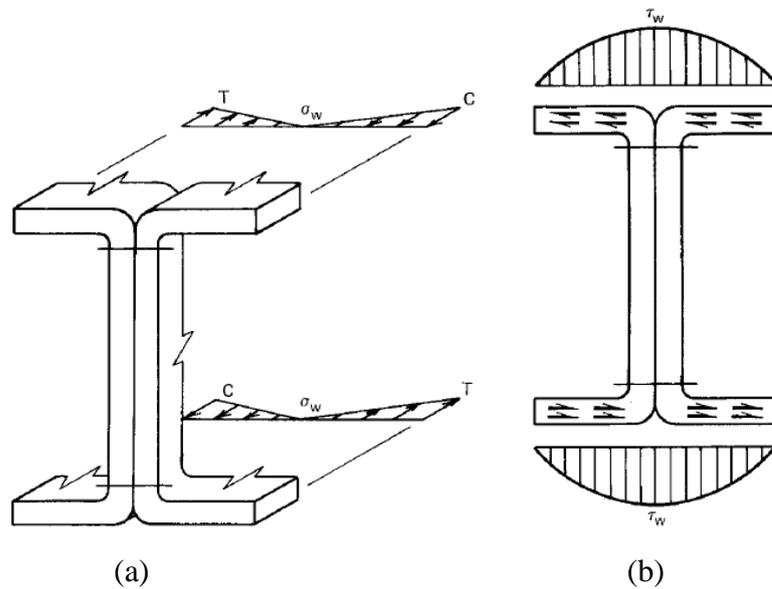
1. *Yielding*
2. Tekuk kolom :

- a. Tekuk lentur : lentur pada sumbu utama
- b. Tekuk torsi : berputar pada pusat geser
- c. Tekuk torsi – lentur : melendut dan berputar bersama-sama

3. Tekuk lokal

Tabel 2.2 Persamaan rotasi sudut

Loading Condition	ϕ
	<p>For $0 \leq z \leq \alpha L$;</p> $\phi = \frac{ML}{GJ} \left[(1 - \alpha) \frac{z}{L} + \left(\frac{\sinh \lambda \alpha L}{\tanh \lambda L} - \cosh \lambda \alpha L \right) \frac{1}{\lambda L} \sin \lambda z \right]$ <p>For $\alpha L \leq z \leq L$</p> $\phi = \frac{ML}{GJ} \left[(L - z) \frac{\alpha}{L} + \frac{1}{\lambda L} \left(\frac{\sinh \lambda \alpha L \sinh \lambda z}{\tanh \lambda L} - \sinh \lambda \alpha L \cosh \lambda z \right) \right]$
	$\phi = \frac{m}{GJ\lambda^2} \left[\frac{\lambda^2 L^2}{2} \left(\frac{z}{L} - \frac{z^2}{L^2} \right) + \cosh \lambda z - \tanh \frac{\lambda L}{2} \sinh \lambda z - 1 \right]$



Gambar 2.11 Distribusi tegangan: a) tegangan *warping longitudinal*, dan b) tegangan *warping shear*

2.8.1. Yielding

Perlu diketahui bahwa kolom mungkin akan mengalami kegagalan akibat beban aksial pada keadaan *yielding*. Maka beban *yield* secara sederhana dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.22,

$$P_y = AF_y \quad (2.22)$$

2.8.2. Tekuk Lentur Kolom

- Tekuk elastis

Sebuah kolom yang ramping mungkin akan gagal secara keseluruhan oleh tekuk lentur jika penampangnya memiliki dua sumbu simetris (I-section), bentuk tertutup (penampang kotak berlubang), bentuk silinder atau penampang-Z. Untuk penampang yang hanya memiliki satu sumbu simetris, tekuk lentur merupakan salah satu bentuk kegagalan yang dapat terjadi. Jika kolom memiliki penampang selain bentuk di atas, tetapi terhubung ke bagian lain dari struktur seperti diselubungi oleh dinding, juga dapat gagal oleh tekuk lentur.

Beban kritis tekuk elastis untuk kolom panjang dapat ditentukan dengan rumus Euler berikut ini,

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (2.23)$$

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (2.24)$$

- Tekuk inelastis

Untuk analisis tekuk inelastis ada dua konsep yang telah dipakai dimasa lalu, yaitu metode modulus tangen dan metode reduksi modulus.

Metode modulus tangen diusulkan oleh Engesser pada tahun 1889. Berdasarkan metode ini beban modulus tangen dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$P_T = \frac{\pi^2 E_t I}{(KL)^2} \quad (2.25)$$

$$\sigma_T = \frac{\pi^2 E_t}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (2.26)$$

Pada tahun 1895 Jasinky menunjukkan bahwa konsep modulus tangen tidak memperhitungkan efek saat penghilangan beban. Kemudian Engesser

mengoreksi teorinya dan mengembangkan reduksi modulus atau konsep modulus ganda, yakni :

$$P_r = \frac{\pi^2 E_r I}{(KL)^2} \quad (2.27)$$

$$\sigma_r = \frac{\pi^2 E_r}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (2.28)$$

dimana,

$$E_r = E \left(\frac{I_1}{I}\right) + E_t \left(\frac{I_2}{I}\right) \quad (2.29)$$

Selama sekitar 50 tahun para *Engineer* bingung mengenai dua konsep untuk menentukan kekuatan kolom. Setelah melakukan eksperimen dan analisis, Shanley menyimpulkan bahwa :

1. Konsep modulus tangen memberikan beban maksimum sampai dengan kolom awalnya lurus akan tetap lurus.
2. Beban maksimum aktual melebihi beban modulus tangen, tetapi tidak mencapai beban reduksi modulus.

2.8.3 Tekuk Torsi dan Tekuk Lentur – Torsi

Umumnya penampang tertutup tidak akan tertekuk torsi karena kekakuan torsinya besar. Untuk penampang terbuka yang tipis, bagaimanapun ada tiga mode kegagalan yang dipertimbangkan dalam analisis kestabilan yakni : lentur tekuk, tekuk torsi, dan tekuk lentur-torsi.

Untuk panjang kritis dari penampang *channel* dapat dihitung dengan menggunakan grafik AISI yang ditunjukkan oleh Gambar 2.12.

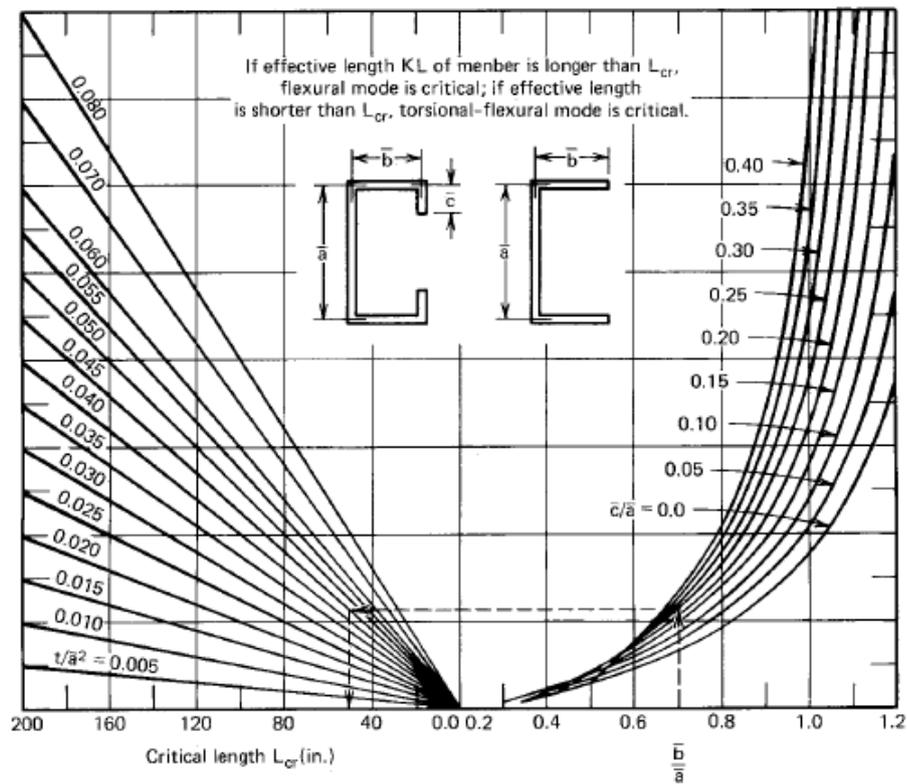
2.8.4 Tekuk Lokal

Batang tekan baja ringan mungkin begitu proporsional bahwa tekuk lokal komponen plat individu terjadi sebelum beban yang diterapkan mencapai beban runtuhnya keseluruhan kolom. Efek interaksi tekuk lokal dengan tekuk kolom dapat menyebabkan pengurangan kekuatan kolom secara keseluruhan.

Secara umum, pengaruh tekuk lokal pada kekuatan kolom tergantung pada faktor-faktor berikut :

- Bentuk penampang;
- Rasio kelangsingan kolom;

- Tipe penentu tekuk kolom keseluruhan (tekuk lentur, tekuk torsi, atau tekuk lentur-torsi);
- Tipe baja yang digunakan dan sifat mekanikanya;
- Pengaruh pengerjaan dingin;
- Efek ketidak sempurnaan;
- Efek pengelasan;
- Efek tegangan sisa;
- Interaksi antara komponen-komponen bidang;
- Efek perporasi.



Gambar 2.12 Grafik AISI untuk menghitung panjang kritis (Yu, 2000).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Latar Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Maret – September 2012 dan berlokasi di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo, dengan harapan dapat mengetahui stabilitas elemen rangka baja ringan.

3.2. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah studi literatur dan kemudian melakukan pemodelan numerik. Pemodelan numerik dilakukan sebagai alat untuk mengetahui instabilitas elemen rangka batang bila mengalami beban gravitasi, beban angin dan *displacement*. Sedangkan studi literatur untuk mencari solusi pemecahan masalah propertis penampang, sambungan pada titik-titik buhul bila ternyata rangka baja ringan yang dipakai pada atap gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo tidak stabil.

3.3. Kehadiran Peneliti

Keterlibatan langsung peneliti dalam penelitian ini menjadi keharusan karena model analisis yang dilakukan adalah pemodelan numerik.

3.4. Data dan Sumber Data

Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah data sifat penampang dan bahan yang diperoleh dari laporan pelaksanaan pekerjaan rangka baja ringan gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo, data standar pembebanan untuk gedung yang diperoleh dari Standar Nasional Indonesia, selain itu data pendukung lainnya diperoleh dari literatur.

3.5. Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan tiga tahap, yakni :

- Tahap pertama : melakukan pengumpulan data yang berasal dari laporan akhir pelaksanaan pembangunan Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo berupa gambar rangka, dimensi penampang, dan jenis atap.
- Tahap kedua : melakukan pengumpulan data berdasarkan hasil pengujian tarik elemen baja ringan yang dipakai pada gedung tersebut.
- Tahap ketiga : melakukan pengumpulan data gaya batang melalui analisis struktur dua dimensi.

3.6. Pengecekan Keabsahan Data

Untuk pengecekan keabsahan hanya dilakukan untuk data yang diperoleh dari laporan pelaksanaan pekerjaan yang tersebut di atas. Cara pengecekan yang dilakukan adalah melakukan pengukuran langsung dilapangan dan sekaligus mengambil sampel material. Untuk modulus elastisitas tidak dapat dilakukan pengujian keabsahannya karena laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo tidak memiliki alat untuk itu, akan tetapi data yang dipakai secara teori dapat diterima.

3.7. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan adalah :

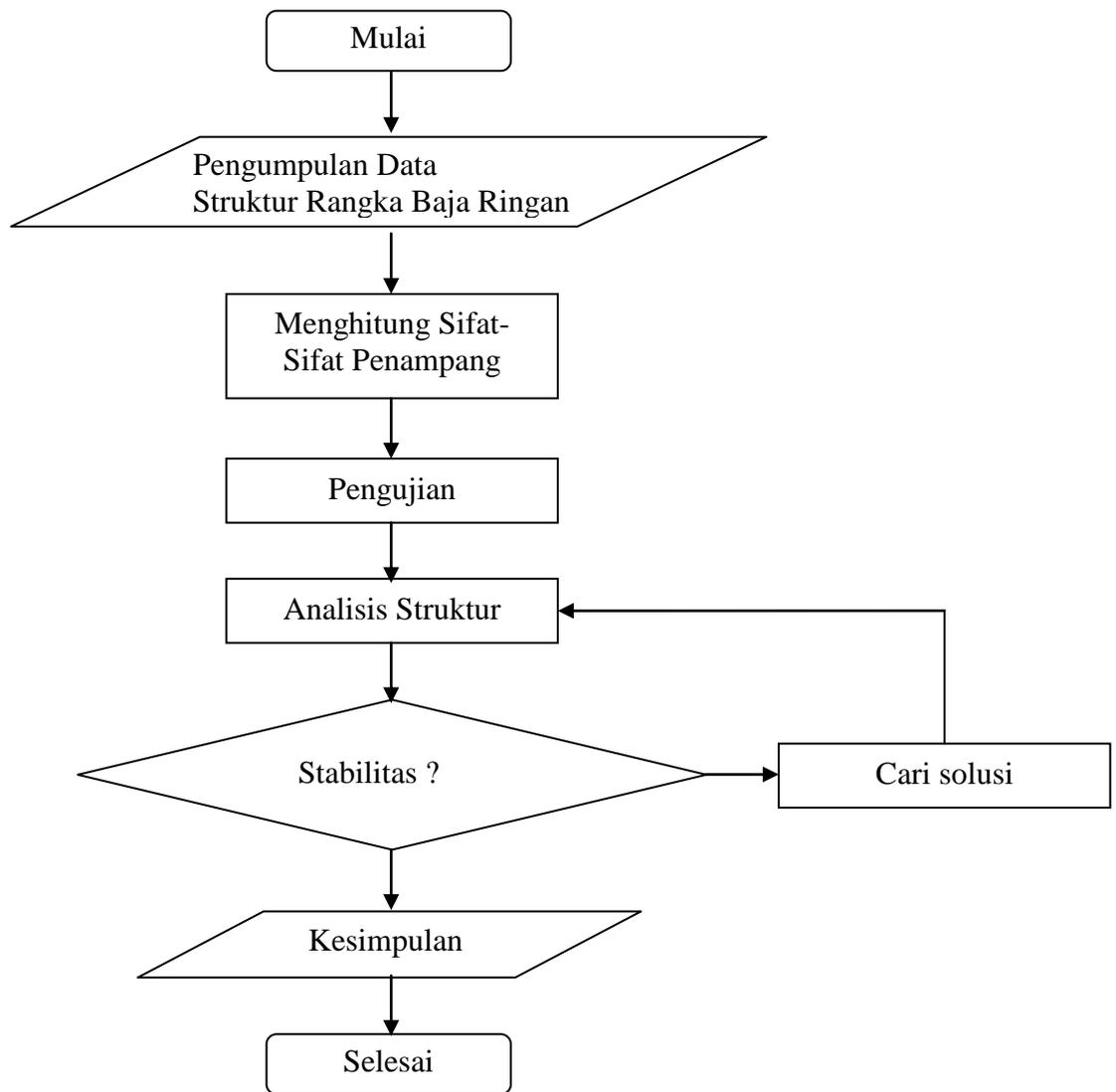
- Analisis data berdasarkan teori mekanika bahan;
- Analisis berdasarkan hasil pendekatan numerik (program);

3.8. Tahap-Tahap Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini secara ringkas dapat dilihat pada bagan alir penelitian (Gambar 3.1)

3.9. Teknis Analisis Data

Data yang diperoleh dari berbagai sumber yang disebutkan di atas dianalisis dengan menggunakan ilmu mekanika bahan dan analisis struktur dengan menggunakan bantuan program computer.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

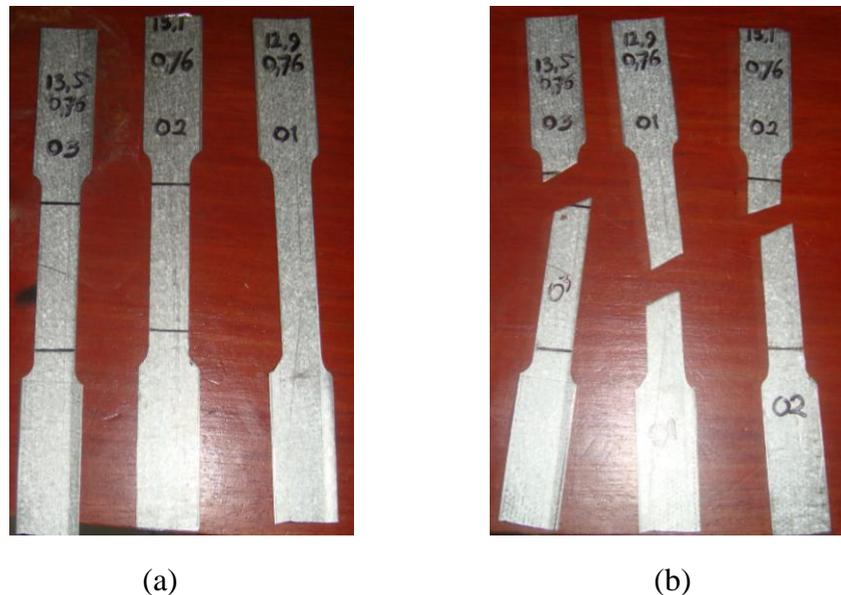
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bersifat studi literatur yang kemudian dilakukan pemodelan untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat didukung oleh struktur rangka atap gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo dengan anggapan bahwa struktur bersifat elastis dan linier. Setelah itu dilakukan analisis stabilitas elemen terhadap berbagai macam kemungkinan yang menyebabkan instabilitas struktur.

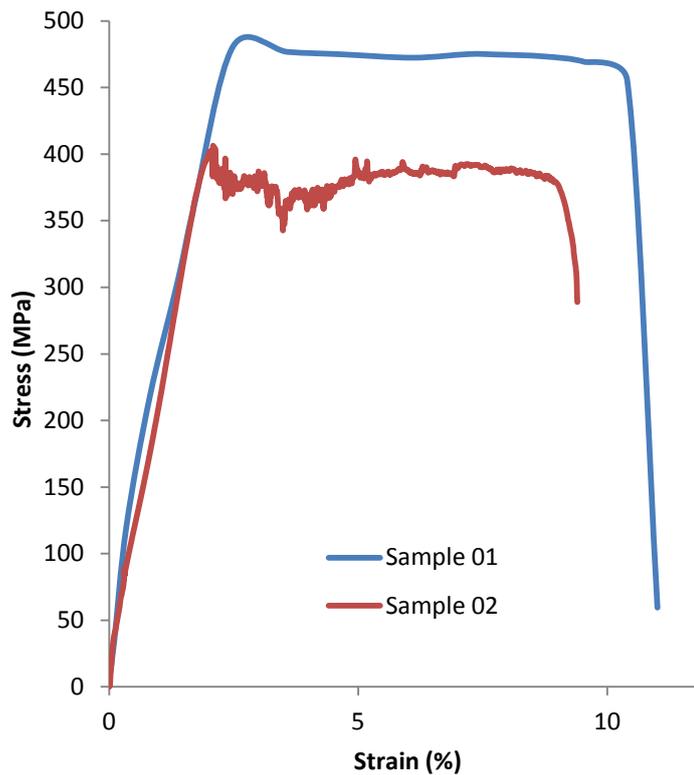
4.1. Deskripsi Hasil Penelitian

4.1.1 Data Material Baja Ringan dan Pemodelan

Laporan akhir pelaksanaan pekerjaan rangka atap gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo (selanjutnya disingkat menjadi Fatek UNG), tidak mencantumkan secara spesifik mutu baja ringan yang dipakai, oleh sebab itu dilakukan pengujian material tersebut dengan hasil sebagai berikut:



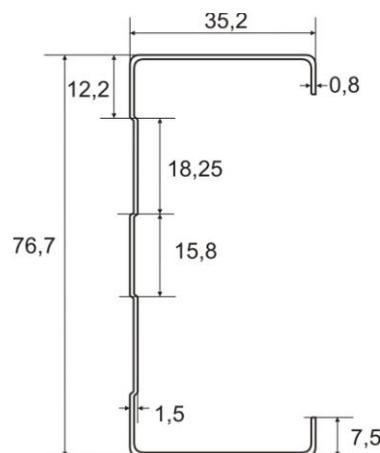
Gambar 4.1 Sampel uji tarik baja ringan : (a) benda uji sebelum ditarik, (b) benda uji setelah ditarik



Gambar 4.2. Grafik hubungan tegangan dan regangan

a. Profil baja ringan Gedung Fatek UNG

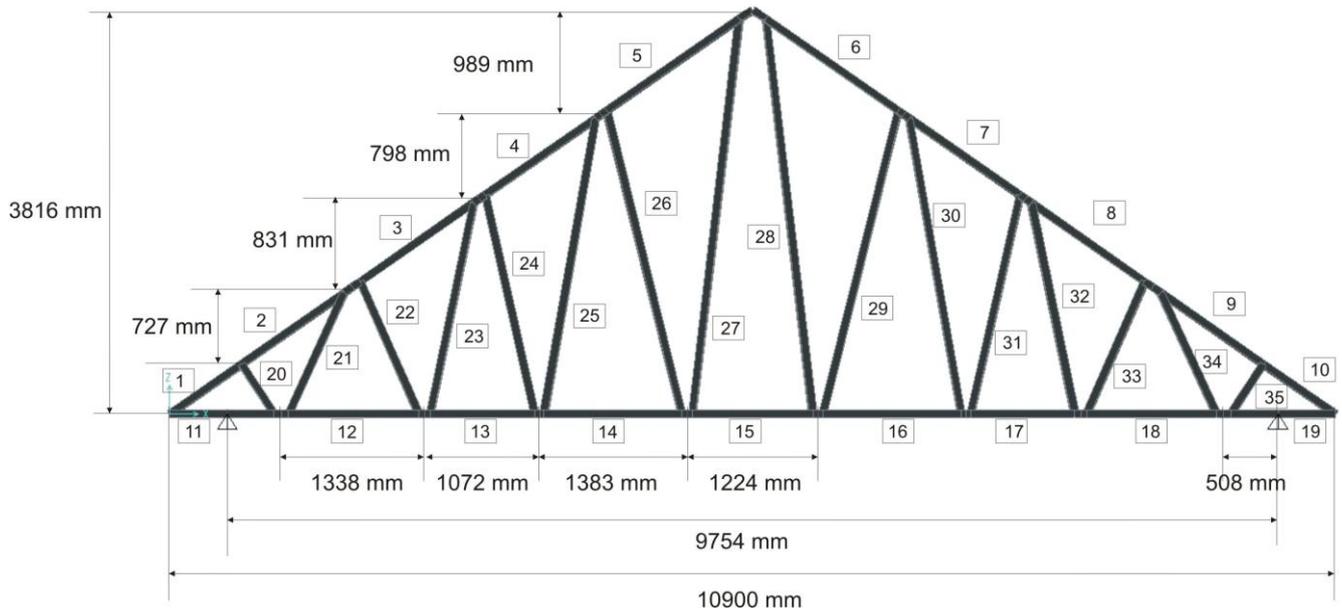
Bentuk profil yang digunakan pada rangka atap gedung Faktek UNG adalah profil-C yang bentuknya sedikit berbeda dari bentuk yang umum dilihat (lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.3), lekukan pada plat badan bertujuan untuk menaikkan kekakuan pada bagian plat badan yang sangat rentang terhadap tekuk lokal.



Gambar 4.3 Penampang melintang profil-C dalam satuan mm (rangka atap gedung Fatek UNG)

b. Pemodelan numerik

Struktur rangka atap gedung Fatek UNG dibuat dalam bentuk model numerik yang sedapat mungkin sama dengan model yang sesungguhnya. Dalam pemodelan tersebut mengasumsikan bahwa sambungan adalah monolit (kaku), dimana alat sambung dan model penyambungannya tidak dimodelkan. Model numeriknya dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangka atap baja ringan gedung Fatek UNG

c. Pola pembebanan

Beban yang bekerja pada rangka atap umumnya adalah beban gravitasi (beban mati, beban hidup dan beban hujan), beban angin, dan beban gempa. Beban mati dapat berupa berat sendiri, berat atap dan berat plafond, sedangkan beban hidup berupa beban manusia pada saat pelaksanaan atau pada saat pemeliharaan.

Secara teoritis bahwa beban pada rangka batang (*truss*) dikerjakan tepat pada titik-titik simpul/ kumpul. Oleh karenanya dalam pemodelan ini beban dikerjakan pada setiap titik simpul/ kumpul. Pola pembebanan yang dilakukan terbagi atas tiga model yakni :

1. Pembebanan pada atap dan bawah plafond (Gambar 4.5 (a) dan (b))

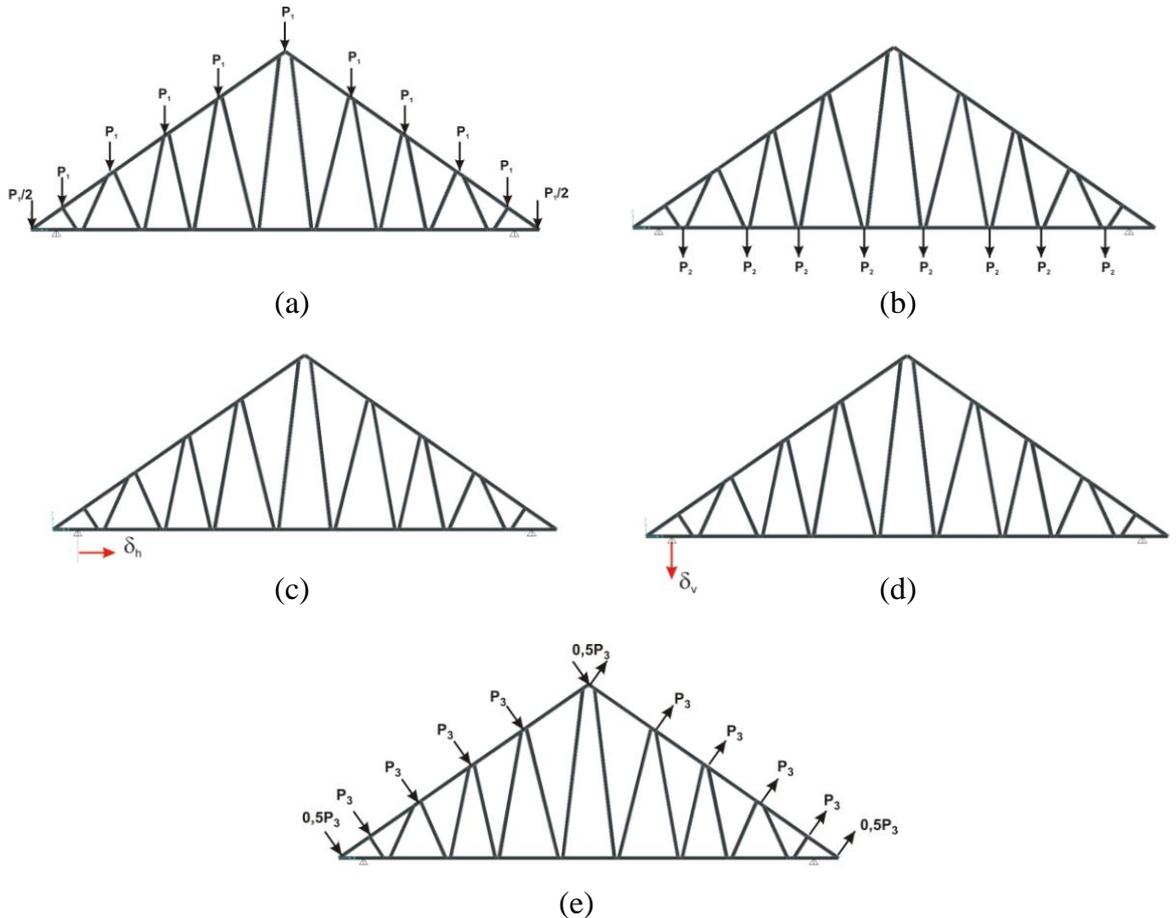
Beban ini merupakan representasi dari beban atap, beban hujan, beban plafond dalam lain-lain, dimana beban ini sifatnya mengikuti gaya gravitasi bumi.

2. Pembebanan dengan melakukan *displacement* arah horizontal (Gambar 4.5 (c) dan (d))

Pembebanan ini merupakan representasi dari beban gempa, dimana bila struktur kolom dan balok dibuat tidak memiliki kekakuan yang cukup maka beban gempa dapat menyebabkan deformasi permanen pada rangka atap.

3. Pembebanan angin (Gambar 4.5 (e))

Pembebanan ini hanya dikerjakan pada atap. Efek angin pada dinding bangunan diabaikan.



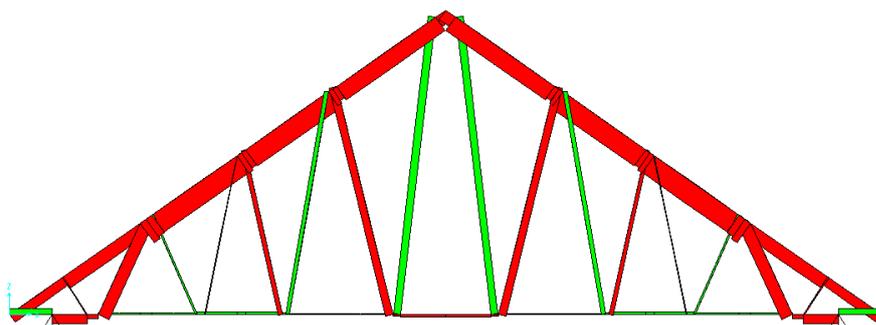
Gambar 4.5 Pola pembebanan rangka atap baja ringan

Ketiga model pembebanan tersebut dilakukan pada rangka atap hingga diperoleh beban batas (beban ultimit), dimana bila beban tersebut terlewat akan menyebabkan terjadinya ketidak stabilan pada elemen struktur. Ketidak stabil dalam hal ini adalah kekuatan elemen struktur terlampaui tetapi belum gagal/ runtuh. Setelah salah satu elemen rangka kekuatannya terlampaui dilakukan perkuatan dengan menambah elemen tersebut menjadi batang ganda. Perkuatan tersebut sudah sering dilakukan dalam pelaksanaan rangka baja ringan. Hal ini dikarenakan ketersediaan ukuran penampang yang terbatas. Setelah diperkuat beban diperbesar untuk mendapatkan elemen/ batang baru yang kekuatannya terlampaui.

4.1.2 Hasil Penelitian

Hasil penelitian berikut ini adalah hasil analisis struktur dengan pembebanan statis. Tidak dilakukan *increment load*, karena membutuhkan analisis finite elemen solid. Untuk analisis kekuatannya menggunakan *design code* AISI – LRFD 1996.

Gambar diagram gaya batang di bawah ini memperlihatkan gaya – gaya yang berkerja pada elemen rangka batang. Dimana warna merah menandakan bahwa batang tersebut mengalami tekan sedangkan warna hijau menandakan batang mengalami tarik. Besar kecilnya warna memperlihatkan besarnya gaya yang bekerja pada batang tersebut.

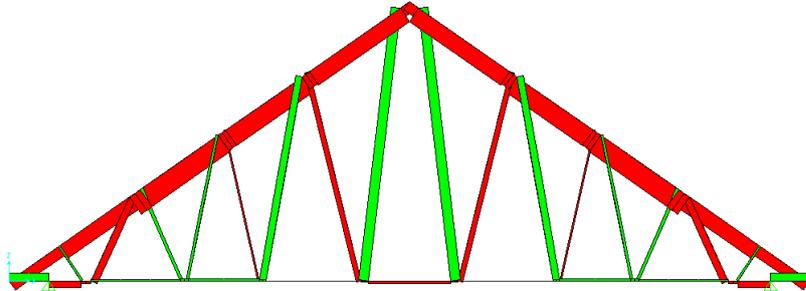


Gambar 4.6. Diagram gaya batang akrobat beban terpusat di bagian atas

Dari kedua macam gaya yang bekerja pada batang/ elemen, yang paling mempengaruhi kestabilan struktur adalah batang tekan. Pada batang inilah yang dilakukan perkuatan. Untuk batang tekan yang paling berpengaruh adalah panjang batang. Akan tetapi untuk memperpendek batang merupakan hal yang tidak

mungkin dilakukan maka yang dilakukan adalah menambah batang menjadi batang ganda.

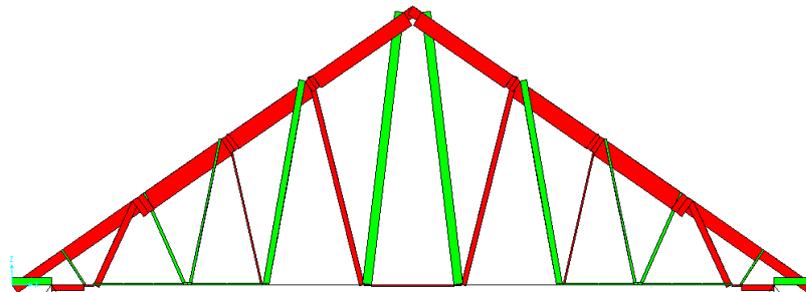
Hasil yang dicantumkan dalam tabel-tabel berikut ini, hanyalah elemen/ batang yang lebih dulu mencapai kekuatan batas.



Gambar 4.7. Diagram gaya batang akibat beban pada atap

Tabel 4.1 Hasil analisis kekuatan elemen 26 dan 29 akibat beban pada atap

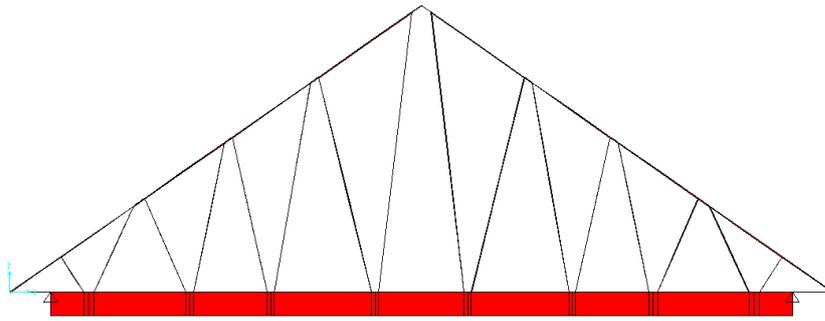
No	Beban Total (kN)	Pu (N)	Pn (N)	Mu Mayor (N.mm)	Mu Minor (N.mm)	Mn Mayor (N.mm)	Mn Minor (N.mm)	Total Rasio	Limit Rasio
1	13,00	2874	3488	3378	0	235869	192203	0,987	1,000
2	13,10	2895	3488	3378	0	235869	192203	0,994	
3	13,20	2916	3488	3378	0	235869	192203	1,001	



Gambar 4.8. Diagram gaya batang akibat beban pada plafond

Tabel 4.2 Hasil analisis kekuatan elemen 5 dan 6 akibat beban pada plafond

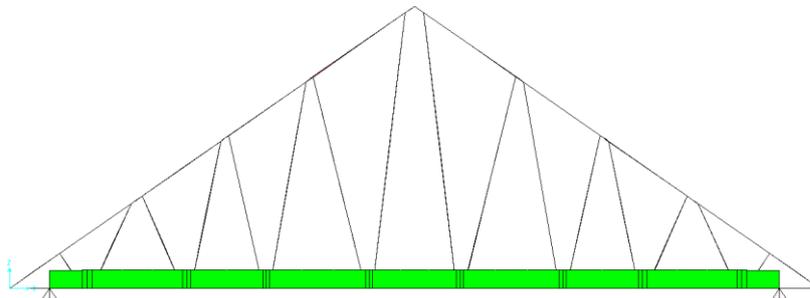
No	Beban Total (kN)	Pu (N)	Pn (N)	Mu Mayor (N.mm)	Mu Minor (N.mm)	Mn Mayor (N.mm)	Mn Minor (N.mm)	Total Rasio	Limit Rasio
1	11,96	7624	9955	75132	0	807371	192203	0,996	1,000
2	12,00	7648	9955	75366	0	807355	192203	1,000	
3	12,04	7673	9955	75600	0	807338	192203	1,003	



Gambar 4.9. Diagram gaya batang akibat *displacement* tekan

Tabel 4.3 Hasil analisis kekuatan elemen 14 dan 16 akibat *displacement* (tekan)

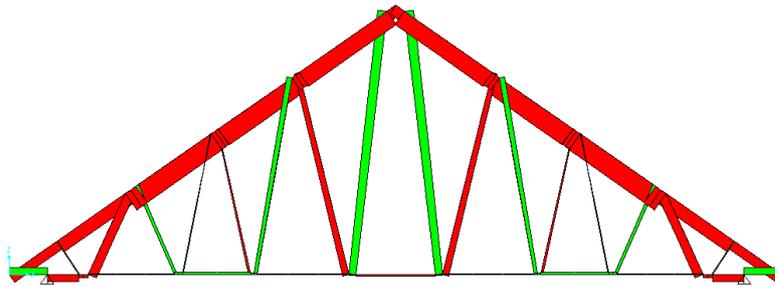
No	Disp. (mm)	Pu (N)	Pn (N)	Mu Mayor (N.mm)	Mu Minor (N.mm)	Mn Mayor (N.mm)	Mn Minor (N.mm)	Total Rasio	Limit Rasio
1	2,5	9012	12512	6494	0	887770	192203	0,854	1,000
2	2,8	10095	12512	6974	0	888910	192203	0,949	
3	3	10817	12512	7294	0	886936	192203	1,026	
Batang bawah dipasang profil double (diperkuat)									
4	4,5	30212	36206	25158	0	1759567	447351	0,997	1,000
5	4,6	30884	36206	25583	0	1753533	447351	1,019	



Gambar 4.10. Diagram gaya batang akibat *displacement* horisontal tarik

Tabel 4.4 Hasil analisis kekuatan elemen tarik 12 dan 18 akibat *displacement* (tarik)

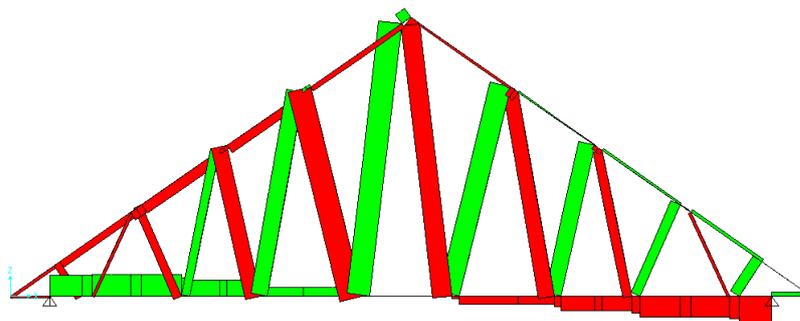
No	Disp. (mm)	Pu (N)	Pn (N)	Mu Mayor (N.mm)	Mu Minor (N.mm)	Mn Mayor (N.mm)	Mn Minor (N.mm)	Total Rasio	Limit Rasio
1	-11	39641	13749	47404	0	730842	192203	0,952	1,000
2	-11,5	41442	13749	49223	0	730422	192203	0,994	
3	-12	43244	13749	51042	0	730032	192203	1,037	



Gambar 4.11. Diagram gaya batang akibat *displacement* vertikal

Tabel 4.5 Hasil analisis kekuatan elemen 26 dan 29 akibat *displacement* vertikal

No	Disp. (mm)	Pu (N)	Pn (N)	Mu Mayor (N.mm)	Mu Minor (N.mm)	Mn Mayor (N.mm)	Mn Minor (N.mm)	Total Rasio	Limit Rasio
1	100	121	3488	3378	0	235869	192203	0,057	1,000
2	200	121	3488	3378	0	235869	192203	0,057	
3	500	121	3488	3378	0	235869	192203	0,057	



Gambar 4.12. Diagram gaya batang akibat beban angin

Tabel 4.6 Hasil analisis kekuatan elemen 28 akibat beban angin

No	Beban Total (kN)	Pu (N)	Pn (N)	Mu Mayor (N.mm)	Mn Mayor (N.mm)	Mn Minor (N.mm)	Total Rasio	Limit Rasio
1	2,75	1858	2316	2688	156849	192203	0,966	1,000
2	2,80	1895	2316	2688	156849	192203	0,984	
3	2,85	1932	2316	2688	156849	192203	1,003	

4.2. Pembahasan

Bila kita melihat hasil gambar diagram gaya batang di atas, maka terlihat bahwa gambar diagram gaya batang akibat beban pada atap dan plafond memberikan hasil diagram gaya batang yang sama, sekalipun gaya batangnya berbeda. Hal ini menandakan bawah batang yang tekan akan tetap tekan bila menerima beban yang mengikuti sifat gravitasi bumi begitu pula sebaliknya.

Akan tetapi hal ini berbeda dengan diagram akibat beban angin. Dimana batang-batang yang tadinya tekan akibat gravitasi menjadi batang tarik, misalnya batang 27 dan batang 28.

Perubahan gaya batang tekan menjadi batang tarik tidak berpengaruh signifikan terhadap kestabilan struktur, sebaliknya bagi batang tarik yang berubah menjadi batang tekan akan mempengaruhi kestabilan struktur. Dari sejumlah perubahan elemen/ batang yang paling berpengaruh adalah batang 27, dimana batang ini merupakan batang yang paling panjang dari semua batang yang ada pada rangka batang di atas, sehingga sangat beresiko terhadap tekuk.

Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa beban total maksimum pada atap yang dapat didukung oleh struktur rangka atap gedung Fatek UNG adalah 13,1 kN atau 1,3 ton sedangkan Tabel 4.2 memperlihatkan beban total maksimum pada plafond adalah 12 kN atau 1,2 ton. Artinya bahwa beban maksimum tersebut tidak dapat dilampaui, karena akan menyebabkan limit rasio terlampaui yang berarti instabilitas pada elemen/ batang 5, 6, 26 dan 29 (terjadi deformasi permanen). Jika beban terurus bertambah maka akan diikuti oleh batang lainnya, sedangkan batang tersebut akan mengalami degradasi kekuatan dan akhirnya berimplikasi pada kegagalan struktur.

Beban total tersebut jika dibandingkan dengan beban atap dan plafond termasuk beban lainnya yang mungkin bekerja pada rangka tersebut adalah terlalu besar. Artinya bahwa struktur rangka atap baja ringan gedung Fatek UNG tidak akan mengalami kegagalan akibat beban gravitasi.

Gorontalo merupakan daerah yang rawan gempa. Ini berarti bahwa gempa dapat menyebabkan instabilitas struktur bila beban gempa yang bekerja melampaui kapasitas elemen struktur gedung terutama kolom. Gempa akan menyebabkan kolom mengalami simpangan. Dalam SNI 1726-2002 mensyaratkan besarnya simpangan antar tingkat adalah 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm.

Kita lihat hasil analisis yang ditampilkan dalam Tabel 4.3, dimana *displacement* horizontal (tekan) maksimum yang dapat terjadi pada perletakan (kolom) adalah 2,8 mm dan bila diperkuat (menggunakan batang ganda) 4,6 mm, ini mengartikan bahwa salah satu kolom tidak boleh menyimpang lebih dari 4,6

mm dan kolom yang satunya tetap. Bila simpangan tersebut terlampaui akan menyebabkan limit ratio terlampaui yang berat instabilitas pada elemen/ batang 14 dan 16, yang akhirnya akan terjadi deformasi permanen. Akan tetapi bila dikenakan *displacement* horisontal (tarik) maksimum *displacement*nya adalah 11,5 mm. Karena batang yang mengalami tarik tidak dipengaruhi oleh panjang batang seperti pada batang tekan. Batang tarik tidak akan menyebabkan instabilitas pada struktur akan tetapi menyebabkan kegagalan pada sambungan sehingga perlu dilakukan peninjauan luas efektif penampang.

Hal ini berbeda dengan *displacement* vertikal (lihat Tabel 4.5) dimana limit rasio tidak akan terlampaui meskipun dikenakan *displacement* 500 mm. Ini berarti bahwa elemen rangka baja ringan sangat stabil terhadap *displacement* vertikal.

Agar tidak terjadi simpangan yang berlebihan maka kekakuan lateral harus diperbesar dan untuk menjamin kolom-kolom mengalami simpangan secara bersamaan maka ring balok (balok pada atap) dibuat kuat terhadap tarik dan tekan atau dengan kata lain harus direncanakan sebagai *tie beam*.

Berdasarkan hasil analisis akibat beban angin, ternyata bahwa akan terjadi instabilitas pada elemen 28 bila beban angin total yang terjadi melampaui 2,8 kN. Beban ini setara dengan kecepatan angin 35 m/s. Jika dilihat dari letak bangunan gedung Fatek UNG maka beban tersebut sudah cukup besar. Karena gedung tersebut cukup jauh dari pantai dan pengunungan.

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

5.1 Simpulan

Setelah dianalisis dan dibahas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Elemen rangka atap baja ringan gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo stabil terhadap :
 - a. Beban gravitasi jika beban totalnya tidak lebih dari 13,1 kN.
 - b. *Displacement* horizontal salah satu perletakan (kolom) tidak lebih dari 4,5 mm dan perletakan lainnya tetap.
 - c. Beban angin bila kecepatan angin tidak lebih dari 35 m/s.
2. Ring balok pada gedung yang menggunakan rangka atap baja ringan harus cukup kuat agar tidak terjadi deformasi arah aksial yang dapat menyebabkan simpangan horizontal yang besar pada perletakan (kolom).

5.2 Implikasi

Hasil penelitian ini akan memberikan rasa aman kepada pengguna gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo dan dapat dijadikan sebagai alat kontrol beban dan simpangan.

5.3 Saran

Untuk lebih menyempurnakan penelitian ini perlu dilakukan eksperimen *full scale*, analisis solid yang menggunakan program-program solid nonlinier, dan meninjau kapasitas sambungan agar ditemukan model sambungan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal I., 2009. *Rangka Atap Baja Ringan*, Majalah Rumah Ide edisi 10/IV, Gramedia, Jakarta, 2009.
- ASCE, *Standard on Minimum Design Loads for Building and Other Structures*
- Badan Standarisasi Nasional, 2002, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-1726-2002, Bandung.
- Hibbeler, R., C., 2002, *Struktur Analysis (Fifth Edition)*, Printice Hall, New Jersey.
- Ismawan, D., 2001. Analisis Struktur Jilid 1, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Mutawalli M, 2007, *Stabilitas Sambungan Struktur Baja Ringan SMART FRAME Type-T Terhadap Beban Siklik Pada Rumah Sederhana Tahan Gempa*, Tesis Program Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Rahmat, S., B. 2010. Stabilitas Kuda-Kuda Baja Ringan Star Truss Type C (studi kasus : Pengujian kuda-kuda Baja Ringan Bentang 6 m). Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sriramulu V., 2006. *Steel Structures : Behavior and LRFD*, Mc Graw Hill, Amerika Utara.
- Timoshenko, S., P dan Gere, J., 2000, *Mekanika Bahan Jilid 1 (Edisi IV)*, Erlangga, Jakarta.
- Timoshenko, S., P dan Gere, J., 2000, *Mekanika Bahan Jilid 2 (Edisi IV)*, Erlangga, Jakarta.
- Wallace, J.A., 2001, *Testing of Bolted Cold-Formed Steel Connections in Bearing (with and without Washers)*, final report canadian cold formed steel research group, Department of Civ Engineering University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Wei-Wen, Yu,. 2000. *Cold Framed Steel Design, Third Edition*, John Wiley & Sons, INC.

Lampiran 1. Hasil perhitungan gaya batang akibat beban pada atap

Batang	Beban Total (kN)			Ket.
	13,00	13,10	13,20	
	Gaya Batang (N)			
1	-2859,24	-2875,69	-2900,93	Tekan
2	-3599,41	-3625,53	-3651,64	Tekan
3	-5663,41	-5704,62	-5745,83	Tekan
4	-5441,46	-5481	-5520,53	Tekan
5	-4532,19	-4565,05	-4597,9	Tekan
6	-4532,19	-4565,05	-4597,9	Tekan
7	-5441,46	-5481	-5520,53	Tekan
8	-5663,41	-5704,62	-5745,83	Tekan
9	-3599,41	-3625,53	-3651,64	Tekan
10	-2859,24	-2880,08	-2900,93	Tekan
11	-2207,56	-2223,64	-2239,71	Tekan
12	342,59	345,16	347,73	Tarik
13	552,47	556,5	560,54	Tarik
14	46,89	47,19	47,49	Tarik
15	-691,76	-696,86	-701,96	Tekan
16	46,89	47,19	47,49	Tarik
17	552,47	556,5	560,54	Tarik
18	342,59	345,16	347,73	Tarik
19	-2207,56	-2223,64	-2239,71	Tekan
20	-469,55	-473,26	-476,96	Tekan
21	-3212,94	-3236,57	-3260,2	Tekan
22	433,75	436,71	439,66	Tarik
23	-196,85	-198,26	-199,66	Tekan
24	-1148,52	-1157,05	-1165,58	Tekan
25	1237,54	1246,44	1255,33	Tarik
26	-2066,24	-2081,37	-2096,49	Tekan
27	1987,6	2001,8	2016	Tarik
28	1987,6	2001,8	2016	Tarik
29	-2066,24	-2081,37	-2096,49	Tekan
30	1237,54	1246,44	1255,33	Tarik
31	-1148,52	-1157,05	-1165,58	Tekan
32	-196,85	-198,26	-199,66	Tekan
33	433,75	436,71	439,66	Tarik
34	-3212,94	-3236,57	-3260,2	Tekan
35	-469,55	-473,26	-476,96	Tekan

Lampiran 2. Hasil perhitungan gaya batang akibat beban pada plafond

Batang	Beban Total (kN)			Ket.
	11,96	12,00	12,04	
	Gaya Batang (N)			
1	-3669,68	-3681,46	-3693,23	Tekan
2	-5014,69	-5030,78	-5046,86	Tekan
3	-6860,75	-6882,67	-6904,59	Tekan
4	-6507,15	-6527,9	-6548,66	Tekan
5	-5446,21	-5463,55	-5480,89	Tekan
6	-5446,21	-5463,55	-5480,89	Tekan
7	-6507,15	-6527,9	-6548,66	Tekan
8	-6860,75	-6882,67	-6904,59	Tekan
9	-5014,69	-5030,78	-5046,86	Tekan
10	-3669,68	-3681,46	-3693,23	Tekan
11	-2250,25	-2257,38	-2264,51	Tekan
12	360,11	361,29	362,46	Tarik
13	601,22	603,14	605,06	Tarik
14	-16,08	-16,16	-16,24	Tekan
15	-828,8	-831,48	-834,15	Tekan
16	-16,08	-16,16	-16,24	Tekan
17	601,22	603,14	605,06	Tarik
18	360,11	361,29	362,46	Tarik
19	-2250,25	-2257,38	-2264,51	Tekan
20	571,81	573,67	575,53	Tarik
21	-2239,37	-2246,39	-2253,4	Tekan
22	1019,9	1023,14	1026,39	Tarik
23	795,13	797,77	800,42	Tarik
24	-728,61	-730,91	-733,21	Tekan
25	2348,82	2356,4	2363,98	Tarik
26	-1766,47	-1772,04	-1777,62	Tekan
27	3180,74	3190,9	3201,06	Tarik
28	3180,74	3190,9	3201,06	Tarik
29	-1766,47	-1772,04	-1777,62	Tekan
30	2348,82	2356,4	2363,98	Tarik
31	-728,61	-730,91	-733,21	Tekan
32	795,13	797,77	800,42	Tarik
33	1019,9	1023,14	1026,39	Tarik
34	-2239,37	-2246,39	-2253,4	Tekan
35	571,81	573,67	575,53	Tarik

Lampiran 3. Hasil perhitungan gaya batang akibat *displacement* horisontal tekan

Batang	Displacement (mm)			Ket.	Displacement (mm)		Ket.
	2,50	2,80	3,00		4,50	4,60	
	Batang Tunggal				Batang Ganda		
	Gaya Batang (N)				Gaya Batang (N)		
1	-178,39	-181,86	-184,17	Tekan	-268,17	-270,35	Tekan
2	-215,54	-216,87	-217,76	Tekan	-271,02	-271,94	Tekan
3	-311,6	-312,28	-312,73	Tekan	-367,09	-367,39	Tekan
4	-304,21	-304,48	-304,67	Tekan	-352,93	-353,06	Tekan
5	-263,46	-263,72	-263,89	Tekan	-304,22	-304,33	Tekan
6	-263,46	-263,72	-263,89	Tekan	-304,22	-304,33	Tekan
7	-304,21	-304,48	-304,67	Tekan	-352,93	-353,06	Tekan
8	-311,6	-312,28	-312,73	Tekan	-367,09	-367,39	Tekan
9	-215,54	-216,87	-217,76	Tekan	-271,02	-271,94	Tekan
10	-178,39	-181,86	-184,17	Tekan	-268,17	-270,35	Tekan
11	-6533,86	-7303,78	-7817,05	Tekan	-21650,33	-22128,56	Tekan
12	-6425,03	-7197,03	-7711,7	Tekan	-21580,27	-22060,17	Tekan
13	-6415,73	-7188,95	-7704,43	Tekan	-21578,68	-22059,06	Tekan
14	-6437,45	-7210,87	-7726,49	Tekan	-21606,84	-22087,32	Tekan
15	-6474,73	-7248,27	-7763,96	Tekan	-21650,61	-22131,13	Tekan
16	-6437,45	-7210,87	-7726,49	Tekan	-21606,84	-22087,32	Tekan
17	-6415,73	-7188,95	-7704,43	Tekan	-21578,68	-22059,06	Tekan
18	-6425,03	-7197,03	-7711,7	Tekan	-21580,27	-22060,17	Tekan
19	-6533,86	-7303,78	-7817,05	Tekan	-21650,33	-22128,56	Tekan
20	7,44	6,37	5,66	Tarik	-20,07	-20,97	Tekan
21	-137,23	-136,78	-136,47	Tekan	-139,97	-139,33	Tekan
22	38,26	36,94	36,06	Tarik	36,37	35,79	Tarik
23	10,08	10,82	11,31	Tarik	24,11	24,43	Tarik
24	-42,76	-43,1	-43,32	Tekan	-52,92	-53,09	Tekan
25	84,16	84,52	84,76	Tarik	104,05	104,22	Tarik
26	-103,68	-104,17	-104,49	Tekan	-119,9	-120,1	Tekan
27	144,82	145,13	145,34	Tarik	169,89	170,01	Tarik
28	144,82	145,13	145,34	Tarik	169,89	170,01	Tarik
29	-103,68	-104,17	-104,49	Tekan	-119,9	-120,1	Tekan
30	84,16	84,52	84,76	Tarik	104,05	104,22	Tarik
31	-42,76	-43,1	-43,32	Tekan	-52,92	-53,09	Tekan
32	10,08	10,82	11,31	Tarik	24,11	24,43	Tarik
33	38,26	36,94	36,06	Tarik	36,37	35,79	Tarik
34	-137,23	-136,78	-136,47	Tekan	-139,97	-139,33	Tekan
35	7,44	6,37	5,66	Tarik	-20,07	-20,97	Tekan

Lampiran 4. Hasil perhitungan gaya batang akibat *displacement* horisontal tarik

Batang	Displacement (mm)			Ket
	-11,00	-11,50	-12,00	
	Gaya Batang (N)			
1	-22,38	-16,6	-10,82	Tekan
2	-155,68	-153,47	-151,25	Tekan
3	-281,08	-279,95	-278,82	Tekan
4	-291,66	-291,19	-290,73	Tekan
5	-251,79	-251,35	-250,92	Tekan
6	-251,79	-251,35	-250,92	Tekan
7	-291,66	-291,19	-290,73	Tekan
8	-281,08	-279,95	-278,82	Tekan
9	-155,68	-153,47	-151,25	Tekan
10	-22,38	-16,6	-10,82	Tekan
11	28112,44	29395,63	30678,83	Tarik
12	28315,13	29601,8	30888,47	Tarik
13	28379,16	29667,86	30956,55	Tarik
14	28366,53	29655,56	30944,6	Tarik
15	28334,63	29623,87	30913,1	Tarik
16	28366,53	29655,56	30944,6	Tarik
17	28379,16	29667,86	30956,55	Tarik
18	28315,13	29601,8	30888,47	Tarik
19	28112,44	29395,63	30678,83	Tarik
20	55,33	57,11	58,88	Tarik
21	-157,69	-158,44	-159,2	Tekan
22	97,72	99,92	102,12	Tarik
23	-41,81	-24,49	-25,73	Tekan
24	-27,47	-26,9	-26,33	Tekan
25	67,89	67,29	66,68	Tarik
26	-81,84	-81,04	-80,23	Tekan
27	130,58	130,06	129,53	Tarik
28	130,58	130,06	129,53	Tarik
29	-81,84	-81,04	-80,23	Tekan
30	67,89	67,29	66,68	Tarik
31	-27,47	-26,9	-26,33	Tekan
32	-41,81	-24,49	-25,73	Tekan
33	97,72	99,92	102,12	Tarik
34	-157,69	-158,44	-159,2	Tekan
35	55,33	57,11	58,88	Tarik

Lampiran 5. Hasil perhitungan gaya batang akibat beban angin

Batang	Beban Angin (kN)			Ket
	2,75	2,80	2,85	
	Gaya Batang (N)			
1	-239,28	-240,91	-242,55	Tekan
2	-471,35	-476,21	-481,06	Tekan
3	-671,82	-681,99	-688,71	Tekan
4	-629,99	-635,95	-641,92	Tekan
5	-379,52	-381,67	-383,83	Tekan
6	-142,51	-140,36	-138,2	Tekan
7	32,81	38,77	44,74	Tarik
8	70,22	76,93	83,65	Tarik
9	68,76	73,61	78,46	Tarik
10	-59,71	-58,07	-56,44	Tekan
11	1323,59	1349,8	1376,01	Tarik
12	1333,31	1357,4	1381,49	Tarik
13	979,81	997,13	1014,44	Tarik
14	730,85	743,78	756,7	Tarik
15	156,29	-186,43	-189,52	Tekan
16	-690,74	-703,67	-716,59	Tekan
17	-924,4	-941,71	-959,02	Tekan
18	-1316,83	-1340,92	-1365,01	Tekan
19	-1559,52	-1585,73	-1611,94	Tekan
20	-474,83	-483,68	-492,53	Tekan
21	-163	-163,4	-163,8	Tekan
22	-512,74	-522,75	-532,76	Tekan
23	549,05	558,95	568,84	Tarik
24	-1052,63	-1071,01	-1089,39	Tekan
25	1149,12	1168,47	1187,83	Tarik
26	-1604,96	-1632,27	-1659,59	Tekan
27	1594,81	1621,22	1647,62	Tarik
28	-1344,77	-1371,18	-1397,58	Tekan
29	1426,16	1453,47	1480,78	Tarik
30	-1006,22	-1025,57	-1044,93	Tekan
31	988,75	1007,14	1025,52	Tarik
32	-558,34	-568,24	-578,14	Tekan
33	599,92	609,93	619,94	Tarik
34	-119,17	-118,77	-118,37	Tekan
35	503,02	511,87	520,72	Tarik

Lampiran 6. Foto Pengukuran Dimensi Penampang Baja Ringan Rangka Atap Gedung Fatek Ung Dan Pengujian Tarik.



Foto uji tarik sampel baja ringan rangka atap gedung Fatek UNG



Lampiran 7. Daftar Riwayat Hidup

Ketua Peneliti

1. **Nama** : Kasmat Saleh Nur, S.T, M.Eng.
 - a. Pekerjaan : Dosen Tetap F.T UNG
 - b. Gol/Pangkat/NIP : IIIb/Penata tk. 1/197604302005011002
 - c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - d. Kekhususan/Specialisasi : Teknik Sipil/Rekayasa Struktur
 - e. Tempat tgl/lahir : Kwardang, 30 April 1976
 - f. Alamat Kantor/tlp/fax : Jl. Jend. Sudirman No.6 Kota Tengah, Kota Gorontalo/Tlp: (0435)821125, /Fax: (0435)821752
 - g. Alamat Rumah/tlp : Jl. Pinang Utama Blok C2/12 Kota Tengah, Kota Gorontalo, Hp: 085240645369
 - h. E-mail : kasmatnur@yahoo.co.id

2. Riwayat Pendidikan

1. Sarjana Teknik Sipil (S1/S.T), Universitas Sam Ratulangi, Manado, 2001
2. Magister Teknik Sipil (S2/M.Eng), Universitas Gadjah Mada, 2010

3. Daftar karya ilmiah yang pernah ditulis:

No	Judul tulisan	Tahun	Diterbitkan sebagai
1.	Analisa Struktur Bangunan Bertingkat Yang Dimodelisasi Sebagai Bangunan Penahan Geser Akibat Beban Gempa	2001	Skripsi S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi
2.	Pengaruh Perubahan Kekakuan Tingkat Terhadap Simpangan Pada Gedung Bertingkat Empat	2005	Jurnal Teknik, Volume 2, No. 4, Juni 2005, Fakultas Teknik UNG
3.	Analisis Geser Balok Penampang-T Berlubang Memanjang Menggunakan Metode Elemen Hingga Nonlinier	2010	Tesis S2, Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada
4.	Efek Lubang Memanjang Pada Balok Beton Bertulang	2011	Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

Gorontalo, 20 September 2012

Kasmat Saleh Nur ,S.T, M.Eng

Nip. 19760430 200501 1 002

Anggota Peneliti

1. **Nama** : Arfan Utiahman, S.T, M.T
a. Pekerjaan : Dosen Tetap F.T UNG
b. Gol/Pangkat/NIP : IIIc/Penata /197508232003121002
c. Jabatan Fungsional : Lektor
d. Kekhususan/Spesialisasi : Teknik Sipil/Manajemem Kostnruksi
e. Tempat tgl/lahir : Gorontalo, 23 Agustus 1975
f. Alamat Kantor/tlp/fax : Jl. Jend. Sudirman No.6 Kota Tengah, Kota Gorontalo/Tlp: (0435)821125, Hp: 08124446150/Fax: (0435)821752
g. Alamat Rumah/tlp : Jl. Kasuari No.33 , Kota Timur, Kota Gorontalo-96113/085255963198
h. E-mail : arfanutiahman@yahoo.com

4. Riwayat Pendidikan

1. Sarjana Teknik Sipil (S1/S.T), Universitas Muslim Indonesia, Ujung Pandang, 2001
2. Magister Teknik Sipil (S2/M.T), Universitas Hasanuddin, 2008

5. Pengalaman dalam jabatan Administrasi/Birokrasi/Struktural:

No	Nama Jabatan	Masa Bakti	Institusi
1.	Kepala Prodi D3 Sipil	Tahun 2010 – Sekarang	Fakultas Teknik, UNG

6. Daftar karya ilmiah yang pernah ditulis:

No	Judul tulisan	Tahun	Diterbitkan sebagai
1.	Tinjauan Teknis Dan Ekonomis Terminal Bus Pare-pare	2001	Skripsi S1 Teknik Sipil UMI Ujung Pandang.
2.	Penerapan Konsep Nilai Hasil Pada Jembatan Telaga	2004	Jurnal Teknik, Volume 2, No. 3, Juni 2004, Fakultas Teknik UNG
3.	Studi Pengelolaan Persampahan Kota Gorontalo	2007	Penelitian Dosen Muda di Biaya Dikti, 2007
4.	Studi Ketersediaan Prasarana Air Bersih Kota Gorontalo	2009	Penelitian Mandiri, UNG
5.	Efek Lubang Memanjang Pada Balok Beton Bertulang	2011	Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

Gorontalo, 20 September 2012

Arfan Utiahman ,S.T, M.T

Nip. 197508232003121002

Lampiran 8. Surat Keputusan Penelitian