

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISA PROFIL BAJA PADA STRUKTUR RANGKA ATAP RUMAH ADAT GADANG, JOGLO DAN TONGKONAN (*ANALYSIS OF STEEL PROFILE ON ROOF TRUSS STRUCTURE OF TRADITIONAL HOUSE GADANG, JOGLO AND TONGKONAN*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Rhesnu Prayogia Cahyadi  
16511103**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2021**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA PPROFIL BAJA PADA  
STRUKTUR RANGKA ATAP RUMAH ADAT  
GADANG, JOGLO DAN TONGKONAN  
(ANALYSIS OF STEEL PROFILE ON ROOF TRUSS  
STRUCTURE OF TRADITIONAL HOUSE GADANG,  
JOGLO AND TONGKONAN)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Rhesnu Prayogia Cahyadi  
16511103**

**Disetujui :**

**Pembimbing**

**Astriana Hardawati S.T., M.Eng.**  
**Tanggal : 20 Agustus 2021**

## TUGAS AKHIR

# ANALISA PROFIL BAJA PADA STRUKTUR RANGKA ATAP RUMAH ADAT GADANG, JOGLO DAN TONGKONAN (ANALYSIS OF STEEL PROFILE ON ROOF TRUSS STRUCTURE OF TRADITIONAL HOUSE GADANG, JOGLO AND TONGKONAN)

Disusun oleh

**Rhesnu Prayogia Cahyadi**  
**16511103**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji Pada tanggal 02 Agustus 2021

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Astriaana Hardawati S.T., M.Eng  
NIP : 165111301

Penguji I

Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng  
NIP : 155111306

Penguji II

Ir. Suharyatma, M.T.  
NIP : 865110201



Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundangundangan yang berlaku

Yogyakarta, 01 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,



Rhesnu Prayogia Cahyadi

(16511097)

# DEDIKASI

*Bismillahirrohmanirrohim*

Dengan Rahmat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha penyayang atas segala Rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini, dengan segala ucapan terima kasih saya persembahkan tugas akhir ini untuk :

1. Bapak Muhammad Redho dan Ibu Alfonza Nunuk Utari selaku orang tua saya yang telah mendukung saya dalam hal apapun dan juga yang selalu memberikan motivasi, Riska Ayunindya Puspitasari dan Keysha Narulitasari selaku adik saya yang memberikan dukungan. Terima kasih sebanyak – banyaknya atas kasih sayang yang teramat sangat besar yang telah diberikan kepada saya.
2. Seluruh keluarga saya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas dukungannya.
3. Teman – teman Teknik Sipil 2016 Kiko, Aryo, Hoga ,Aul, Koko, Fauzi, Adit, Aya, Yumi, Amartya, Bagas, Naufal, dan Bagus yang telah memberikan arahan dalam mengerjakan naskah tugas akhir ini dan teman angkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan saran – saran yang kalian berikan.
4. Teman – teman seperbimbingan Ayiek, Koko dan Ahsan yang telah banyak membantu selama pengerjaan tugas akhir.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha penyayang atas segala Rahmat-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisa Profil Baja Pada Struktur Rangka Atap Rumah Adat Gadang, Joglo dan Tongknan*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi, namun berkat saran kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, ucapan terima kasih sedalam-dalamnya ditujukan kepada :

1. Ibu Astriana Hardawati S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing,
2. Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng selaku Penguji I,
3. Bapak Ir. Suharyatma, M.T.selaku Penguji II,

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 01 Juni 2021

Penulis,



Rhesnu Prayogia Cahyadi

(16511103)

# DAFTAR ISI

Halaman	i
Halaman Pengesahan	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Penelitian Sebelumnya	4
2.3 Perbedaan Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Rangka Atap	12
3.1.1 Struktur Rangka Batang	12
3.1.2 Komponen Rangka Atap	12
3.2 Baja	13
3.2.1 Sifat Mekanik Baja	13
3.2.2 Jenis Profil	15
3.3 Analisis Struktur	17
3.3.1 Penampang dan Properti Material	18
3.3.2 Pembebanan	18
3.4 Gaya Dalam	19
3.4.1 Kuat Tekan	19
3.4.2 Kuat Tarik	23

3.4.3 Kuat Lentur	25
3.5 Kapasitas Sambungan	29
3.5.1 Kuat Tumpu Baut	29
3.5.2 Kuat Geser Baut	30
3.5.3 Kuat Geser Blok	31
3.6 Analisis Biaya	33
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>34</b>
4.1 Umum	34
4.2 Subjek Penelitian	34
4.3 Objek Penelitian	34
4.4 Data Penelitian	34
4.5 Tahapan Penelitian	36
4.6 Flowchart Penelitian	38
<b>BAB V PEMBAHASAN</b>	<b>41</b>
5.1 Tipe Rangka Atap	41
5.1.1 Rumah Adat Gadang	41
5.1.2 Rumah Adat Joglo	42
5.1.3 Rumah Adat Tongkonan	43
5.2 Data Struktur	45
5.3 Pembebanan	50
5.3.1 Beban Mati	50
5.3.2 Beban Hidup	52
5.3.3 Beban Angin	53
5.4 Analisis Struktur	54
5.5 Gaya Dalam	57
5.5.1 Kuat Tekan	58
5.5.2 Kuat Tarik	76
5.5.3 Kuat Lentur	80
5.6 Rekap Hasil Analisis	92



5.7 Kapasitas Sambungan	101
5.8 Analisis Biaya	112
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>123</b>
6.1 Kesimpulan	123
6.2 Saran	124
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>125</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>126</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Komponen Penyusun Rangka Atap	12
Gambar 3.2 Diagram Hubungan Tegangan dan Regangan	14
Gambar 3.3 Profil Siku	16
Gambar 3.4 Profil IWF	16
Gambar 3.5 Profil T-Beam	17
Gambar 3.6 Profil U	17
Gambar 3.7 Pengaruh flexural buckling (1) torsional buckling (2) dan flexural torsional buckling (3) pada batang tekan	20
Gambar 3.8 Penerapan Keadaan Batas Kuat Tekan Pada Profil	20
Gambar 3.9 Ketentuan Batas Tidak Langsing Pada Profil	23
Gambar 3.10 Konsep perencanaan batang tarik	24
Gambar 3.11 Sambungan baut	29
Gambar 3.12 Sambungan baut	31
Gambar 4.1 Struktur rangka atap rumah adat Gadang	35
Gambar 4.2 Struktur rangka atap rumah adat Joglo	35
Gambar 4.3 Struktur rangka atap rumah adat Tongkonan	35
Gambar 5.1 Rumah Adat Gadang	41
Gambar 5.2 Rangka Atap Rumah Adat Gadang	41
Gambar 5.3 Tampak Atas Atap Rumah Adat Gadang	42
Gambar 5.4 Tipe Polynesian 1	42
Gambar 5.5 Tipe Howe 1	42
Gambar 5.6 Rumah Adat Joglo	42
Gambar 5.7 Rangka Atap Rumah Adat Joglo	43
Gambar 5.8 Tampak Atas Rumah Adat Joglo	43
Gambar 5.9 Tipe Flat 1	43
Gambar 5.10 Tipe Flat and Slopping Flat 2	43
Gambar 5.11 Tipe Howe 2	43
Gambar 5.12 Rumah Adat Tongkonan	44
Gambar 5.13 Rangka Atap Rumah Adat Tongkonan	44

Gambar 5.14 Tampak Atas Atap Rumah Adat Tongkonan	44
Gambar 5.15 Tipe Hip 1	44
Gambar 5.16 Tipe Hip 2	45
Gambar 5.17 Tipe Flat 3	45
Gambar 5.18 Dimensi Tampak Atas Rumah Gadang	45
Gambar 5.19 Dimensi Polynesian 1	46
Gambar 5.20 Dimensi Howe 1	46
Gambar 5.21 Dimensi Tampak Atas Rumah Joglo	46
Gambar 5.22 Dimensi Flat 3 dan Howe 2	47
Gambar 5.23 Dimensi Flat 1	47
Gambar 5.24 Dimensi Flat dan Slopping Flat 2	47
Gambar 5.25 Dimensi Tampak Atas Rumah Tongkonan	47
Gambar 5.26 Dimensi Hip 1	48
Gambar 5.27 Dimensi Hip 2	48
Gambar 5.28 Dimensi Flat 3	48
Gambar 5.29 Kuat Tekan Profil 2L	74
Gambar 5.30 Kuat Tekan Profil 2L	74
Gambar 5.31 Kuat Tekan Profil I	75
Gambar 5.32 Kuat Tekan Profil T	75
Gambar 5.33 Kuat Tarik Profil 2L	79
Gambar 5.34 Kuat Tarik Profil L	79
Gambar 5.35 Kuat Tarik Profil I	80
Gambar 5.36 Kuat Tarik Profil T	80
Gambar 5.37 Kuat Lentur Gording Rumah Adat	91
Gambar 5.38 Diagram Batang Kuat Tekan Atap Rumah Adat Gadang	96
Gambar 5.39 Diagram Batang Kuat Tekan Atap Rumah Adat Joglo	96
Gambar 5.40 Diagram Batang Kuat Tekan Atap Rumah Adat Tongkonan	97
Gambar 5.41 Diagram Batang Kuat Tarik Atap Rumah Adat Gadang	98
Gambar 5.42 Diagram Batang Kuat Tarik Atap Rumah Adat Joglo	98
Gambar 5.43 Diagram Batang Kuat Tarik Atap Rumah Adat Tongkonan	99
Gambar 5.44 Diagram Batang Kuat Lentur Atap Rumah Adat Gadang	101

Gambar 5.45 Diagram Batang Kuat Lentur Atap Rumah Adat Joglo	100
Gambar 5.46 Diagram Batang Kuat Lentur Atap Rumah Adat Tongkonan	100
Gambar 5.47 Sambungan Baut	106



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu	8
Tabel 3.1 Jarak Tepi Minimum dari Pusat Lubang Standar ke Tepi Bagian yang Disambung	32
Tabel 5.1 Data Dimensi	49
Tabel 5.2 Beban Sendiri Tambahan	51
Tabel 5.3 (baut, plat, dll)	52
Tabel 5.4 Beban Hujan	53
Tabel 5.5 Beban Angin	54
Tabel 5.7 Nilai Pu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil 2L	55
Tabel 5.8 Nilai Mu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil 2L	55
Tabel 5.9 Nilai Pu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil L	56
Tabel 5.10 Nilai Mu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil L	56
Tabel 5.11 Nilai Pu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil I	56
Tabel 5.12 Nilai Mu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil I	57
Tabel 5.13 Nilai Pu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil T	57
Tabel 5.14 Nilai Mu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil T	57
Tabel 5.15 Cek Kelangsingan Profil	69
Tabel 5.16 Kuat Tekan Profil 2L	71
Tabel 5.17 Kuat Tekan Profil L	71
Tabel 5.18 Kuat Tekan Profil I	72
Tabel 5.19 Kuat Tekan Profil T	73
Tabel 5.20 Kuat Tarik Rangka Atap Rumah Gadang	77
Tabel 5.21 Cek Kekompakan Gording Rangka Atap Rumah Gadang	87
Tabel 5.22 Penentuan Jenis Bentang Gording Rangka Atap Rumah Gadang	87
Tabel 5.23 Nilai Mp Gording Rangka Atap Rumah Gadang	88
Tabel 5.24 Nilai Mn Gording Rangka Atap Rumah Gadang	89
Tabel 5.25 Nilai defleksi dan kelayakan Gording Rangka Atap Rumah Gadang	89

Tabel 5.26 Kuat Tekan dan Kuat Tarik dari Profil 2L	92
Tabel 5.27 Kuat Tekan dan Kuat Tarik dari Profil L	93
Tabel 5.28 Kuat Tekan dan Kuat Tarik dari Profil I	93
Tabel 5.29 Kuat Tekan dan Kuat Tarik dari Profil 2L	94
Tabel 5.30 Rekap Kuat Lentur	95
Tabel 5.31 Kebutuhan Baut Batang Tarik	107
Tabel 5.32 Kebutuhan Baut Batang Tekan	109
Tabel 5.33 Harga Barang	112
Tabel 5.34 Harga Jasa	112
Tabel 5.35 AHS dari profil 2L 50x50x5	113
Tabel 5.36 AHS dari profil L 50x50x5	113
Tabel 5.37 AHS dari profil L 60x60x5	114
Tabel 5.38 AHS dari profil I 150x75x7x5	114
Tabel 5.39 AHS dari profil T 50x100x8x6	115
Tabel 5.40 AHS dari profil U 75x40x7x5	115
Tabel 5.41 AHS dari profil U 100x50x7,5x5	116
Tabel 5.42 Volume Kebutuhan dari Setiap Profil	117
Tabel 5.43 RAB dari profil 2L	118
Tabel 5.44 RAB dari profil L	119
Tabel 5.45 RAB dari profil I	120
Tabel 5.46 RAB dari profil T	121

## ABSTRAK

Indonesia memiliki rumah adat dengan bentuk atap yang unik seperti pada rumah adat Gadang, Joglo dan Tongkonan. Bentuk tersebut akan berpengaruh terhadap kekuatan atap dan biaya pelaksanaan, sehingga dalam perencanaan pekerjaan atap memerlukan pertimbangan faktor kekuatan dan ekonomi. Material yang paling umum digunakan sebagai rangka atap pada rumah adat adalah kayu. Akan tetapi, karena persediaan kayu yang semakin menipis, digunakan material pengganti yaitu baja. Tujuan penelitian ini untuk mencari profil baja yang paling optimum dari segi kekuatan dan ekonomis untuk digunakan pada rangka atap rumah adat. Tahapan perencanaan dimulai dari perhitungan pembebanan dari model struktur dengan profil yang telah ditentukan yaitu 2L, L, I, dan T. Selanjutnya struktur dianalisis kekuatan dan ekonominya untuk mendapatkan profil paling optimum. Dari hasil analisis didapatkan bahwa profil yang paling optimum adalah profil L dengan kekuatan yang sudah aman dan harga paling murah.

**Kata kunci :** Rangka atap, Baja, Atap rumah adat, Gaya dalam

## **ABSTRACT**

*Indonesia has traditional houses with unique roof shapes such as the traditional houses of Gadang, Joglo and Tongkonan. The shape of this roof will affect the strength of the roof and the cost of implementation, so that in planning the roof work it is necessary to consider the strength and economic factors. The material most commonly used as a roof frame in traditional houses is wood. However, due to the supply of wood, a substitute material was used, namely steel. The purpose of this study is to find the most optimum steel profile in terms of strength and economy for use in the roof truss of traditional houses. The planning stage starts from the calculation of the loading of the structural model with a predetermined profile, namely 2L, L, I, and T. Furthermore, the structure is analyzed for its strength and economy to obtain the most optimum profile. From the results of the analysis, it was found that the most optimum profile is the L profile with the safest strength and the cheapest price.*

**Keywords :** Roof truss, Steel, Tradisional roof house



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Konstruksi atap memiliki peran penting untuk melindungi seluruh ruangan yang ada pada sebuah bangunan. Hal yang memengaruhi konstruksi atap diantaranya suhu (sinar matahari), cuaca (air hujan dan kelembaban udara) dan gaya horizontal (angin dan gempa). Atap dapat dikatakan baik jika strukturnya kuat/kokoh dan awet/tahan lama. Oleh karena itu, kekuatan sebuah atap bergantung pada struktur pendukung atap.

Ada berbagai jenis dan bentuk atap yang disesuaikan dengan kebutuhan. Jenis dan bentuk atap ini akan berpengaruh terhadap kekuatan atap serta keindahan suatu bangunan. Sebelum melaksanakan pekerjaan atap, perlu dilakukan perancangan berupa desain dan perhitungan struktur atap. Dengan mempertimbangkan aspek kekuatan dan keindahan pada suatu atap, maka konstruksi kuda-kuda akan berbeda satu sama lain.

Indonesia merupakan negeri yang sangat kaya akan budaya salah satunya adalah suku bangsa dan rumah adat yang beragam. Di antara banyaknya suku di Indonesia, terdapat rumah-rumah adat yang memiliki bentuk atap yang unik dan berbeda dengan bentuk atap pada umumnya. Rumah adat tersebut diantaranya adalah rumah adat Gadang, rumah adat Joglo dan rumah adat Tongkonan.

Rumah adat Gadang merupakan rumah adat suku Minangkabau yang berada di Provinsi Sumatra Barat. Keunikan rumah adat ini adalah desain atap yang melengkung dan berujung runcing menyerupai tanduk kerbau. Rumah adat Joglo merupakan rumah adat suku Jawa yang mayoritas berada di Jawa Tengah, Yogyakarta dan Jawa Timur. Ciri khas dari atap rumah adat ini adalah bentuk atap yang merupakan perpaduan antara dua bidang yaitu atap segitiga dan trapezium yang mempunyai sudut kemiringan berbeda. Rumah adat Tongkonan merupakan rumah adat masyarakat Toraja yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan. Rumah adat ini memiliki model atap melengkung menyerupai perahu,

Material yang paling umum digunakan sebagai rangka atap pada rumah adat adalah material kayu. Namun persediaan kayu semakin menipis yang disebabkan oleh maraknya penggunaan material kayu ditambah dengan adanya penebangan liar. Seiring dengan berkembangnya pembangunan di Indonesia, teknologi dalam dunia konstruksi juga semakin berkembang. Dengan adanya teknologi tersebut agar penggunaan kayu dapat dikurangi, digunakan material pengganti kayu yaitu baja. Material baja memiliki banyak keunggulan, salah satunya yang berkaitan dengan aplikasi pada atap rumah adat adalah dapat digunakan pada bentang yang relatif besar.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, harga dari baja terbilang cukup mahal dikarenakan proses pengolahan sumber daya yang sulit. Oleh karena itu penggunaan material baja harus direncanakan dengan baik agar tidak mengeluarkan banyak biaya. Semakin sedikit kebutuhan material maka akan semakin ekonomis, selain itu faktor bentuk rangka juga ikut memengaruhi.

Ketika merancang struktur rangka atap yang menggunakan profil baja maka perlu dicari suatu profil yang paling optimum. Hal ini dilakukan agar konstruksi atap memiliki kualitas terbaik yang kuat dan awet dalam menahan pengaruh dari luar. Jenis profil baja yang sering digunakan pada struktur atap diantaranya 2L, L, I, T dan U yang memiliki kelebihan masing-masing. Untuk mencari profil yang paling kuat dapat dilakukan dengan membandingkan profil baja.

Dalam perancangan ini profil baja yang akan dibandingkan adalah pada struktur rangka atap rumah adat, dimana setiap atap rumah adat memiliki ciri khas bentuknya yang unik dan rumit. Bentuk atap yang tidak biasa akan memengaruhi tingkat kesulitan dalam pekerjaan atap sehingga harganya akan semakin mahal. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan mencari profil baja yang paling optimum dari segi kekuatan dan ekonomis. Sehingga rumah adat Gadang, rumah adat Joglo dan rumah adat Tongkonan akan memiliki struktur rangka atap yang tidak hanya kuat, aman dan nyaman tetapi juga ekonomis.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, rumusan masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana profil baja yang optimum dari segi kekuatan dan ekonomis untuk masing-masing rumah adat (Gadang, Joglo dan Tongkonan)?
2. Berapa kebutuhan material dan anggaran biaya untuk rangka atap baja dari masing-masing rumah adat?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang didapatkan berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui profil baja yang paling optimum untuk digunakan sebagai rangka atap pada rumah adat Gadang, rumah adat Joglo dan rumah adat Tongkonan.
2. Mengetahui kebutuhan material dan anggaran biaya untuk rangka atap baja dari masing-masing rumah adat.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui tata cara pemilihan profil baja yang paling optimum pada rangka atap baja.
2. Mendapatkan dimensi profil baja paling optimum pada rangka atap baja rumah adat Gadang, rumah adat Joglo dan rumah adat Tongkonan.
3. Mengetahui tata cara menghitung kekuatan pada rangka atap baja
4. Mendapatkan kebutuhan material dan perkiraan anggaran biaya pada rangka atap baja rumah adat Gadang, rumah adat Joglo dan rumah adat Tongkonan.
5. Menambah pengetahuan dalam bidang perencanaan struktur atap.

## **1.5 Batasan Penelitian**

Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Objek penelitian adalah rangka atap rumah adat Gadang, rumah adat Joglo dan rumah adat Tongkonan.

2. Material yang digunakan untuk rangka atap adalah baja.
3. Profil baja yang digunakan dalam struktur kuda-kuda berupa profil 2L, L, I dan T. Untuk gording menggunakan profil U.
4. Profil kuda-kuda atap baja yang direncanakan menggunakan bentang 6 meter, jarak antar kuda-kuda 3 meter dan panjang bangunan 15 meter.
5. Beban yang dihitung adalah beban hidup, mati dan angin.
6. Besar biaya ditinjau dari kebutuhan material profil dan sambungan.
7. Peraturan baja yang digunakan adalah SNI-1729-2015



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pendahuluan**

Dalam suatu penelitian membutuhkan teori-teori yang mendasari masalah dan bidang yang akan diteliti. Teori-teori tersebut merupakan tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan dan dasar dalam analisis perbandingan gaya dalam struktur rangka atap dengan menggunakan profil baja. Dari tinjauan pustaka dapat diperoleh informasi tentang penelitian sejenis dan berkaitan dengan penelitian sehingga akan bermanfaat dan dapat menjadi referensi dalam penelitian.

#### **2.2 Penelitian Sebelumnya**

Pada penelitian ini dicantumkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya. Berikut merupakan penelitian sebelumnya yang dianggap mempunyai keterkaitan sehingga dapat dijadikan sebagai studi pustaka :

1. Optimasi Struktur Rangka Batang Baja dari Beberapa Model Struktur Rangka Atap dengan Menggunakan Program Aplikasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Achmad Bilal dan Herlambang Anton B. (2000) ini berisi tentang mencari suatu model struktur rangka batang atap baja yang paling optimum dari beberapa model struktur rangka batang atap yang ada pada panjang bentang tertentu dengan menggunakan alat bantu komputer, melalui suatu software atau program aplikasi tertentu.

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. Diperoleh program aplikasi tertentu yang dapat menganalisa suatu struktur rangka batang, selanjutnya dapat merekomendasikan profil-profil yang dibutuhkan, aman dalam menerima beban, dan defleksi struktur yang terjadi tidak melebihi batas yang ditentukan.
- b. Mencari suatu model struktur rangka batang atap baja yang paling optimum (paling ringan) dari berbagai model struktur rangka batang atap yang ada pada panjang bentang tertentu.

Penelitian ini memiliki hasil sebagai berikut :

- a. Pada bentang 45 ft model yang paling optimum adalah model Howe.
  - b. Pada bentang 60 ft model yang paling optimum adalah model Chambered Warren.
  - c. Pada bentang 75 ft, 90 ft, 105 ft, 120 ft, dan 150 ft model yang paling optimum adalah model Chambered Howe.
  - d. Pada bentang 180 ft model yang paling optimum adalah model Chambered Howe modifikasi.
2. Studi Analisa Atap Rangka Baja Model Paralel Dan Segitiga Berdasarkan SNI 03-1729-2002

Penelitian yang dilakukan oleh Safrin Zuraidah, Budi Hastono, Yasir Arofah (2018) ini berisi tentang studi analisa kuda-kuda rangka baja dengan membandingkan atap rangka baja Model Paralel dan Segitiga baja menggunakan profil double siku sama kaki berdasarkan SNI 03-1729-2002 yang menghasilkan desain yang kuat dan efisien dengan lebar bentangan 20 m dan 30 m. Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui stabilitas dan kekuatan dari dua model kuda-kuda rangka baja dengan bentangan yang berbeda.
- b. Untuk menentukan desain kontruksi kuda-kuda rangka baja yang paling kuat dan efisien dari 2 model yang sudah dianalisa.

Penelitian ini memiliki hasil sebagai berikut :

- a. Berdasarkan hasil perhitungan pada grafik berat total terhadap variasi bentangan, maka dalam perencanaan ini bahwa rangka kuda-kuda model paralel lebih efisien dari model segitiga karena adanya perbedaan dimensi profil dan panjang batang pada kedua jenis model kuda-kuda.
3. Perbandingan Berat Kuda-Kuda (Rangka) Baja Jenis Rangka Howe Dengan Rangka Pratt

Penelitian yang dilakukan oleh Azhari dan Alfian (2015) ini berisi tentang rangka baja jenis Howe dan Pratt yang dibandingkan untuk diketahui mana yang lebih ringan dari keduanya, dengan cara menghitung beban, gaya batang,

pemilihan dimensi profil yang aman, hingga diketahui berat total profil batang dari masing-masing rangka batang.

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. mengetahui menghitung dan membandingkan berat rangka Howe dan rangka Pratt sehingga dapat dipilih mana yang lebih ringan sehingga secara umum lebih ekonomis untuk diterapkan di lapangan.

Penelitian ini memiliki hasil sebagai berikut :

- a. Berat total rangka howe = 189,7 kg dan rangka Pratt = 239,1 kg. Berarti rangka howe lebih ringan 20,7% daripada rangka Pratt sehingga secara umum juga lebih ekonomis (murah).
  - b. Rangka howe lebih ringan dari rangka Pratt karena adanya perbedaan panjang batang pada kedua jenis rangka yaitu batang diagonalnya, dimana pada rangka howe lebih pendek dari rangka Pratt.
  - c. Dalam perencanaan ini faktor panjang batang lebih dominan pengaruhnya terhadap berat batang rangka daripada jenis gaya batang.
4. Perbandingan Volume Kebutuhan Material Kuda-Kuda Rangka Atap Baja Tipe Pratt, Howe, Compound Fan

Penelitian yang dilakukan oleh Irika Widiyanti, Adhi Purnomo, dan Arif Budiman (2015) ini berisi tentang perbandingan kebutuhan material baja pada kuda-kuda bentuk Pratt truss, Howe Truss, dan Compound Fan Truss sehingga dapat diketahui jumlah penggunaan kebutuhan material baja terkecil dan bentuk rangka yang paling ekonomis dalam pemakaian bahan .

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. Mengetahui perbandingan kebutuhan material baja pada kuda-kuda rangka atap tipe Pratt Truss, Howe Truss, dan Compound Fan Truss hanya pada bentangan 24 meter, sehingga dapat diketahui bentuk kuda-kuda yang paling ekonomis dalam penggunaan bahan material baja.

Penelitian ini memiliki hasil sebagai berikut :

- a. Tipe kuda-kuda Compound Fan Truss memiliki jumlah kebutuhan material baja yang terkecil pada bentangan 24 m dengan nilai 1220,51 kg, kuda-kuda Bentuk Howe truss memiliki jumlah kebutuhan material baja

lebih besar dari kuda-kuda Compound Fan Truss dengan nilai 1870,12 kg, sedangkan kuda-kuda bentuk Pratt Truss memiliki jumlah kebutuhan material paling besar pada bentang ini dengan jumlah kebutuhan material baja mencapai nilai 2112,37 kg.

#### 5. Studi Perbandingan Struktur Rangka Atap Baja Untuk Berbagai Type

Penelitian yang dilakukan oleh M. Fauzan Azima Lubis (2009) ini berisi tentang tata cara perancangan struktur rangka baja yang terdiri dari perencanaan pembebanan, analisis struktur, perancangan batang tarik dan batang tekan dan perencanaan sambungan struktur rangka baja serta perbandingan antar profil siku, channel, besi beton, I dan castella sehingga dihasilkan suatu profil yang lebih ekonomis.

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. Merencanakan dan memilih struktur penyangga atap baja yang lebih ekonomis serta dapat membedakan perencanaan berdasarkan peraturan SNI 2002 dengan peraturan lama.

Penelitian ini memiliki hasil sebagai berikut :

- a. Untuk rangka baja howe, IWF dan polenciau tidak ekonomis untuk bentang yang panjang, lebih baik menggunakan profil CNP + Besi beton.
- b. Proses perhitungannya cukup mudah untuk profil I dan castella, tetapi Castella pemotongannya cukup rumit
- c. Profil CNP + Besi beton lebih ekonomis dibandingkan dengan profil yang lain.



### 2.3 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan penelitian sebelumnya penelitian sekarang dan penelitian terdahulu memiliki perbedaan yang dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu**

Nomor	Judul	Nama Peneliti	Tahun	Kata Kunci	Variabel	Metode	Hasil
1	Optimasi Struktur Rangka Batang Baja dari Beberapa Model Struktur Rangka Atap dengan Menggunakan Program Aplikasi	Achmad Bilal dan Herlambang Anton B.	2000	Rangka batang, baja, rangka atap, program aplikasi, optimasi struktur	Optimasi Struktur Rangka Batang Baja	Membandingkan analisa gaya dalam antar objek menggunakan program computer SAP90 dan program aplikasi yang dibuat	Model struktur rangka atap memiliki tingkat optimumnya masing-masing tergantung panjang bentangnya
2	Studi Analisa Atap Rangka Baja Model Paralel Dan Segitiga Berdasarkan SNI 03-1729-2002	Safrin Zuraidah, Budi Hastono dan Yasir Arofah	2018	Profil, desain, efisien, parallel, segitiga	Analisa Atap Rangka Baja	Menganalisa atap rangka baja menggunakan SAP2000 berdasarkan SNI 03-1729-2002	Rangka kuda-kuda model paralel lebih efisien dari model segitiga

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

Nomor	Judul	Nama Peneliti	Tahun	Kata Kunci	Variabel	Metode	Hasil
3	Perbandingan Berat Kuda-Kuda (Rangka) Baja Jenis Rangka Howe Dengan Rangka Pratt	Azhari dan Alfian	2015	Berat rangka atap, rangka Howe, rangka Pratt	Perbandingan berat kuda-kuda	Menghitung beban dan gaya untuk mendapatkan dimensi profil kemudian dibandingkan	Rangka howe lebih ringan dari rangka Pratt, faktor panjang batang berpengaruh terhadap berat batang rangka daripada jenis gaya batang.
4	Perbandingan Volume Kebutuhan Material Kuda-Kuda Rangka Atap Baja Tipe Pratt, Howe, Compound Fan	Irika Widiasanti, Adhi Purnomo dan Arif Budiman	2012	Kuda-kuda baja, kebutuhan material	Perbandingan volume kebutuhan material kuda-kuda	Menganalisa gaya menggunakan SAP2000 untuk mendapatkan dimensi profil lalu dibandingkan antar kuda-kuda	Tipe kuda-kuda Compound Fan Truss memiliki jumlah kebutuhan material baja yang terkecil
5	Studi Perbandingan Struktur Rangka Atap Baja Untuk Berbagai Type	M. Fauzan Azima Lubis	2009	Rangka atap, baja	Perbandingan struktur rangka atap	Merencanakan struktur yang ekonomis dengan membandingkan SNI 2002 dan peraturan lama	Profil CNP + Besi beton lebih ekonomis dibandingkan dengan profil yang lain.

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu**

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Nama Peneliti</b>	<b>Tahun</b>	<b>Kata Kunci</b>	<b>Variabel</b>	<b>Metode</b>	<b>Hasil</b>
6	Analisa Profil Baja Pada Struktur Rangka Atap Rumah Adat Gadang, Joglo dan Tongkonan	Rhesnu Prayogia Cahyadi	2020	Rangka atap, baja, atap rumah adat,	Analisa perbandingan profil baja	Membandingkan kekuatan profil baja menggunakan program komputer SAP2000 dan sisi ekonomisnya	Profil baja untuk setiap rangka atap rumah adat yang paling optimum dari segi kekuatan dan ekonomis

Berdasarkan Tabel 2.1 tersebut, dapat disimpulkan perbedaan penelitian sekarang dan terdahulu adalah sebagai berikut :

1. Rangka atap yang dijadikan objek penelitian merupakan rangka atap rumah adat yaitu Rumah Gadang, Joglo dan Tongkonan
2. Profil baja yang digunakan adalah 2L, L, I dan T untuk kuda-kuda, dan profil U untuk gording
3. Output yang dihasilkan dari penelitian adalah rangka atap rumah adat dengan profil baja yang memiliki kekuatan paling optimum dan ekonomis.

Selain itu terdapat juga persamaan antar penelitian sekarang dan terdahulu sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil analisis struktur rangka atap perlu dilakukan perhitungan gaya dalam (tarik, tekan, lentur dan geser),
2. Diperlukan suatu program komputer seperti SAP2000 untuk menganalisis struktur rangka batang,
3. Dalam perhitungan analisis struktur atap dibutuhkan panduan desain struktur rangka atap seperti SNI,
4. Untuk mencari struktur rangka batang yang paling optimum perlu dilakukan perbandingan dari beberapa model struktur dengan panjang bentang dan beban yang sama.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Rangka Atap

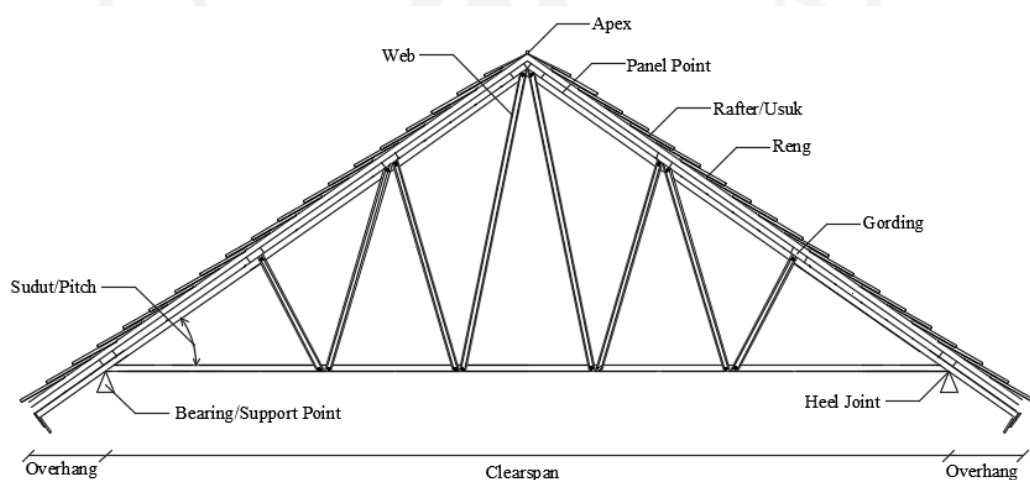
Rangka atap berfungsi untuk menerima dan menahan beban-beban dari penutup atap dan beban sendiri dari komponen rangka atap untuk disalurkan melalui kolom hingga ke pondasi bangunan.

##### 3.1.1 Struktur Rangka Batang (*Truss*)

Rangka batang (*truss*) adalah suatu struktur kerangka yang terdiri dari sejumlah batang yang dihubungkan satu sama lain dengan perantara titik-titik simpul yang berupa sendi tanpa gesekan dimana gaya-gaya luar bekerja melalui titik-titik ini (Chu-Kia Wang, 1985). *Truss* dipilih karena mampu menerima beban yang relatif besar dengan bentang struktur yang panjang.

##### 3.1.2 Komponen Rangka Atap

Pada umumnya, komponen penyusun rangka atap terdiri dari tiga bagian utama yaitu struktur penutup atap, gording dan rangka kuda-kuda. Komponen rangka atap juga terdiri dari elemen lain yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Komponen Penyusun Rangka Atap

### 3.2 Baja

Baja adalah logam murni dengan unsur paduan Ferro (Besi) dan sedikit zat arang(C), Silisium (Si), Mangan (Mn), Fosfor (P), Belerang (S), dan lain-lain. Baja mempunyai keteguhan yang keras dan ke-liatannya, titik lelehnya 1460° C - 1520° C, berat jenis 7,85 dan angka pemuaiannya sampai 0,00012 tiap 1° C (Daryanto, 1998). Beberapa kelebihan dari baja adalah sebagai berikut :

1. Mempunyai kekuatan yang cukup tinggi
2. Ukuran batang yang cukup kecil jika dibandingkan dengan konstruksi yang lain
3. Sangat baik digunakan untuk bentang yang panjang
4. Dapat dibongkar dengan cepat serta ringan
5. Pengangkutan elemen struktur mudah dikerjakan.

Selain memiliki kelebihan, baja juga memiliki beberapa kekurangan sebagai berikut :

1. Ukuran penampang yang kecil, sehingga angka kelangsingan besar dan mengakibatkan bahaya tekuk
2. Kurang tahan terhadap suhu tinggi
3. Memerlukan pemeliharaan yang tetap, yang membutuhkan biaya yang tidak sedikit.

#### 3.2.1 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik baja adalah kemampuan baja dalam memikul dan memberikan perlawanan apabila diberikan beban. Baja memiliki kekuatan tinggi pada kekuatan tarik sehingga sifat mekanik baja dapat diperoleh dengan melakukan uji tarik. Dari pengujian tarik pada akan diperoleh tegangan dan regangan yang dapat dihitung dengan rumus.

Tegangan adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satu satuan luas penampang. Tegangan dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.1.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

dengan :

- $\sigma$  = Tegangan (MPa)  
 $P$  = Beban/Gaya aksial (N)  
 $A$  = Luas penampang ( $mm^2$ )

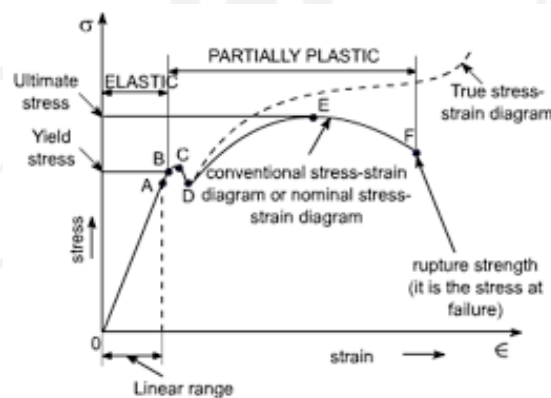
Regangan adalah perubahan pada ukuran benda karena gaya dalam kesetimbangan dibandingkan dengan ukuran semula. Regangan dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.2.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (3.2)$$

dengan :

- $\varepsilon$  = Regangan  
 $\Delta L$  = Pertambahan panjang  
 $L$  = Panjang akhir (mm)  
 $L_0$  = Panjang awal (mm)

Hubungan antara tegangan dan regangan terdapat pada diagram tegangan dan regangan. Diagram ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan jenis perilaku dari suatu bahan. Diagram hubungan tegangan dan regangan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2 Diagram Hubungan Tegangan dan Regangan**

(sumber : Joshi, 2018)

Berdasarkan diagram di atas hubungan tegangan dan regangan dimulai dari titik 0 membentuk garis lurus menuju titik A. Garis ini disebut daerah proporsional

yaitu daerah dimana penambahan tegangan akan diikuti dengan penambahan regangan secara proporsional dan linier. Pada titik A adalah limit proporsional dimana terjadi tegangan maksimum dan tidak terjadi perubahan bentuk ketika diberikan beban. Pada titik A juga merupakan batas elastis, sehingga daerah OA merupakan daerah elastis yang berarti daerah dimana baja akan kembali ke bentuk semula bila tegangan dihilangkan. Jika tegangan yang diberikan ke beban terus meningkat hingga melewati batas elastis maka regangan mulai meningkat secara lebih cepat untuk setiap pertambahan tegangan dan bahan tidak akan kembali ke bentuk semula. Titik A adalah batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Kemudian kurva akan mengalami kemiringan yang berangsur-angsur semakin kecil sampai pada titik B.

Mulai dari titik B hingga titik C kurva membentuk garis horisontal yang cukup panjang. Garis yang membentuk pola horisontal menunjukkan bahwa pada daerah ini terjadi regangan yang cukup panjang dan tidak ada penambahan gaya tarik. Pada titik B merupakan titik luluh, sehingga daerah BC merupakan daerah luluh atau plastis sempurna yang berarti daerah dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan yang menyebabkan baja menjadi luluh adalah tegangan luluh (*yield stress*).

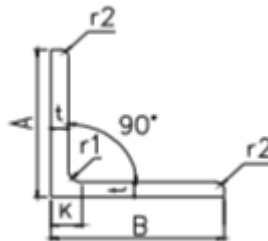
Setelah mengalami regangan yang cukup panjang pada daerah BC, baja mulai mengalami pengerasan regang (*strain hardening*). Pada daerah ini membutuhkan peningkatan beban tarik, sehingga akan membentuk kurva dengan kemiringan positif mulai dari titik C hingga mencapai titik maksimum di titik D. Pada titik D merupakan tegangan ultimit yaitu tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh baja. Setelah baja mencapai titik *ultimate*, maka tegangan akan terus berkurang dan terjadi proses necking atau penciutan sampai akhirnya terjadi putus/patah (*fracture*) pada titik E.

### 3.2.2 Jenis Profil Baja

Profil Baja merupakan kategori baja yang memiliki berbagai jenis dan bentuk sesuai dengan standar. Setiap profil baja memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga pemilihan profil baja harus disesuaikan dengan kegunaan dan kebutuhan. Berikut merupakan berbagai jenis dan bentuk dari profil baja :

### 1. Profil Siku (Equal Angle)

Profil siku merupakan profil baja yang berbentuk seperti huruf “L” dan siku dengan sudut  $90^\circ$ . Jenis profil ini biasanya digunakan untuk bracing, truss, balok, batang rangka kuda-kuda dan struktur-struktur ringan yang lain. Bentuk profil siku ditunjukkan pada Gambar 3.3.

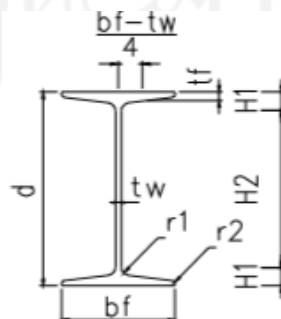


**Gambar 3.3 Profil Siku**

(Sumber : Tabel Profil Baja)

### 2. Profil IWF (Wide Flange)

Profil IWF merupakan profil baja yang berbentuk seperti huruf “I”. Jenis profil ini merupakan profil yang memiliki kuat tarik dan tekan yang sangat tinggi sehingga dapat menahan beban aksial dengan baik. Kepadatan yang cukup tinggi membuat profil ini tidak terlalu berat dalam kapasitas muat beban tetapi memberikan bentuk struktur bahan atau konstruksi yang digunakan menjadi lebih efisien. Selain itu profil ini juga terdiri dari kombinasi struktur dan elemen yang cukup rumit, sehingga pendistribusian beban akan menjadi lebih efektif. Profil ini biasa digunakan untuk tiang pancang, kolom, balok, truss, kantilever dan lain-lain. Bentuk profil IWF ditunjukkan pada Gambar 3.4.



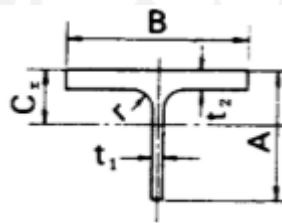
**Gambar 3.4 Profil IWF**

(Sumber : Tabel Profil Baja)



### 3. Profil T Beam

Profil T Beam merupakan profil baja yang berbentuk seperti huruf “T”. Jenis profil ini tidak banyak digunakan dalam sebuah sistem struktural baja, biasanya digunakan sebagai batang pekerjaan rangka batang, kuda-kuda dalam struktur sambungan las, balok kantilever (kanopi) dan balok lantai. Bentuk profil T Beam ditunjukkan pada Gambar 3.5.

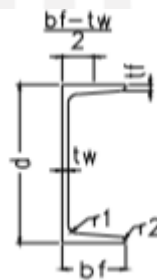


**Gambar 3.5 Profil T Beam**

(Sumber : Tabel Profil Baja)

### 4. Profil U (UNP)

Profil U merupakan profil baja yang berbentuk seperti huruf “U”. Penggunaan baja profil U hampir serupa dengan profil baja Wide Flange, akan tetapi jarang sekali digunakan untuk kolom karena relatif akan lebih mudah mengalami tekukan. Jenis profil ini biasa digunakan untuk bracing dalam konstruksi jembatan baja atau bangunan baja berat. Bentuk profil U ditunjukkan pada Gambar 3.6.



**Gambar 3.6 Profil U**

(Sumber : Tabel Profil Baja)

## 3.3 Analisis Struktur

Analisis struktur merupakan suatu proses dari kegiatan perancangan untuk menentukan efek dari beban pada struktur. Secara umum tahapan dari analisis struktur adalah permodelan struktur, menentukan penampang dan properti material, pembebanan, menganalisis gaya dalam hingga menghasilkan suatu *output* berupa

gaya *ultimate* ( $P_u$ ) dan momen *ultimate* ( $M_u$ ). *Output* tersebut digunakan untuk menghitung gaya dalam yang bekerja pada rangka atap.

### 3.3.1 Penampang dan Properti Material

Penampang yang digunakan pada struktur rangka atap adalah profil baja L, 2L, I dan T untuk bagian struktur kuda-kuda dan profil C pada gording. Properti material dapat diketahui dari tabel profil baja yang disesuaikan dengan profil yang digunakan beserta dimensinya.

### 3.3.2 Pembebanan

Sebelum memulai proses analisis struktur harus diketahui terlebih dahulu beban yang bekerja pada rangka atap. Pedoman yang digunakan untuk menghitung pembebanan yaitu Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (1987). Berikut merupakan beban-beban yang bekerja pada rangka atap :

#### 1. Beban Mati

Beban mati adalah berat semua bagian dari rangka atap yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan yang merupakan bagian tak terpisahkan. Beban mati dari rangka atap adalah rangka atap itu sendiri, sedangkan beban sendiri tambahan yaitu atap genting, ceiling dan celiling hanger.

#### 2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang berubah ubah pada rangka atap dan bersifat tidak tetap. Beban hidup pada atap yaitu beban dari pekerja dan beban hujan.

#### 3. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada rangka atap yang disebabkan oleh perbedaan tekanan udara. Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisapan) yang bekerja tegak lurus pada rangka atap.

#### 4. Kombinasi Beban

Kombinasi beban merupakan kombinasi dari beban mati, hidup, angina dan gempa. Berdasarkan SNI-1727-2013 kombinasi beban pada rangka atap dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.3-3.9.

a.  $1,4D$

(3.3)

$$b. \quad 1,2D + 1,6L + 0,5R \quad (3.4)$$

$$c. \quad 1,2D + 1,6L_r + 0,5W \quad (3.5)$$

$$d. \quad 1,2D + 1,0W + L + 0,5R \quad (3.6)$$

$$e. \quad 1,2D + 1,0E + L \quad (3.7)$$

$$f. \quad 0,9D + 1,0W \quad (3.8)$$

$$g. \quad 0,9D + 1,0E \quad (3.9)$$

dengan :

$D = \text{Dead load/Beban mati}$

$L = \text{Live load/Beban hidup}$

$R = \text{Rain load/Beban hujan}$

$L_r = \text{Roof live load/Beban hidup atap}$

$W = \text{Wind load/Beban angin}$

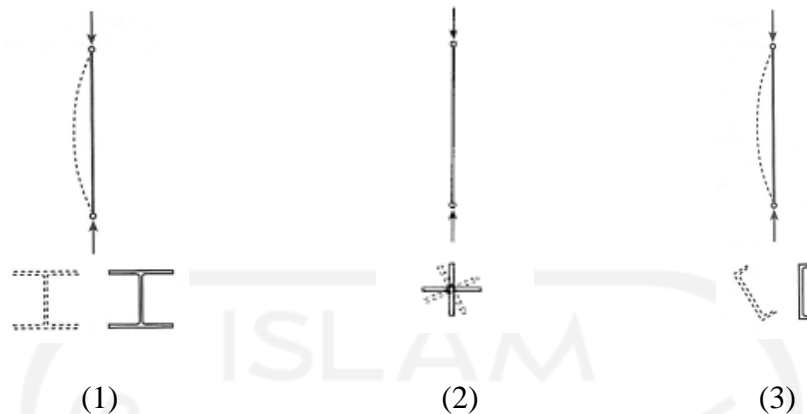
$E = \text{Earthquake load/Beban gempa}$

### 3.4 Gaya Dalam

Gaya dalam adalah gaya yang bekerja di dalam struktur atau gaya yang merambat dari muatan kepada reaksi perletakan. Gaya yang merambat diimbangi dengan gaya yang berasal dari kekuatan struktur berupa gaya lawan dari struktur. Gaya dalam yang bekerja pada struktur rangka atap diantaranya adalah kuat tekan, kuat tarik, kuat geser dan kuat lentur.

#### 3.4.1 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kapasitas dari rangka baja dalam menahan beban. Penampang baja memiliki perilaku kompresi aksial yaitu *Flexural Buckling* (FB), *Torsional Buckling* (TB) dan *Flexural Torsional Buckling* (FTB). Pengaruh FB, TB dan FTB pada batang tekan ditunjukkan pada Gambar 3.7.



**Gambar 3.7 Pengaruh *flexural buckling* (1) *torsional buckling* (2) dan *flexural torsional buckling* (3) pada batang tekan**

(Sumber : Stuart, 2012)

Keadaan batas kuat tekan berbeda-beda tergantung jenis profil yang digunakan dan kelangsingan elemen. Ketentuan tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Penampang Melintang	Tanpa Elemen Langsing		Dengan Elemen Langsing	
	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas
	E3 E4	FB TB	E7	LB FB TB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3	FB	E7	LB FB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB
	E6 E3 E4	FB FTB	E6 E7	LB FB FTB
	E5		E5	
	E3	FB	N/A	N/A
Bentuk tidak simetris selain siku tunggal	E4	FTB	E7	LB FTB

FB = tekuk lentur, TB = tekuk torsi, FTB = tekuk torsi-lentur, LB = tekuk lokal

**Gambar 3.8 Penerapan Keadaan Batas Kuat Tekan Pada Profil**

(sumber : SNI 1729-2015)

Sebelum menghitung kuat tekan harus mempertimbangkan terlebih dahulu stabilitas penampang baja atau kelangsingan baja. Syarat dari kelangsingan baja adalah nilai rasio lebih kecil dari batas tidak langsing ( $b/t < \lambda_r$ ). Berdasarkan SNI 1729-2015 ketentuan batas tidak langsing berbeda tergantung jenis profil yang digunakan.

Berdasarkan SNI-1729-2015 kuat tekan dapat dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.10.

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (3.10)$$

dengan :

$P_n$  = Kuat tekan (N)

$F_{cr}$  = *Critical axial stress*/Tegangan aksial kritis (MPa)

$A_g$  = Luasan penampang ( $mm^2$ )

Tegangan aksial kritis merupakan tegangan aksial ketika batang tekan aksial mengalami kondisi kritis, dimana kondisi kritis merupakan kondisi beban maksimal dapat ditahan penampang baja. Tegangan kritis untuk profil I dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.11 dan 3.12 :

$$1. \text{ Jika } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ maka } F_{cr} = 0,877F_e \quad (3.11)$$

$$2. \text{ Jika } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ maka } F_{cr} = (0,658 \frac{F_y}{F_e}) F_y \quad (3.12)$$

dengan :

K = Faktor koreksi panjang efektif

L = Panjang batang tekan (mm)

E = Modulus elastisitas = 200.000 (MPa)

$F_y$  = Tegangan leleh (MPa)

$F_e$  = Tegangan kritis elastis (MPa)

Tegangan kritis elastis untuk kondisi *flexural buckling* dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.13 dan *torsional buckling* dengan menggunakan Persamaan 3.14.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r^2)} \quad (3.13)$$

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(KL)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (3.14)$$

dengan :

$\pi$  = konstanta = 22/7

$r$  = jari-jari girasi (mm)

$C_w$  = Konstanta lengkung ( $mm^6$ )

$G$  = Modulus geser = 772.200 (MPa)

$J$  = Konstanta puntir ( $mm^4$ )

$I_x, I_y$  = Momen inersia sumbu x dan y ( $mm^4$ )

Tegangan kritis untuk profil 2L dan T dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.15-3.18 :

$$F_{Cr} = \left( \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \quad (3.15)$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{(A_g \bar{r}_o^2)} \quad (3.16)$$

$$H = 1 - \frac{x_0^2 + y_0^2}{\bar{r}_o^2} \quad (3.17)$$

$$\bar{r}_o^2 = x_0^2 + y_0^2 + \frac{(I_x + I_y)}{A_g} \quad (3.18)$$

dengan :

$\bar{r}_o$  = radius girasi polar terhadap pusat geser (mm)

$x_0, y_0$  = koordinat pusat geser terhadap pusat berat (mm)

Konstanta lengkung dan konstanta torsi memiliki rumus yang berbeda-beda dan menyesuaikan dengan profil yang digunakan. Untuk konstanta torsi memiliki

rumus dasar yang dapat dikembangkan menyesuaikan profil. Konstanta torsi dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.19.

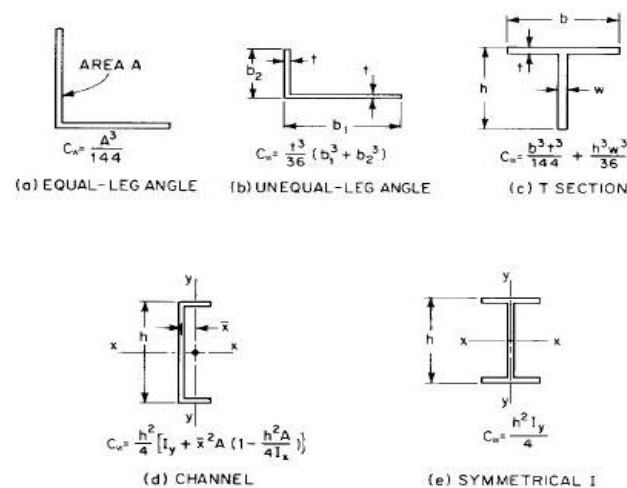
$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 \quad (3.19)$$

dengan :

b = lebar/tinggi penampang (mm)

t = tebal penampang (mm)

Sedangkan konstanta lengkung memiliki rumus yg tetap sesuai dengan profilnya. Konstanta lengkung beserta dengan profilnya ditunjukkan pada Gambar 3.9.



**Gambar 3.9** Kostanta lengkung profil baja

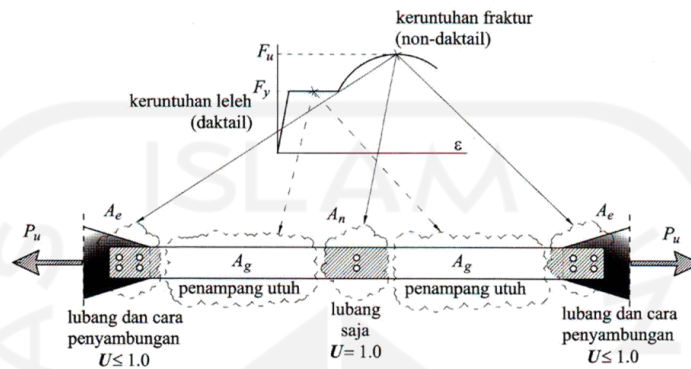
(sumber : Bleich, 1952)

Perhitungan kuat tekan untuk profil L/siku berdasarkan SNI 1729-2015 dapat direncanakan seperti batang tekan biasa yaitu tekuk lentur (FB). Jika elemene profil langsing atau rasio  $b/t > 20$  maka harus dievaluasi juga terhadap punter yaitu tekuk lentur torsi (FTB). Untuk perencanaan dipilih nilai yang paling kecil.

#### 3.4.2 Kuat Tarik

Kuat tarik adalah kekuatan dari baja dalam menahan pembebanan tarik yang bekerja searah dengan sumbunya. Akibat pembebanan tarik, baja memiliki 2

kondisi yaitu leleh yang terjadi pada penampang bruto dan putus yang terjadi pada penampang netto. Kedua kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.10.



**Gambar 3.10 Konsep perencanaan batang tarik**

(sumber : Dewobroto, 2015)

Berdasarkan SNI-1729-2015 kuat tarik dengan kondisi leleh dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.20 dan putus menggunakan Persamaan 3.21.

$$P_n = F_y \times A_g \quad (3.20)$$

$$P_n = F_u \times A_e \quad (3.21)$$

dengan :

$P_n$  = Kuat tarik (N)

$A_e$  = Luas netto efektif ( $mm^2$ )

$A_g$  = Luas bruto dari komponen struktur ( $mm^2$ )

$F_y$  = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa)

$F_u$  = Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa)

Luasan bruto dapat diketahui dari tabel profil baja, sedangkan luasan netto efektif dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.22.

$$A_e = A_n \times U \quad (3.22)$$

dengan :



$A_n$  = Luasan netto ( $mm^2$ )

U = faktor *shear-lag*

Batas maksimum  $A_n$  adalah sebesar  $0,85A_g$ . Dalam penghitungan luas neto, lebar lubang baut harus diambil 2mm lebih besar dari dimensi nominal dari lubang ( $\phi_{lubang} = \phi_{baut} + 2 \text{ mm}$ ). Untuk luas neto dapat diperoleh dengan pengurangan dari lebar bruto dengan jumlah dari diameter atau dimensi slot.

### 3.4.3 Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kemampuan baja yang diletakkan pada dua tumpuan dalam menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu hingga baja patah. Pada perhitungan kuat lentur, stabilitas penampang baja juga harus dipertimbangkan dengan cara cek kekompakan. Terdapat 3 kategori dalam cek kekompakan penampang baja yaitu *compact*, *non compact* dan *slenders*. Penampang *compact* berarti penampang tersebut stabil, penampang *non compact* berarti penampang tersebut tidak stabil sehingga mudah terjadi *buckling* dan penampang *slenders* merupakan penampang yang paling tidak stabil.

Selain stabilitas penampang, dalam perhitungan kuat lentur juga harus menentukan jenis bentang. Penentuan jenis bentang didasarkan pada 3 kondisi yaitu *plastic buckling*, *inelastic buckling* dan *elastic buckling*. Kondisi *plastic buckling* merupakan jenis bentang pendek ( $L < L_p$ ), kondisi *inelastic buckling* merupakan jenis bentang menengah ( $L_p < L < L_r$ ) dan kondisi *elastic buckling* merupakan jenis bentang panjang ( $L > L_r$ ). Berdasarkan SNI-1729-2002  $L_p$  dan  $L_r$  dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.23 dan 3.24.

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.23)$$

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} \quad (3.24)$$

dengan :

$r_y$  = Jari-jari girasi terhadap sumbu lemah (mm)

$r_{ts}$  = Jari-jari girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan (mm)

$c$  = Koefisien

$S_x$  = Modulus penampang elastis yang diambil di sumbu x ( $mm^3$ )

$h_0$  = jarak antar titik berat sayap (mm)

Untuk nilai  $r_y$  dapat diketahui dari tabel profil sesuai profil yang digunakan, sedangkan nilai  $r_{ts}$  dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.25.

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{ht_w}{6b_f t_f} \right)}} \quad (3.25)$$

dengan :

$b_f$  = lebar flange/sayap (mm)

$h$  = tinggi bersih =  $H - \sum t$  (mm)

$t_w$  = tebal web/badan (mm)

$t_f$  = tebal sayap (mm)

Setelah mengetahui jenis bentang maka momen dapat dihitung menggunakan rumus dari SNI 1729-2015, dimana tiap rumus dari momen berbeda menyesuaikan dengan jenis bentang. Momen lentur dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.26-3.28.

1. Bentang pendek

$$M_n = Z \times F_y = M_p \quad (3.26)$$

2. Bentang menengah

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.27)$$

3. Bentang panjang

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p \quad (3.28)$$

dengan :

$M_n$  = Momen nominal (Nmm)

$M_p$  = Momen nominal dalam keadaan plastis (Nmm)

$Z$  = Modulus plastis ( $mm^2$ )

$C_b$  = Faktor pengali momen

Pada kondisi pertama dengan jenis bentang pendek mengalami kondisi plastis, sehingga momen nominal pada jenis bentang ini memiliki rumus yang sama dengan momen plastis. Modulus plastis dalam rumus momen plastis dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.29 dan 3.30.

$$Z = A_T \times d \quad (3.29)$$

$$Z = A_T \times 2y_0 \quad (3.30)$$

dengan :

$A_T$  = Luasan area pada kondisi tarik ( $mm^2$ )

$y_0$  = jarak dari pusat penampang ke pusat gravitasi

Jarak dari pusat penampang ke pusat gravitasi dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.31.

$$y_0 = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} \quad (3.31)$$

dengan :

$A_i$  = Luasan elemen i ( $mm^2$ )

$y_i$  = Jarak dari pusat penampang dengan pusat gravitasi elemen i (mm)

Pada kondisi kedua merupakan jenis bentang menengah dengan kondisi inelastic. Momen nominal pada kondisi ini memiliki nilai momen yang lebih kecil daripada momen plastis. Dalam rumus momen nominal terdapat faktor pengali momen ( $C_b$ ) yang dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.32.

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (3.32)$$

dengan :

$M_{maks}$  = Nilai mutlak momen maksimum di segmen tanpa *bracing* (Nmm)

$M_A$  = Nilai mutlak momen di titik 1/4 dari segmen tanpa *bracing* (Nmm)

$M_B$  = Nilai mutlak momen di sumbu segmen tanpa *bracing* (Nmm)

$M_C$  = Nilai mutlak momen di titik 3/4 dari segmen tanpa *bracing* (Nmm)

Pada kondisi yang terakhir terjadi pada jenis bentang panjang dengan kondisi elastis. Momen nominal pada kondisi elastis adalah momen kritis ( $M_{cr}$ ). Tegangan kritis dalam rumus momen kritis dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.33.

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{rts}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{rts}\right)^2} \quad (3.33)$$

dengan :

$F_{cr}$  = Tegangan kritis (Mpa)

Batang lentur juga mengalami defleksi atau lendutan jika batang tersebut diberi tumpuan pada bagian ujungnya dan terdapat gaya atau beban yang bekerja pada batang tersebut. Defleksi adalah besarnya pergeseran atau perpindahan pada batang akibat dari adanya beban yang bekerja pada batang tersebut. Defleksi beserta syaratnya dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.34-3.37.

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{WL^4}{EI} \quad (3.34)$$

syarat :

$$1. \frac{M_x}{\phi M_{nx}} + \frac{M_y}{\phi M_{ny}} \leq 1,0 \quad (3.35)$$

$$2. M_n \leq M_p \quad (3.36)$$

$$F_y Z_y \leq 1,6 F_y S_y \quad (3.37)$$

dengan :

$\delta$  = defleksi atau lendutan (mm)

$W$  = Beban mati dan hidup (N)

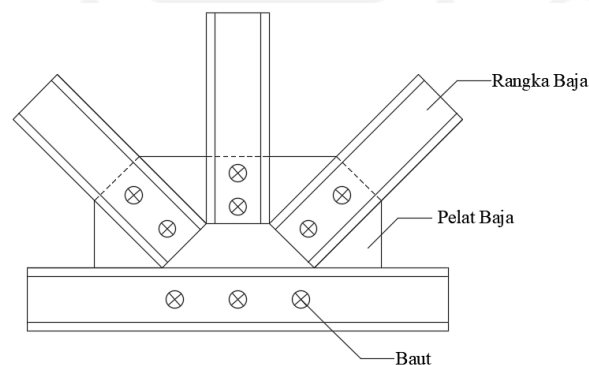
$M_x, M_y$  = Momen lentur terhadap sumbu x (kuat) dan y (lemah)

$M_{nx}, M_{ny}$  = Momen nominal terhadap sumbu x dan y

Apabila hasil lendutan memenuhi syarat maka profil baja yang digunakan aman, namun jika hasil tidak memenuhi syarat maka dimensi profil baja harus diganti dengan dimensi profil lain yang ada pada tabel profil baja dan dilakukan perhitungan ulang.

### 3.5 Kapasitas Sambungan

Sambungan elemen struktur yang digunakan pada baja adalah sambungan menggunakan baut. Semakin tebal elemen yang digunakan maka semakin besar pula diameter baut yang digunakan. Elemen yang digunakan sebagai media penyambung adalah berupa pelat baja. Bentuk dari sambungan baut ditunjukkan pada Gambar 3.11.



**Gambar 3.11 Sambungan baut**

Desain sambungan memiliki prinsip bahwa sistem sambungan harus lebih kuat daripada elemen yang disambung. Sistem akan dievaluasi sebagai sambungan baut tipe geser dengan mekanisme tumpu, dianggap memenuhi syarat jika kekuatannya lebih besar dari batang tarik/tekan tergantung pada batang tersebut terjadi kuat tarik/tekan. Analisis pada sambungan berupa analisis kuat tumpu profil, kuat geser baut dan kuat geser blok.

#### 3.5.1 Kuat Tumpu Baut

Kuat tumpu pelat sambungan memperhitungkan pengaruh deformasi. Jika deformasi memengaruhi fungsi struktur sehingga kekuatannya perlu dibatasi maka dapat dipakai persamaan 3.38 dengan mengambil nilai terkecil.

$$R_n = 1,2l_c t F_u \leq 2,4dt F_u \quad (3.38)$$

Jika terjadi deformasi pada sambungan dianggap tidak memengaruhi fungsi maka kuat tumpu dapat ditingkatkan dengan menggunakan nilai terkecil dari persamaan 3.39.

$$R_n = 1,5l_c t F_u \leq 3dt F_u \quad (3.39)$$

Untuk kuat tumpu dengan lubang baut tipe slot-panjang yang arahnya tegak lurus arah gaya, maka kekuatannya berkurang dan dapat dihitung dengan persamaan 3.40.

$$R_n = 1l_c t F_u \leq 2dt F_u \quad (3.40)$$

dengan :

- $R_n$  = Kuat tumpu lubang baut (N)
- $d$  = Diameter baut (mm)
- $l_c$  = jarak bersih (mm)
- $F_u$  = Tegangan tarik (MPa)
- $t$  = ketebalan material yang disambung (mm)

### 3.5.2 Kuat Geser Baut

Kuat geser per satu baut dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.41 berikut.

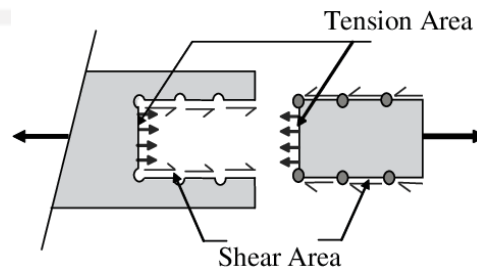
$$R_n = F_{nv} A_b \quad (3.41)$$

dengan :

- $R_n$  = Kuat geser desain (N)
- $F_{nv}$  = Tegangan geser nominal baut (MPa)
- $A_b$  = Luasan baut (mm<sup>2</sup>)

### 3.5.3 Kuat Geser Blok

*Block shear* adalah suatu keruntuhan dengan kombinasi geser dan tarik yang terjadi di sepanjang lubang baut pada batan tarik. Mekanisme *block shear* ditunjukkan pada Gambar 3.12.



**Gambar 3.12 Mekanisme Keruntuhan Geser**

(sumber : Keerthana, 2007)

Pada batang tarik yang mengalami *block shear* terdapat dua kondisi yaitu fraktur dan leleh. Kedua kondisi ditahan dengan tahanan nominal yang dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.42.

$$R_n = 0,6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} \leq 0,6F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt} \quad (3.42)$$

dengan :

$R_n$  = Tahanan nominal (N)

$F_u$  = Tegangan fraktur/putus (MPa)

$A_{nv}$  = Luas netto akibat geser ( $mm^2$ )

$A_{nt}$  = Luas netto akibat tarik ( $mm^2$ )

$A_{gv}$  = Luas bruto akibat geser ( $mm^2$ )

Selain itu terdapat juga faktor pengali untuk tegangan fraktur dan leleh yaitu luasan netto dan bruto. Luasan netto dan bruto dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.43-3.45.

$$A_{gv} = (n - 1)s + jt \quad (3.43)$$

$$A_{nv} = A_{gv} - ((n - 0,5) \times \phi l \times t) \quad (3.44)$$

$$A_{nt} = (jt - 0,5\phi l) \times t \quad (3.45)$$

dengan :

- n = jumlah baut (buah)
- s = spasi antar tulangan = 3d (mm)
- d = diameter tulangan (mm)
- jt = jarak tepi (mm)
- $\phi l$  = diameter lubang = d + 2 mm (mm)
- t = tebal penampang (mm)

Penentuan jarak tepi minimum disesuaikan dengan diameter baut yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Jarak Tepi Minimum dari Pusat Lubang Standar ke Tepi Bagian yang Disambung**

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum (mm)
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
>36	1,25d

(Sumber : SNI 1729 2015)

Dari ketiga mekanisme keruntuhan tersebut dipilih nilai terkecil untuk digunakan sebagai pembanding dengan nilai kuat tarik/tekan dan penentuan jumlah baut. Syarat desain dan dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.46 berikut.

$$\phi R_n > P_n \quad (3.46)$$



dengan :

$P_n$  = Kuat tarik maksimum dari leleh, putus dan block shear atau kuat tekan maksimum dari flexural buckling dan torsional buckling

Elemen yang tidak memenuhi syarat maka harus dilakukan redesain seperti menambah jumlah baut dan mengubah pola penempatan baut. Jumlah baut dapat dihitung menggunakan persamaan 3.47.

$$n = \frac{P_n}{R_n} \quad (3.47)$$

### 3.6 Analisis Biaya

Analisa biaya adalah perhitungan harga satuan pekerjaan berdasarkan perkalian indeks dengan harga. Indeks yang digunakan mengacu pada SNI-7393-2008 untuk rangka atap baja. Hal yang diperhitungkan dalam analisis biaya yaitu bahan dan upah, sehingga analisis biaya dijabarkan menjadi analisis bahan dan analisis upah. Analisis bahan adalah perhitungan volume bahan dan biaya yang dibutuhkan untuk satuan pekerjaan. Sedangkan analisis upah adalah perhitungan upah untuk setiap pekerjaan per satuan luas atau volume.

Hasil dari analisis biaya adalah harga yang sudah dikalikan dengan indeks. Harga tersebut digunakan sebagai pengali dengan volume pekerjaan dalam perhitungan anggaran biaya. Hasil dari anggaran biaya akan berbeda-beda dikarenakan beberapa faktor seperti bahan yang digunakan, upah pekerja dan daerah pekerjaan dilaksanakan.

Untuk pekerjaan atap menggunakan baja, yang paling utama dalam memengaruhi anggaran biaya adalah penampang yang digunakan. Penampang baja memiliki banyak jenis yang merupakan profil baja dengan dimensi yang beraneka ragam. Oleh karena itu pemilihan penampang baja dilakukan secara teliti dan cermat agar anggaran biaya pekerjaan atap menjadi ekonomis.

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Metodologi penelitian adalah proses dalam menganalisis dan mengidentifikasi suatu variabel yang dilakukan secara terencana dan sistematis untuk mendapatkan pemecahan masalah dan jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan tertentu. Dalam penelitian ini langkah-langkah yang dilakukan adalah mencari data yang dibutuhkan kemudian dilanjutkan dengan menganalisis perencanaan struktur. Dari hasil analisis akan dilakukan pengolahan data sehingga dapat ditarik kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

#### **4.2 Subjek Penelitian**

Subjek penelitian pada penelitian ini adalah membandingkan rangka atap yang menggunakan baja untuk mengetahui profil baja yang paling optimum dari segi kekuatan dan ekonomis.

#### **4.3 Objek Penelitian**

Objek penelitian pada penelitian ini adalah rangka atap dari beberapa rumah adat sebagai berikut :

1. Rumah Gadang (Minangkabau, Sumatera Barat)
2. Joglo (Jawa Tengah, Yogyakarta dan Jawa Timur)
3. Tongkonan (Toraja, Sulawesi Selatan)

#### **4.4 Data Penelitian**

Data penelitian diperlukan untuk melakukan analisis struktur dan biaya pada rangka atap. Untuk mendapatkan data yang dibutuhkan maka dilakukan pengumpulan data. Cara mengumpulkan data adalah dengan mencari referensi yang terkait, seperti penelitian sebelumnya, jurnal dan buku. Data yang dibutuhkan untuk penelitian diantaranya adalah sebagai berikut :



2. Tabel profil baja yang berisi ketentuan untuk perencanaan menggunakan profil 2L, L, I, T dan U.
3. Karakteristik material baja
  - a. Modulus elastisitas (E) = 200.000 MPa
  - b. Mutu baja yang digunakan = BJ41
    - Fy = 250 MPa
    - Fu = 410 MPa
4. Indeks dan harga satuan material  
Indeks harga didapat dari SNI-7393-2008 dan harga satuan disesuaikan dengan jenis profil.
5. Peraturan yang digunakan sebagai acuan dalam perancangan  
Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (1987), SNI-1726-2012 dan SNI-1727-2013 digunakan sebagai acuan dalam perhitungan pembebanan. SNI-1729-2015 digunakan sebagai acuan dalam analisis struktur, perhitungan gaya dalam dan kapasitas sambungan.

#### 4.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian harus dilakukan secara sistematis dengan urutan yang jelas dan teratur agar hasilnya berbobot dan tidak meragukan. Berikut adalah tahapan dari penelitian yang dilakukan :

1. Penentuan topik penelitian  
Tahap pertama adalah menentukan topik penelitian yang akan menghasilkan subjek dan objek penelitian.
2. Studi literatur  
Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi yang berkaitan dengan topik penelitian. Referensi didapat dari buku, jurnal, laporan penelitian, dan situs-situs di internet. Selain itu studi literatur juga mengacu pada peraturan seperti SNI yang berkaitan dengan topik penelitian.
3. Pengumpulan data  
Pengumpulan data dibutuhkan untuk tahapan selanjutnya yaitu permodelan dan analisis. Data yang dibutuhkan seperti gambar bentuk rangka atap rumah adat,

profil baja, spesifikasi material dan ketentuan pada peraturan yang digunakan untuk melakukan permodelan dan analisis struktur. Sedangkan untuk analisis biaya, data yang dibutuhkan adalah indeks harga dan harga satuan material.

4. Permodelan struktur

Pada penelitian ini permodelan struktur yang akan didesain adalah rangka atap rumah adat Gadang, Joglo dan Tongkonan. Permodelan struktur dilakukan dengan aplikasi SAP2000 dan dibantu dengan aplikasi Autocad.

5. Perhitungan pembebanan

Sebelum melakukan analisis struktur harus dilakukan perhitungan pembebanan untuk mengetahui besarnya beban yang bekerja pada struktur rangka atap. Beban yang bekerja pada struktur rangka atap diantaranya adalah beban mati, hidup, angin, hujan dan gempa.

6. Analisis struktur

Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan aplikasi SAP2000. Hasil dari analisis struktur adalah gaya *ultimate* ( $P_u$ ) dan momen *ultimate* ( $M_u$ ) pada komponen struktur rangka atap.  $P_u$  dan  $M_u$  tersebut selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan gaya dalam.

7. Perhitungan gaya dalam

Perhitungan gaya dalam dilakukan secara manual dengan menggunakan ketentuan yang mengacu pada SNI-1729-2015. Tujuan dari perhitungan gaya dalam adalah untuk mengetahui apakah struktur rangka atap dengan profil baja yang digunakan mampu memenuhi batas-batas ketentuan yang telah ditetapkan. Batas atau syarat agar dimensi profil yang digunakan layak diaplikasikan pada rangka atap diantaranya adalah :

1.  $\phi P_n > P_u$
2.  $\phi R_n > P_n$
3.  $\frac{M_x}{\phi M_x} + \frac{M_y}{\phi M_y} \leq 1$

8. Analisis biaya dan RAB

Analisis biaya dan RAB dilakukan untuk mencari penggunaan material profil baja yang paling ekonomis. Analisis biaya dihitung dengan mengacu pada indeks SNI.

9. Perbandingan hasil

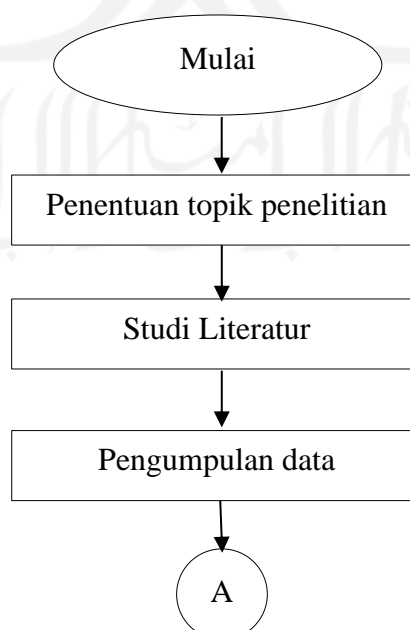
Setelah dilakukan desain struktur rangka atap dengan menggunakan beberapa jenis dimensi profil, maka hasil desain dibandingkan untuk mendapatkan hasil yang paling optimum. Hasil yang dibandingkan antar rangka atap rumah adat diantaranya adalah gaya dalam dan biaya yang dibutuhkan, sehingga akan dihasilkan rangka atap dengan kualitas paling baik dan ekonomis.

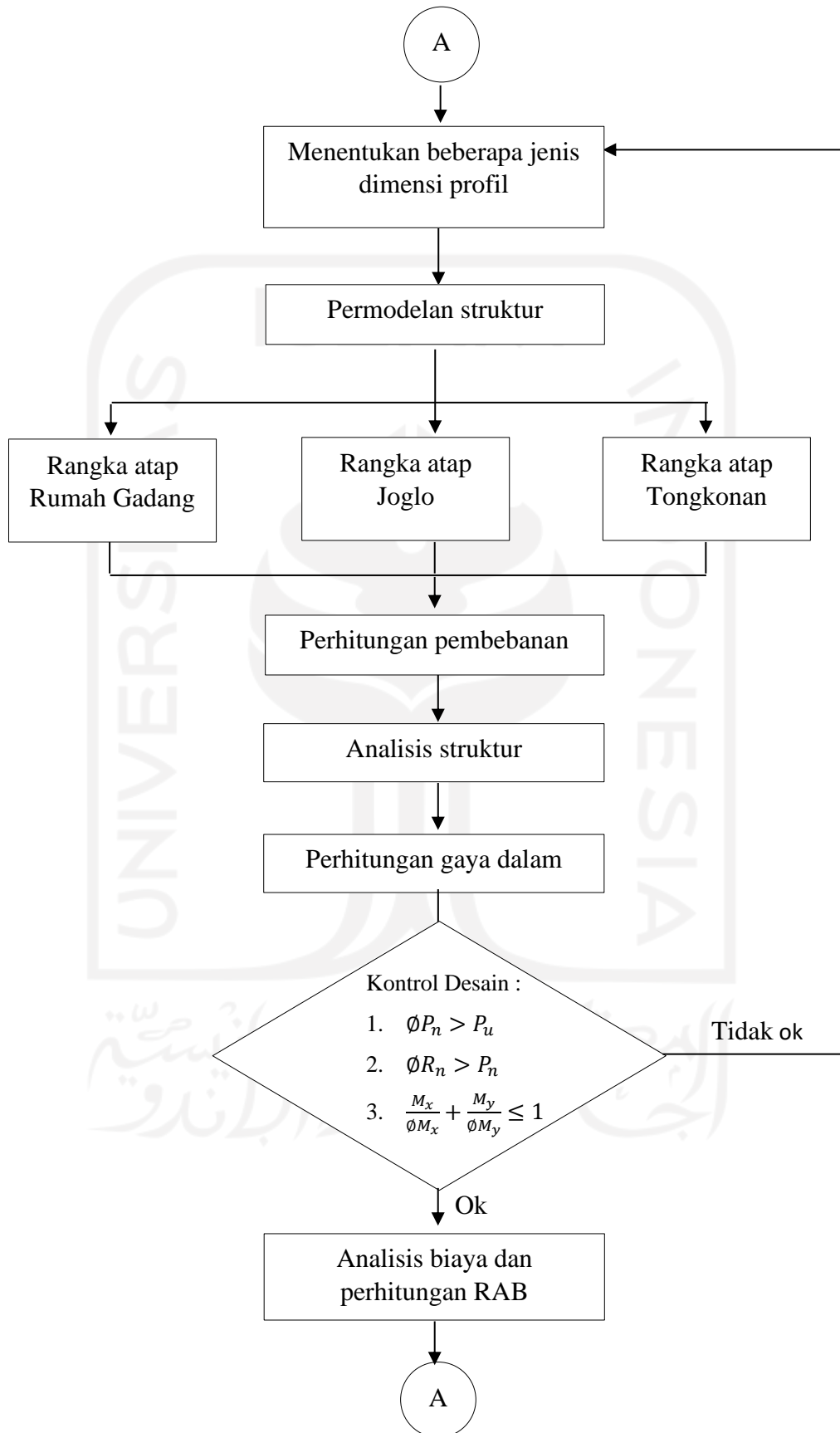
10. Penulisan laporan hasil penelitian

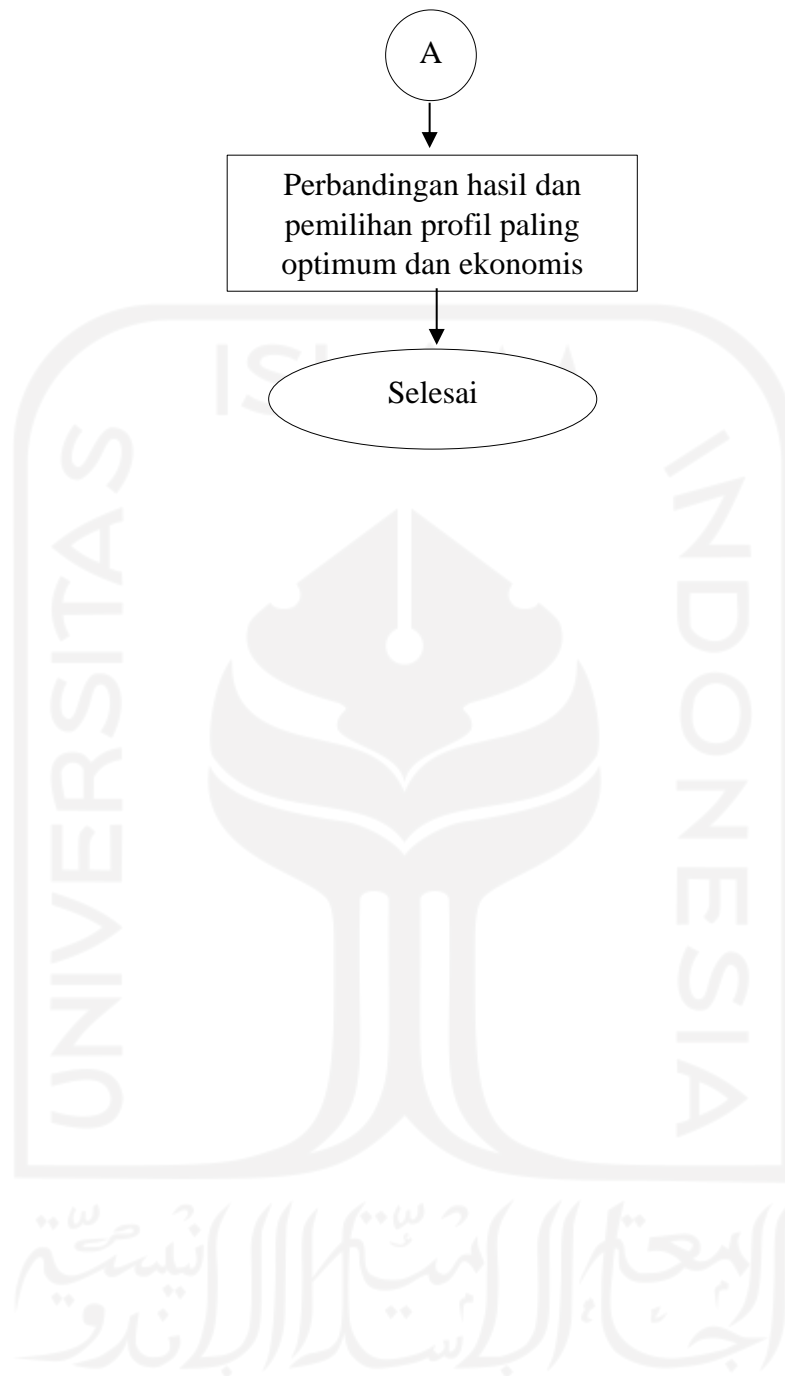
Hasil penelitian selanjutnya dituliskan kedalam laporan berupa pembahasan dan kesimpulan.

#### 4.6 Flowchart Penelitian

*Flowchart* atau bagan alir adalah langkah-langkah dalam penelitian yang digambarkan dengan simbol yang dihubungkan dengan panah. Fungsi dari *flowchart* adalah agar tahapan penelitian menjadi lebih jelas dan memudahkan pemahaman dari tahapan penelitian. *Flowchart* pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.









## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Tipe Rangka Atap

Setiap rumah adat memiliki model atap berbeda-beda yang tersusun oleh struktur rangka atap yang terdiri dari beberapa tipe. Berikut merupakan struktur rangka atap baja yang akan dicari profil paling optimum.

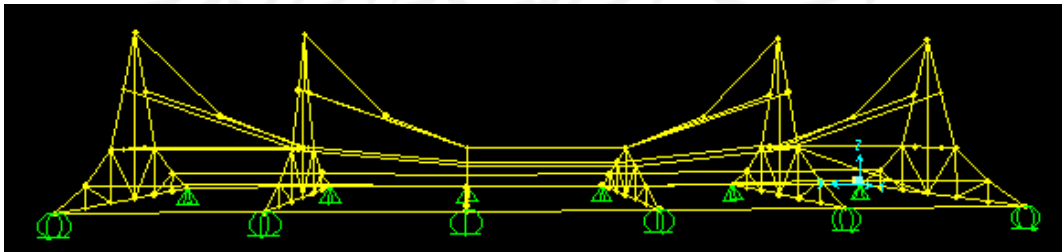
##### 5.1.1 Rumah Adat Gadang

Struktur rangka atap rumah adat Gadang terdiri dari tipe Howe dan Polynesian. Berikut merupakan bentuk atap rumah Gadang dan permodelannya.



**Gambar 5.1 Rumah Adat Gadang**

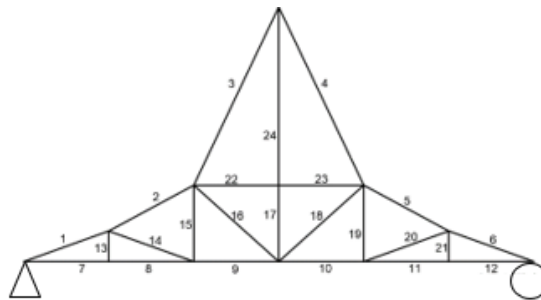
(sumber : cekbahanbangunan.com)



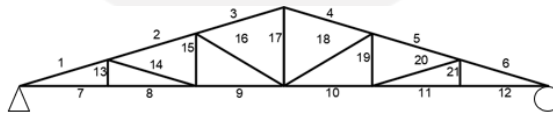
**Gambar 5.2 Rangka Atap Rumah Adat Gadang**



**Gambar 5.3 Tampak Atas Atap Rumah Gadang**



**Gambar 5.4 Tipe Polynesian 1**



**Gambar 5.5 Tipe Howe 1**

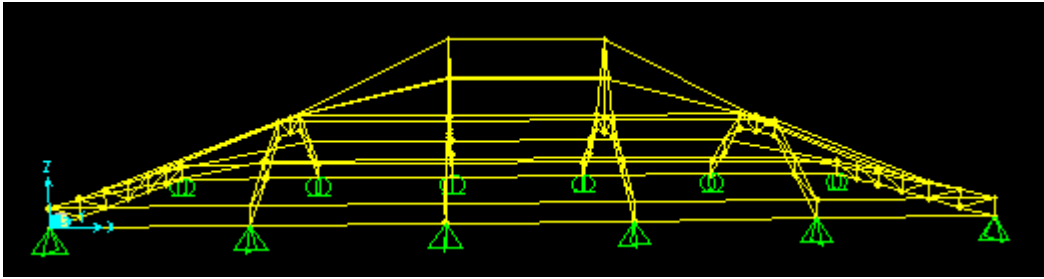
### 5.1.2 Rumah Adat Joglo

Struktur rangka atap rumah adat Joglo terdiri dari tipe Howe, Flat dan Slopping. Berikut merupakan bentuk atap rumah Joglo dan permodelannya.

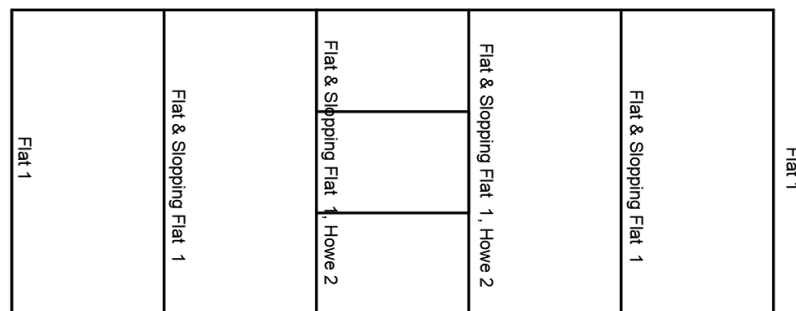


**Gambar 5.6 Rumah Adat Joglo**

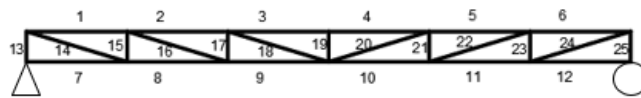
(sumber : Azzahra, 2017)



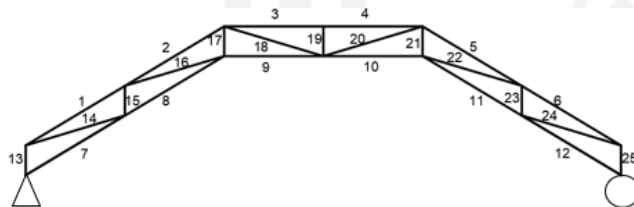
**Gambar 5.7 Rangka Atap Rumah Adat Joglo**



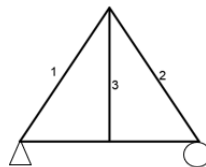
**Gambar 5.8 Tampak Atas Atap Rumah Joglo**



**Gambar 5.9 Tipe Flat 1**



**Gambar 5.10 Tipe Flat and Slopping Flat 2**



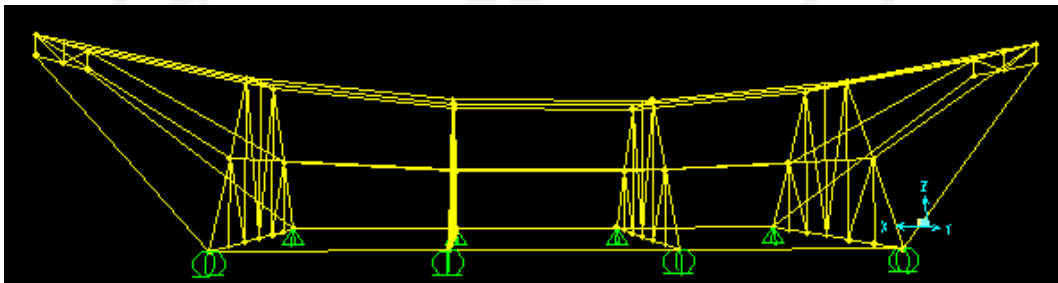
**Gambar 5.11 Tipe Howe 2**

### 5.1.3 Rumah Adat Tongkonan

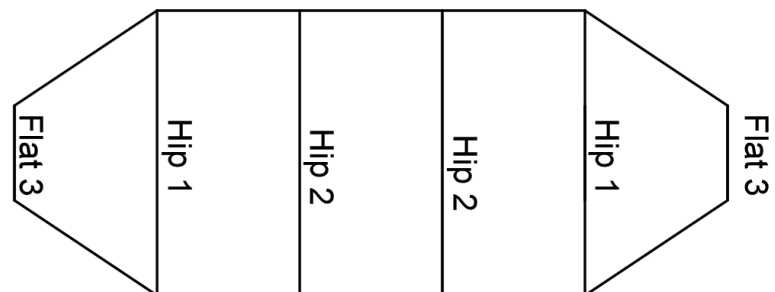
Struktur rangka atap rumah adat Joglo terdiri dari tipe Hip dan Flat. Berikut merupakan bentuk atap rumah Tongkonan dan permodelannya.



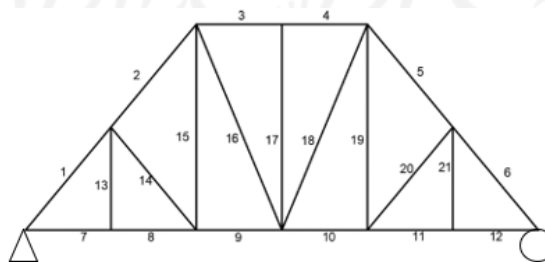
**Gambar 5.12 Rumah Adat Tongkonan**  
(sumber : Korlena,2013)



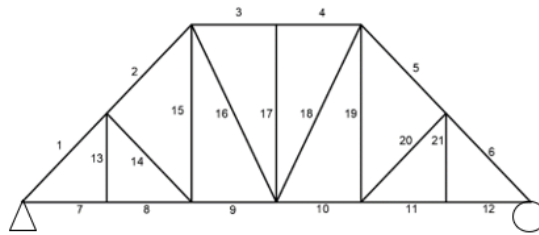
**Gambar 5.13 Rangka Atap Rumah Adat Tongkonan**



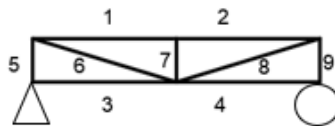
**Gambar 5.14 Tampak Atas Atap Rumah Tongkonan**



**Gambar 5.15 Tipe Hip 1**



**Gambar 5.16 Tipe Hip 2**



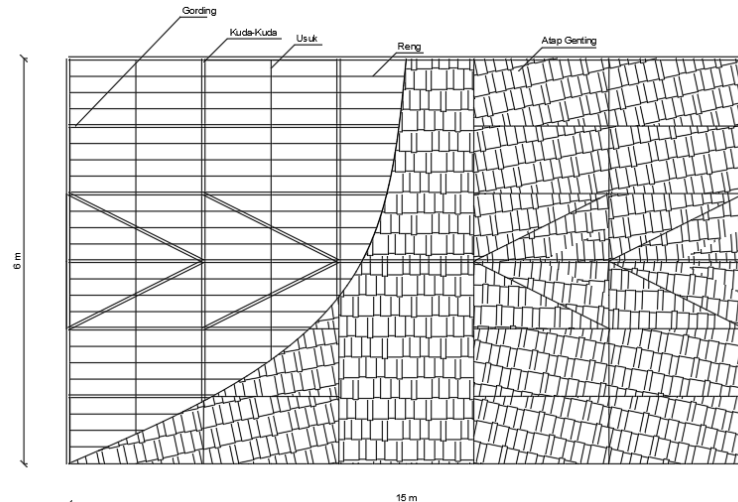
**Gambar 5.17 Tipe Flat 3**

## 5.2 Data Struktur

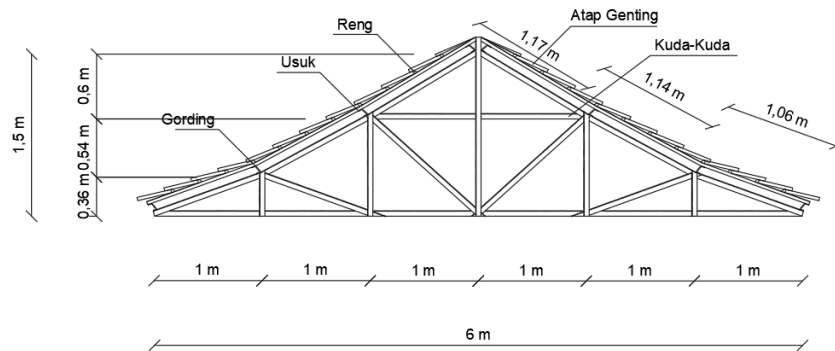
Data struktur yang digunakan untuk analisis adalah sebagai berikut :

1. Profil 2L, L, I dan T untuk kuda-kuda
2. Profil U untuk gording
3. E : 200.000 MPa
4. Mutu Baja : BJ41
5.  $F_y$  : 250 MPa
6.  $F_u$  : 410 MPa
7. Data Dimensi

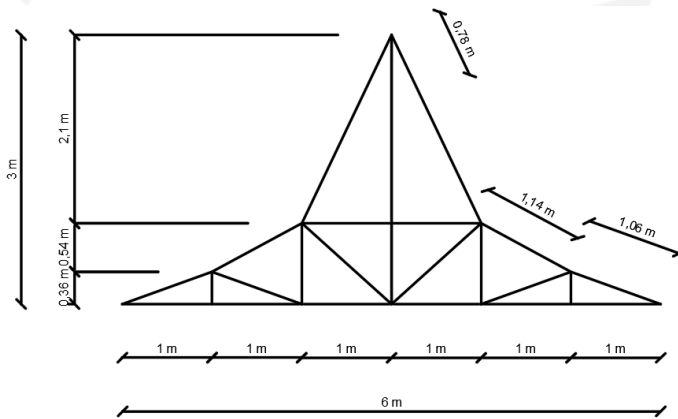
Data dimensi dari tipe rangka atap setiap rumah adat dapat dilihat pada Gambar 5.15-5.28 dan Tabel 5.1.



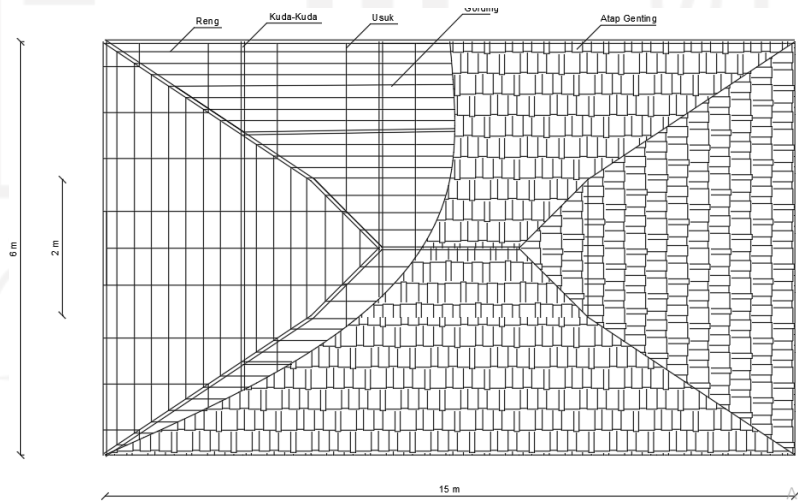
**Gambar 5.18 Dimensi Tampak Atas Rumah Gadang**



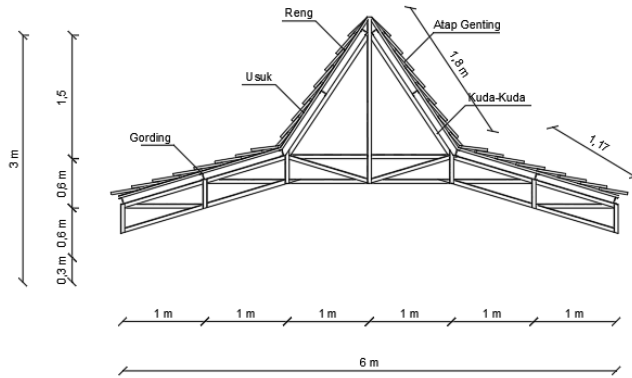
**Gambar 5.19 Dimensi Howe 1**



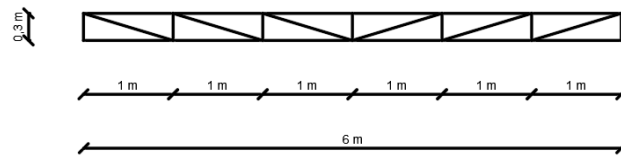
**Gambar 5.20 Dimensi Polynesian 1**



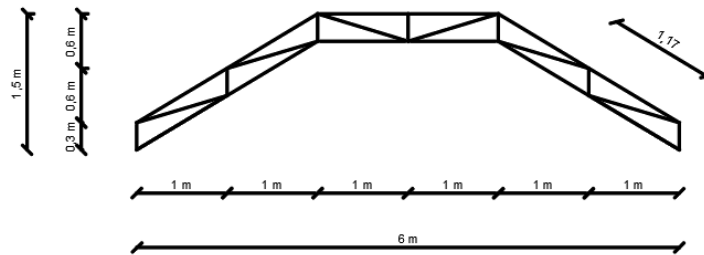
**Gambar 5.21 Dimensi Tampak Atas Rumah Joglo**



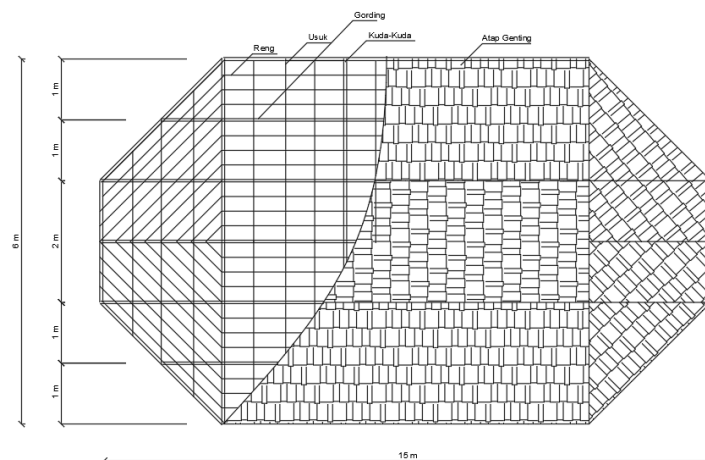
**Gambar 5.22 Dimensi Flat dan Slopping Flat 3 dan Howe 2**



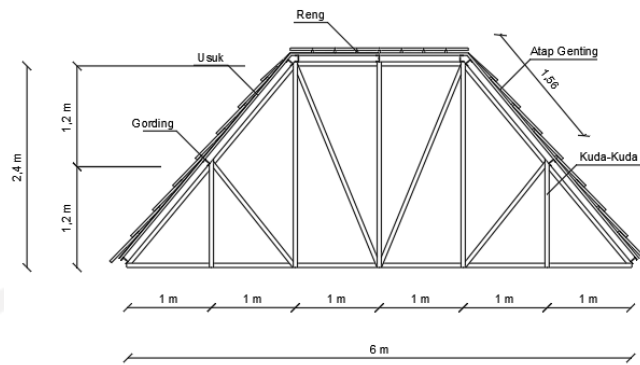
**Gambar 5.23 Dimensi Flat 1**



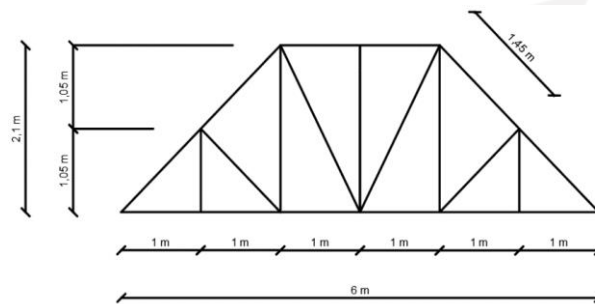
**Gambar 5.24 Dimensi Flat dan Slopping Flat 2**



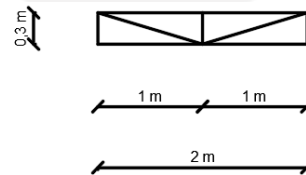
**Gambar 5.25 Dimensi Tampak Atas Rumah Tongkonan**



**Gambar 5.26 Dimensi Hip 1**



**Gambar 5.27 Dimensi Hip 2**



**Gambar 5.28 Dimensi Flat 3**

الجامعة الإسلامية  
الاستدائات



Tabel 5.1 Data Dimensi

No.	Tipe Rumah Adat	Lebar (B)	Tinggi (H)	Panjang (L)	Panjang per Segmen (l)	Sudut Kemiringan ( $\alpha$ )		Jumlah Joint Atas (ja)		Jumlah Joint Bawah (jb)
						miring	datar	miring	datar	
		m	m	m	m	.	.	bh	bh	bh
1	Gadang									
a	Tipe Polynesian 1	6	3	15	1	46,397	-	1	-	-
						24,228	-	6	-	7
b	Tipe Polynesian 2	6	1,5			26,565	-	7	-	7
c	Tipe Howe 1	6	0,9			16,699	-	7	-	7
2	Joglo									
a	Tipe Howe 2	6	1,5	15	1	26,57	-	1	-	3
b	Tipe Flat 1	6	0,6			-	0	-	7	7
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	6	0,9			30,96	0	4	3	7
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 3	6	1,5			30,96	0	6	1	7
3	Tongkonan									
a	Tipe Hip 1	6	2,4	15	1	50,19	0	6	1	7
b	Tipe Hip 2	6	2,1			46,4	0	6	1	7
c	Tipe Flat 4	2	0,3			-	0	-	2	2
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 5	4	0,6			16,7	0	4	1	5

### 5.3 Pembebanan

Asumsi beban yang bekerja pada atap (sesuai PPPRG 1987) terdiri dari :

#### 5.3.1 Beban Mati

Beban mati dari rangka atap adalah rangka atap itu sendiri, sedangkan beban sendiri tambahan yaitu atap genting, plafon dan gantungan plafon. Beban sendiri tambahan berdasarkan SKBI 1987 adalah sebagai berikut :

$$\text{Atap genting} = 50 \text{ kg/m}^2 = 0,491 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Plafon} = 11 \text{ kg/m}^2 = 0,108 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Gantungan plafon} = 7 \text{ kg/m}^2 = 0,069 \text{ kN/m}^2$$

Agar pembebanan dapat diinput di rangka maka beban harus dihitung per segmen. Berikut merupakan contoh perhitungan beban sendiri tambahan pada Tipe Howe 1 rangka atap rumah adat Gadang dengan profil 2L.

$$\begin{aligned} \text{Atap genting}' &= \left( \frac{1}{\cos \alpha} \times l \right) \times \text{Atap genting} \\ &= \left( \frac{1}{\cos 16,699^\circ} \times 1 \right) \times 0,491 \\ &= 0,512 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plafon}' &= l \times B \times \text{Plafon} \\ &= 1 \times 0,108 \\ &= 0,108 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gantungan Plafon}' &= l \times \text{Gantungan plafon} \\ &= 1 \times 0,069 \\ &= 0,069 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Untuk beban sendiri tambahan seperti baut, plat dan lainnya dihitung menggunakan asumsi 15% dari total berat rangka yang didapat dari SAP2000.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Bangunan} &= 5,267 \text{ kN} \\
 \text{Baut, plat, dll} &= \frac{15\% \times \text{berat bangunan}}{l} \\
 &= \frac{15\% \times 3,628}{1} \\
 &= 0,790 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan beban sendiri tambahan pada tiap tipe rangka atap dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan 5.3

**Tabel 5.2 Beban Sendiri Tambahan**

No.	Tipe Rumah Adat	Roof Closer		Ceiling & Ceiling Hanger
		miring	datar	
		kN/m	kN/m	kN/m
1	Gadang			
a	Tipe Polynesian 1	0,711	-	-
		0,538	-	0,177
b	Tipe Polynesian 2	0,548	-	0,177
c	Tipe Howe 1	0,512	-	0,177
2	Joglo			
a	Tipe Howe 2	0,548	-	-
b	Tipe Flat 1	-	0,491	0,177
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	0,572	0,491	0,177
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 3	0,572	0,491	0,177
3	Tongkonan			
a	Tipe Hip 1	0,766	0,491	0,177
b	Tipe Hip 2	0,711	0,491	0,177
c	Tipe Flat 4	-	0,491	0,177
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 5	0,512	0,491	0,177

Untuk berat baut dan plat akan dibedakan sesuai dengan profil baja yang digunakan sebagai berikut.

**Tabel 5.3 baut, plat, dll**

No.	2L	L	I	T
	Baut dan Plat	Baut dan Plat	Baut dan Plat	Baut dan Plat
	kN	kN	kN	kN
1				
a	1,211	0,601	2,188	1,204
b	1,083	0,517	1,883	1,036
c	0,790	0,319	1,162	0,639
2				
a	0,343	0,140	0,510	0,281
b	0,508	0,221	0,814	0,448
c	0,518	0,231	0,840	0,462
d	0,439	0,205	0,798	0,424
3				
a	0,869	0,451	1,397	0,835
b	0,719	0,395	1,285	0,707
c	0,191	0,086	0,279	0,154
d	0,329	0,169	0,550	0,303

### 5.3.2 Beban Hidup

Beban hidup pada atap yaitu beban dari pekerja dan beban hujan. Berdasarkan SNI 2847-2013 beban dari pekerja adalah 1,33 kN Berikut merupakan contoh perhitungan beban hujan dan pekerja pada Tipe Howe 1 rangka atap rumah adat Gadang dengan profil 2L.

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hujan} &= (40 - 0,8 \alpha) \times 0,0981 \times l \times B \\
 &= (40 - 0,8 \times 16,699^\circ) \times 0,0981 \times 1) \\
 &= 0,261 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban pekerja} &= \left( \frac{1}{\cos \alpha} \right) \times \frac{\text{Beban pekerja}}{B} \\
 &= \left( \frac{1}{\cos 16,699^\circ} \right) \times \frac{1,33}{6} \\
 &= 0,231 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan beban hujan pada tiap tipe rangka atap dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4 Beban Hujan**

No.	Tipe Rumah Adat	Rain		Pekerja
		miring	datar	
		kN/m	kN/m	kN/m
1	Gadang			
a	Tipe Polynesian 1	0,202	-	0,964
		0,202	-	0,365
b	Tipe Polynesian 2	0,184	-	0,248
c	Tipe Howe 1	0,261	-	0,231
2	Joglo			
a	Tipe Howe 2	0,184	-	0,248
b	Tipe Flat 1	-	0,392	0,222
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	0,149	0,392	0,665
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 3	0,149	0,392	0,333
3	Tongkonan			
a	Tipe Hip 1	0,020	0,392	0,333
b	Tipe Hip 2	0,028	0,392	0,333
c	Tipe Flat 4	-	0,392	0,665
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 5	0,261	0,392	0,665

### 5.3.3 Beban Angin

Beban angin berdasarkan SKBI 1987 adalah  $25 \text{ kg/m}^2$ . Perhitungan untuk beban angin dianggap terjadi 2 kondisi yaitu tekan pada satu sisi miring atap dan hisap pada sisi miring satunya. Berikut merupakan contoh perhitungan beban angin pada Tipe Howe 1 rangka atap rumah adat Gadang dengan profil 2L.

$$\begin{aligned}
 \text{Pressure} &= \left( \frac{1}{\cos \alpha} \times l \right) \times ((0,02 \times \alpha) - 0,4) \times 25 \times \frac{9,81}{1000} \\
 &= \left( \frac{1}{0,958} \times 1 \right) \times ((0,02 \times 16,699^\circ) - 0,4) \times 25 \times \frac{9,81}{1000} \\
 &= 0,017 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Suction &= \left( \frac{1}{\cos \alpha} \times l \right) \times 0,4 \times 25 \times \frac{9,81}{1000} \\
 &= \left( \frac{1}{0,958} \times 1 \right) \times 0,4 \times 25 \times \frac{9,81}{1000} \\
 &= 0,102 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan beban angin pada tiap tipe rangka atap dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5 Beban Angin**

No.	Tipe Rumah Adat	Pressue wind load	Suction wind load
		kN/m	kN/m
1	Gadang		
a	Tipe Polynesian 1	0,188	0,142
		0,023	0,108
b	Tipe Polynesian 2	0,036	0,110
c	Tipe Howe 1	0,017	0,102
2	Joglo		
a	Tipe Howe 2	0,036	0,110
b	Tipe Flat 1	-	-
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	0,063	0,114
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 3	0,063	0,114
3	Tongkonan		
a	Tipe Hip 1	0,231	0,153
b	Tipe Hip 2	0,188	0,142
c	Tipe Flat 4	-	-
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 5	0,017	0,102

#### 5.4 Analisis Struktur

Struktur rangka atap dianalisis menggunakan aplikasi SAP2000. Dalam menganalisis akan dilakukan beberapa kali *trial error* jenis profil baja untuk mendapatkan kebutuhan yang paling aman sebelum dilakukan perhitungan gaya dalam. Hasil dari analisis struktur dan profil yang digunakan pada tiap rangka rumah adat dapat dilihat pada Tabel 5.7-5.14.

**Tabel 5.7 Nilai Pu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil 2L**

No.	Tipe Rumah Adat	Batang	No. Batang	Profil	Pu
					N
1	Gadang				
a	Tipe Polynesian 1	Tekan	1-6,9-10,13-24	2L 50x50x5	-148655,14
		Tarik	7-8,11-12	2L 50x50x5	139560,18
b	Tipe Howe 1	Tekan	1-6,9-10,13-21	2L 50x50x5	-40537,15
		Tarik	7-8,11-12	2L 50x50x5	38621,59
2	Joglo				
a	Tipe Howe 2	Tekan	-	2L 50x50x5	-
		Tarik	13	2L 50x50x5	23948,4
b	Tipe Flat 1	Tekan	1-7,12	2L 50x50x5	-82061,35
		Tarik	8-11,14-24	2L 50x50x5	72931,57
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	Tekan	1-13,15-17,19,21-23,25	2L 50x50x5	-117854,24
		Tarik	14,18,20,24	2L 50x50x5	100609,67
3	Tongkonan				
a	Tipe Hip 1	Tekan	1-6,9-10,14,20	2L 50x50x5	-29748,22
		Tarik	7,8,11,12,16,18	2L 50x50x5	18418,02
b	Tipe Hip 2	Tekan	1-6,9-10,14,20	2L 50x50x5	-12771,15
		Tarik	7,8,11,12,16,18	2L 50x50x5	5211,87
c	Tipe Flat 3	Tekan	13	2L 50x50x5	-11431,7
		Tarik	49	2L 50x50x5	6755,92

**Tabel 5.8 Nilai Mu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil 2L**

No.	Tipe Rumah Adat	No. Gording	Profil	Mu
				Nmm
1	Gadang	17	C 75x40x7x5	484579,06
2	Joglo	112	C 75x40x7x5	344920,26
3	Tongkonan	17	C 75x40x7x5	264956,48

**Tabel 5.9 Nilai Pu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil L**

No.	Tipe Rumah Adat	Batang	No. Batang	Profil	Pu
					N
1	Gadang				
a	Tipe Polynesian 1	Tekan	1-6,9-10,13-24	L 50x50x5	-62027,5
		Tarik	7-8,11-12	L 50x50x5	57772,17
c	Tipe Howe 1	Tekan	1-6,9-10,13-21	L 50x50x5	-25278,4
		Tarik	7-8,11-12	L 50x50x5	24026,97
2	Joglo				
a	Tipe Howe 2	Tekan	-	L 50x50x5	-
		Tarik	13	L 50x50x5	21196,91

**Lanjutan Tabel 5.9 Nilai Pu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil L**

No.	Tipe Rumah Adat	Batang	No. Batang	Profil	Pu
					N
b	Tipe Flat dan Sloping Flat 1	Tekan	1-7,12	L 60x60x5	-73850,57
		Tarik	8-11,14-24	L 50x50x5	65633,1
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	Tekan	1-13,15-17,19,21-23,25	L 50x50x5	-107831,76
		Tarik	14,18,20,24	L 50x50x5	92024,75
3	Tongkonan				
a	Tipe Hip 1	Tekan	1-6,9-10,14,20	L 50x50x5	-55087,9
		Tarik	7,8,11,12,16,18	L 50x50x5	22878,16
b	Tipe Hip 2	Tekan	1-6,9-10,14,20	L 50x50x5	-18015,73
		Tarik	7,8,11,12,16,18	L 50x50x5	11971,27
c	Tipe Flat 3	Tekan	13	L 50x50x5	-97254,16
		Tarik	49	L 50x50x5	83285,25

**Tabel 5.10 Nilai Mu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil L**

No.	Tipe Rumah Adat	No. Gording	Profil	Mu
				Nmm
1	Gadang	17	C 75x40x7x5	456084,46
2	Joglo	112	C 75x40x7x5	369820,33
3	Tongkonan	111	C 75x40x7x5	1028220,49

**Tabel 5.11 Nilai Pu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil I**

No.	Tipe Rumah Adat	Batang	No. Batang	Profil	Pu
					N
1	Gadang				
a	Tipe Polynesian 1	Tekan	1-6,9-10,13-24	L 50x50x5	-62027,5
		Tarik	7-8,11-12	L 50x50x5	57772,17
c	Tipe Howe 1	Tekan	1-6,9-10,13-21	L 50x50x5	-25278,4
		Tarik	7-8,11-12	L 50x50x5	24026,97
2	Joglo				
a	Tipe Howe 2	Tekan	-	L 50x50x5	-
		Tarik	13	L 50x50x5	21196,91
b	Tipe Flat dan Sloping Flat 1	Tekan	1-7,12	L 60x60x5	-73850,57
		Tarik	8-11,14-24	L 50x50x5	65633,1
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	Tekan	1-13,15-17,19,21-23,25	L 50x50x5	-107831,76
		Tarik	14,18,20,24	L 50x50x5	92024,75
3	Tongkonan				
a	Tipe Hip 1	Tekan	1-6,9-10,14,20	L 50x50x5	-55087,9
		Tarik	7,8,11,12,16,18	L 50x50x5	22878,16
b	Tipe Hip 2	Tekan	1-6,9-10,14,20	L 50x50x5	-18015,73
		Tarik	7,8,11,12,16,18	L 50x50x5	11971,27
c	Tipe Flat 3	Tekan	13	L 50x50x5	-97254,16
		Tarik	49	L 50x50x5	83285,25



**Tabel 5.12 Nilai Mu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil I**

No.	Tipe Rumah Adat	No. Gording	Profil	Mu
				Nmm
1	Gadang	17	C 75x40x7x5	507089,14
2	Joglo	112	C 75x40x7x5	271189,14
3	Tongkonan	111	C 75x40x7x5	1889800,28

**Tabel 5.13 Nilai Pu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil T**

No.	Tipe Rumah Adat	Batang	No. Batang	Profil	Pu
					N
1	Gadang				
a	Tipe Polynesian 1	Tekan	1-6,9-10,13-24	T 50x100x8x6	-71515,09
		Tarik	7-8,11-12	T 50x100x8x6	67012,45
c	Tipe Howe 1	Tekan	1-6,9-10,13-21	T 50x100x8x6	-36316,53
		Tarik	7-8,11-12	T 50x100x8x6	34622,98
2	Joglo				
a	Tipe Howe 2	Tekan	-	T 50x100x8x6	-
		Tarik	13	T 50x100x8x6	23562,37
b	Tipe Flat dan Sloping Flat 1	Tekan	1-7,12	T 50x100x8x6	-81817,56
		Tarik	8-11,14-24	T 50x100x8x6	72714,87
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	Tekan	1-13,15-17,19,21-23,25	T 50x100x8x6	-13132,29
		Tarik	14,18,20,24	T 50x100x8x6	100701,7
3	Tongkonan				
a	Tipe Hip 1	Tekan	1-6,9-10,14,20	T 50x100x8x6	-29339,41
		Tarik	7,8,11,12,16,18	T 50x100x8x6	18125,09
b	Tipe Hip 2	Tekan	1-6,9-10,14,20	T 50x100x8x6	-19698,07
		Tarik	7,8,11,12,16,18	T 50x100x8x6	13075,89
c	Tipe Flat 3	Tekan	13	T 50x100x8x6	-11110,77
		Tarik	49	T 50x100x8x6	6858,96

**Tabel 5.14 Nilai Mu dari Rangka Atap Rumah Adat Profil T**

No.	Tipe Rumah Adat	No. Gording	Profil	Mu
				Nmm
1	Gadang	17	C 75x40x7x5	456084,46
2	Joglo	112	C 75x40x7x5	370777,07
3	Tongkonan	111	C 75x40x7x5	756945,29

## 5.5 Gaya Dalam

Setelah diketahui gaya dan momen dari tiap rangka maka selanjutnya dapat menganalisis gaya dalam.

### 5.5.1 Kuat Tekan

Kuat tekan dihitung untuk mengetahui kekuatan profil dalam menahan beban. Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tekan pada Tipe Howe 1 rangka atap rumah adat Gadang dengan profil 2L, L, I dan T. Untuk melakukan perhitungan diperlukan data-data yang didapat dari analisis struktur dan tabel profil baja sebagai berikut.

$$E = 200.000 \text{ MPa}$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$F_u = 410 \text{ MPa}$$

$$K = 0,5$$

#### 1. Profil 2L

$$P_u = -37,434 \text{ kN}$$

$$\text{Profil} = 2L \ 50 \times 50 \times 5$$

$$B = 50 \text{ mm}$$

$$H = 50 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$L = 522,02 \text{ mm}$$

$$A_g = 9,6 \text{ cm}^2 = 960 \text{ mm}^2$$

$$r_x = 15,2 \text{ mm}$$

$$r_y = 24 \text{ mm}$$

$$I_x = 22,2 \text{ cm}^4 = 222.000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 55,41 \text{ cm}^4 = 554.100 \text{ mm}^4$$

#### 2. Profil L

$$P_u = -24,674 \text{ kN}$$

$$\text{Profil} = L \ 50 \times 50 \times 5$$

$$B = 50 \text{ mm}$$

$$H = 50 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$L = 522,02 \text{ mm}$$

$$A_g = 4,8 \text{ cm}^2 = 480,2 \text{ mm}^2$$

$$r_x = 6,5 \text{ mm}$$

$$r_y = 3 \text{ mm}$$

$$I_x = 11,1 \text{ cm}^4 = 111.000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 11,1 \text{ cm}^4 = 111.000 \text{ mm}^4$$

### 3. Profil I

$$P_u = -76,708 \text{ kN}$$

Profil = I 150x75x7x5

$$B = 75 \text{ mm}$$

$$H = 150 \text{ mm}$$

$$t_1 = 7 \text{ mm}$$

$$t_2 = 5 \text{ mm}$$

$$L = 522,02 \text{ mm}$$

$$A_g = 17,85 \text{ cm}^2 = 1.785 \text{ mm}^2$$

$$r_x = 6,11 \text{ mm}$$

$$r_y = 1,66 \text{ mm}$$

$$I_x = 666 \text{ cm}^4 = 6.660.000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 49,5 \text{ cm}^4 = 495.000 \text{ mm}^4$$

### 4. Profil T

$$P_u = -49,86 \text{ kN}$$

Profil = T 50x100x8x6

$$B = 50 \text{ mm}$$

$$H = 100 \text{ mm}$$

$$t_1 = 8 \text{ mm}$$

$$t_2 = 6 \text{ mm}$$

$$L = 522,02 \text{ mm}$$

$$A_g = 10,95 \text{ cm}^2 = 1.095 \text{ mm}^2$$

$$r_x = 12 \text{ mm}$$

$$r_y = 24,7 \text{ mm}$$

$$I_x = 16 \text{ cm}^4 = 160.000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 67 \text{ cm}^4 = 670.000 \text{ mm}^4$$

Sebelum melakukan perhitungan, dari data-data tersebut dapat dilakukan cek kelangsingan elemen sebagai berikut.

1. Profil 2L

a. Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{B}{t} \\ &= \frac{50}{5} \\ &= 10\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_r &= 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 0,56 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 15,839\end{aligned}$$

$$\lambda < \lambda_r = 10 < 15,839 \text{ (Ok)}$$

b. Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{H}{t} \\ &= \frac{50}{5} \\ &= 10\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_r &= 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,49 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 42,144\end{aligned}$$

$$\lambda < \lambda_r = 10 < 42,144 \text{ (Ok)}$$

2. Profil L

a. Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{B}{t} \\ &= \frac{50}{5} \\ &= 10\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_r &= 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 0,56 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 15,839\end{aligned}$$

$$\lambda < \lambda_r = 10 < 15,839 \text{ (Ok)}$$

b. Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{H}{t} \\ &= \frac{50}{5} \\ &= 10\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_r &= 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,49 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 42,144\end{aligned}$$

$$\lambda < \lambda_r = 10 < 42,144 \text{ (Ok)}$$

3. Profil I

a. Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{B}{t} \\ &= \frac{75}{5} \\ &= 10,714\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_r &= 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 0,56 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 15,839\end{aligned}$$

$$\lambda < \lambda_r = 10 < 15,839 \text{ (Ok)}$$

b. Badan

$$\lambda = \frac{H}{t}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{50}{5} \\
 &= 10 \\
 \lambda_r &= 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 1,49 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\
 &= 42,144 \\
 \lambda < \lambda_r &= 10,714 < 42,144 \text{ (Ok)}
 \end{aligned}$$

#### 4. Profil T

##### a. Sayap

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{B}{t} \\
 &= \frac{50}{8} \\
 &= 6,25 \\
 \lambda_r &= 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 0,56 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\
 &= 15,839 \\
 \lambda < \lambda_r &= 6,25 < 15,839 \text{ (Ok)}
 \end{aligned}$$

##### b. Badan

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{H}{t} \\
 &= \frac{50}{5} \\
 &= 10 \\
 \lambda_r &= 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 1,49 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\
 &= 42,144 \\
 \lambda < \lambda_r &= 10 < 42,144 \text{ (Ok)}
 \end{aligned}$$

Setelah di cek bahwa elemen tidak langsing, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan kuat tekan sebagai berikut.

## 1. Profil 2L

## a. FB

$$\frac{KL}{r_{min}} = \frac{0,5 \times 522,02}{15,2}$$

$$= 17,172$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200.000}{250}}$$

$$= 133,219$$

$$\frac{KL}{r_{min}} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 17,172 < 133,219$$

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

$$= \frac{\pi^2 200.000}{\left(\frac{0,5 \times 522,02}{15,2}\right)^2}$$

$$= 6.687,475 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \times F_y$$

$$= \left(0,658^{\frac{250}{6.687,475}}\right) \times 250$$

$$= 246,119 \text{ MPa}$$

$$\phi P_n = F_{cr} \times A_g \times \phi$$

$$= 246,119 \times 9,6 \times 0,9$$

$$= 212.646,595 \text{ N}$$

$$= 212,647 \text{ kN}$$

## b. FTB

$$F_{cry} = F_{cr}$$

$$= 246,119 \text{ MPa}$$

$$x_0 = 14,10 \text{ mm}$$

$$y_0 = 14,10 \text{ mm}$$

$$\bar{r}_o^2 = x_0^2 + y_0^2 + \frac{(I_x + I_y)}{A_g}$$

$$= 14,1^2 + 14,1^2 + \frac{(222.000 + 554.100)}{960}$$

$$= 1.206,06$$

$$\begin{aligned} F_{crz} &= \frac{GJ}{(A_g \bar{r}_o^2)} \\ &= \frac{772200 \times 8333,333}{(960 \times 1.206,06)} \\ &= 5.557,882 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^2} \\ &= 1 - \frac{14,1^2 + 14,1^2}{1.206,06} \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left( \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \\ &= \left( \frac{246,119 + 5.557,882}{2 \times 0,67} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 246,119 \times 5.557,882 \times 0,67}{(246,119 + 5.557,882)^2}} \right] \\ &= 242,472 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= F_{cr} \times A_g \times \phi \\ &= 242,472 \times 960 \times 0,9 \\ &= 209.495,939 \text{ N} \\ &= 209,396 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_n \text{ pakai} = 209,396 \text{ kN}$$

## 2. Profil L

### a. FB

$$\begin{aligned} \frac{KL}{r_{min}} &= \frac{0,5 \times 522,02}{15,2} \\ &= 17,172 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 4,71 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 133,219 \end{aligned}$$

$$\frac{KL}{r_{min}} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 17,172 < 133,219$$

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 200.000}{\left( \frac{0,5 \times 522,02}{15,2} \right)^2} \end{aligned}$$



$$= 6.687,475 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \times F_y \\ &= \left(0,658^{\frac{250}{6.687,475}}\right) \times 250 \\ &= 246,119 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= F_{cr} \times A_g \times \phi \\ &= 246,119 \times 480,2 \times 0,9 \\ &= 106.367,599 \text{ N} \\ &= 106,368 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 3. Profil I

#### a. FB

$$\begin{aligned} \frac{KL}{r_{min}} &= \frac{0,5 \times 522,02}{6,11} \\ &= 42,718 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 4,71 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 133,219 \end{aligned}$$

$$\frac{KL}{r_{min}} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 42,718 < 133,219$$

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 200.000}{\left(\frac{0,5 \times 522,02}{6,11}\right)^2} \end{aligned}$$

$$= 1.080,581 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \times F_y \\ &= \left(0,658^{\frac{250}{1.080,581}}\right) \times 250 \\ &= 226,927 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= F_{cr} \times A_g \times \phi \\ &= 226,927 \times 1785 \times 0,9 \\ &= 364.557,495 \text{ N} \\ &= 364,557 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. TB

$$\begin{aligned} J &= \frac{2}{3} \times ((B \times t1^3) + (H \times t2^3)) \\ &= \frac{2}{3} \times ((75 \times 7^3) + (150 \times 5^3)) \\ &= 29.650 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$G = 772.200 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} F_e &= \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(KL)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \\ &= \left[ \frac{\pi^2 200.000 \times 0}{(0,5 \times 522,02)^2} + 772.200 \times 29.650 \right] \frac{1}{111.000 + 111.000} \\ &= 3.199,962 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left( 0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y \\ &= \left( 0,658^{\frac{250}{3.199,962}} \right) \times 250 \\ &= 242 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,9 \times F_{cr} \times A_g \\ &= 0,9 \times 242 \times 1785 \\ &= 388.750,531 \text{ N} \\ &= 388,751 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_n \text{ pakai} = 364,558 \text{ kN}$$

4. Profil T

a. FB

$$\begin{aligned} \frac{KL}{r_{min}} &= \frac{0,5 \times 522,02}{12} \\ &= 6,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 4,71 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 133,219 \end{aligned}$$

$$\frac{KL}{r_{min}} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 6,25 < 133,219$$

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 200.000}{\left(\frac{0,5 \times 522,02}{12}\right)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4.168,094 \text{ MPa} \\
 F_{cr} &= \left(0,658 \frac{F_y}{F_e}\right) \times F_y \\
 &= \left(0,658 \frac{250}{4.168,094}\right) \times 250 \\
 &= 243,802 \text{ MPa} \\
 \phi P_n &= F_{cr} \times A_g \times \phi \\
 &= 243,802 \times 10095 \times 0,9 \\
 &= 244.593,925 \text{ N} \\
 &= 244,594 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. FTB

$$\begin{aligned}
 F_{cry} &= F_{cr} \\
 &= 243,802 \text{ MPa} \\
 x_0 &= 14,10 \text{ mm} \\
 y_0 &= 40 \text{ mm} \\
 \bar{r}_o^2 &= x_0^2 + y_0^2 + \frac{(I_x + I_y)}{A_g} \\
 &= 14,1^2 + 40^2 + \frac{(160.000 + 670.000)}{1.095} \\
 &= 2556,8 \\
 F_{crz} &= \frac{GJ}{(A_g \bar{r}_o^2)} \\
 &= \frac{772.200 \times 15.445,333}{(1095 \times 2.556,8)} \\
 &= 4.620,063 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= 1 - \frac{x_0^2 + y_0^2}{\bar{r}_o^2} \\
 &= 1 - \frac{14,1^2 + 40^2}{2.556,8} \\
 &= 0,3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H}\right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}}\right] \\
 &= \left(\frac{243,802 + 4.620,063}{2 \times 0,3}\right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 243,802 \times 4.620,063 \times 0,3}{(243,802 + 4.620,063)^2}}\right] \\
 &= 234,215 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= F_{cr} \times A_g \times \phi \\ &= 234,215 \times 1.095 \times 0,9 \\ &= 230.819,348 \text{ N} \\ &= 230,819 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi P_n \text{ pakai} = 230,819 \text{ kN}$$

Setelah diketahui  $\phi P_n$  pakai Tipe Howe 1 rumah adat Gadang, selanjutnya menghitung kuat tekan di semua tipe rangka rumah adat. Rekapitulasi hasil perhitungan kuat tekan dari tiap rumah adat dapat dilihat pada Tabel 5.15-5.19.



Tabel 5.15 Cek Kelangsingan Profil

No.	Tipe Rangka	Profil	L	Sayap			Badan		
			mm	$\lambda$	$\lambda_r$	$\lambda < \lambda_r$	$\lambda$	$\lambda_r$	$\lambda < \lambda_r$
1	Gadang								
a	Tipe Polynesian 1	2L 50x50x5	1062,83	10	15,839	OK	10	42,144	OK
b	Tipe Howe 1	2L 50x50x5	522,02	10	15,839	OK	10	42,144	OK
2	Joglo								
a	Tipe Howe 2	2L 60x60x5	901,39	12	15,839	OK	12	42,144	OK
b	Tipe Flat 1	2L 50x50x5	1000	10	15,839	OK	10	42,144	OK
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	2L 50x50x5	583,1	10	15,839	OK	10	42,144	OK
3	Tongkonan								
a	Tipe Hip 1	2L 50x50x5	781,02	10	15,839	OK	10	42,144	OK
b	Tipe Hip 2	2L 50x50x5	725	10	15,839	OK	10	42,144	OK
c	Tipe Flat 3	2L 50x50x5	1000	10	15,839	OK	10	42,144	OK
4	Gadang								
a	Tipe Polynesian 1	L 70x70x6	1062,83	11,66667	15,839	OK	11,66667	42,144	OK
b	Tipe Howe 1	L 50x50x5	522,02	10	15,839	OK	10	42,144	OK
5	Joglo								
a	Tipe Howe 2	L 70x70x6	901,39	11,66667	15,839	OK	11,66667	42,144	OK
b	Tipe Flat 1	L 70x70x6	1000	11,66667	15,839	OK	11,66667	42,144	OK
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	L 70x70x6	583,1	11,66667	15,839	OK	11,66667	42,144	OK
6	Tongkonan								
a	Tipe Hip 1	L 50x50x5	781,02	10	15,839	OK	10	42,144	OK
b	Tipe Hip 2	L 50x50x5	725	10	15,839	OK	10	42,144	OK
c	Tipe Flat 3	L 50x50x5	1000	10	15,839	OK	10	42,144	OK
7	Gadang								
a	Tipe Polynesian 1	I 150x75x7x5	1062,83	10,714	15,839	OK	30	42,144	OK
b	Tipe Howe 1	I 150x75x7x5	522,02	10,714	15,839	OK	30	42,144	OK

Lanjutan Tabel 5.15 Cek Kelangsingan Profil

No.	Tipe Rangka	Profil	L	Sayap			Badan		
			mm	$\lambda$	$\lambda_r$	$\lambda < \lambda_r$	$\lambda$	$\lambda_r$	$\lambda < \lambda_r$
8	Joglo								
a	Tipe Howe 2	I 150x75x7x5	901,39	10,714	15,839	OK	30	42,144	OK
b	Tipe Flat 1	I 150x75x7x5	1000	10,714	15,839	OK	30	42,144	OK
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	I 150x75x7x5	583,1	10,714	15,839	OK	30	42,144	OK
9	Tongkonan								
a	Tipe Hip 1	I 150x75x7x5	781,02	10,714	15,839	OK	30	42,1436	OK
b	Tipe Hip 2	I 150x75x7x5	725	10,714	15,839	OK	30	42,1436	OK
c	Tipe Flat 3	I 150x75x7x5	1000	10,714	15,839	OK	30	42,1436	OK
10	Gadang								
a	Tipe Polynesian 1	T 50x100x8x6	1062,83	6,25	15,83919	OK	16,667	42,1436	OK
b	Tipe Howe 1	T 50x100x8x6	522,02	6,25	15,83919	OK	16,667	42,1436	OK
11	Joglo								
a	Tipe Howe 2	T 50x100x8x6	901,39	6,25	15,83919	OK	16,667	42,1436	OK
b	Tipe Flat 1	T 50x100x8x6	1000	6,25	15,83919	OK	16,667	42,1436	OK
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	T 50x100x8x6	583,1	6,25	15,83919	OK	16,667	42,1436	OK
12	Tongkonan								
a	Tipe Hip 1	T 50x100x8x6	781,02	6,25	15,83919	OK	16,667	42,1436	OK
b	Tipe Hip 2	T 50x100x8x6	725	6,25	15,83919	OK	16,667	42,1436	OK
c	Tipe Flat 3	T 50x100x8x6	1000	6,25	15,83919	OK	16,667	42,1436	OK

**Tabel 5.16 Kuat Tekan Profil 2L**

No.	Pu	FB					FTB				
		KL/rmin	4,71√(E/Fy)	Fe	Fcr	Pn	ro^2	Fcrz	H	Fcr	Pn
	N			Mpa	Mpa	N	mm2	Mpa		Mpa	N
1											
a	-148655,14	34,96	133,22	1613,28	234,30	202434,85	1206,06	5557,88	0,67	231,00	199581,51
c	-40537,15	17,17	133,22	6687,48	246,12	212646,59	1206,06	5557,88	0,67	242,47	209495,94
2											
a	-	24,494	133,219	3286,695	242,166	252821,496	1518,65	4383,417	0,74	238,57088	249067,9987
b	-82061,35	32,895	133,219	1822,370	236,050	203946,965	1206,06	5557,882	0,67	232,69738	201050,54
d	-117854,24	19,181	133,219	5359,822	245,167	211824,017	1206,06	5557,88	#REF!	241,54845	208697,8638
3											
a	-29748,22	25,691	133,219	2987,529	241,395	208565,599	1206,06	5557,882	0,67	237,88837	205535,5526
b	-12771,15	23,849	133,219	3467,053	242,568	209578,391	1206,06	5557,88	0,67	239,0262	206518,635
c	-11431,7	32,895	133,219	1822,370	236,050	203946,965	1206,06	5557,88	0,67	232,69738	201050,54

**Tabel 5.17 Kuat Tekan Profil L**

No.	Pu	FB				
		KL/rmin	4,71√(E/Fy)	Fe	Fcr	Pn
	N			Mpa	Mpa	N
4						
a	-62027,5	24,832	133,219	3197,785	241,952	177036,218
b	-25278,4	17,172	133,219	6687,475	246,119	106367,599
5						
a	-	21,061	133,219	4445,815	244,185	178669,911
b	-73850,57	23,364	133,219	3612,242	242,862	177702,134
c	-107831,76	13,624	133,219	10624,066	247,550	181132,195

Lanjutan Tabel 5.17 Kuat Tekan Profil L

No.	Pu	FB				
	N	KL/rmin	$4,71\sqrt{(E/Fy)}$	Fe Mpa	Fcr Mpa	Pn N
6						
a	-55087,9	19,624	133,219	5120,721	244,943	140425,996
b	-18015,73	23,849	133,219	3467,053	242,568	104832,858
c	-97254,16	33	133,219	1822,370	236,050	102015,972

Tabel 5.18 Kuat Tekan Profil I

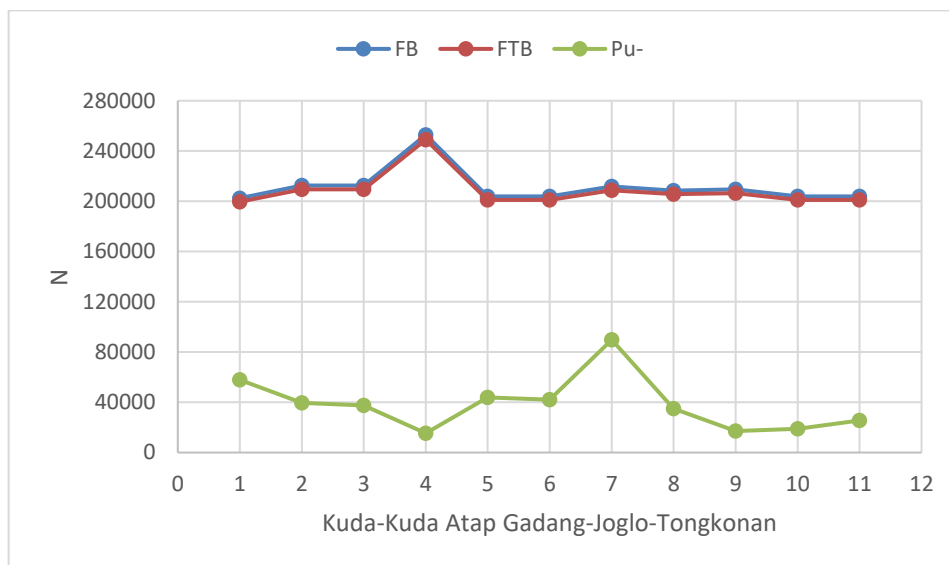
No.	Pu	FB					TB			
	N	KL/rmin	$4,71\sqrt{(E/Fy)}$	Fe Mpa	Fcr Mpa	Pn n	J mm <sup>4</sup>	Fe Mpa	Fcr Mpa	Pn N
7										
a	-91691,24	8,697	133,219	26067,783	248,998	400016,085	29650	3199,962	242	388750,53
b	-54445,39	42,718	133,219	1080,581	226,927	364557,495	29650	3199,962	242	388750,53
8										
a	-	73,764	133,219	362,415	187,305	300905,346	29650	3199,962	242	388750,53
b	-98057,14	81,833	133,219	294,464	175,232	281510,309	29650	3199,962	242	388750,53
c	-149877,18	47,717	133,219	866,055	221,548	355917,125	29650	3199,962	242	388750,53
9										
a	-31145,9	63,913	133,219	482,733	201,281	323357,405	29650	3199,962	242	388750,53
b	-31490,34	59,329	133,219	560,216	207,406	333198,399	29650	3199,962	242	388750,53
c	-31762,91	81,833	133,219	294,464	175,232	281510,309	29650	3199,962	242	388750,53



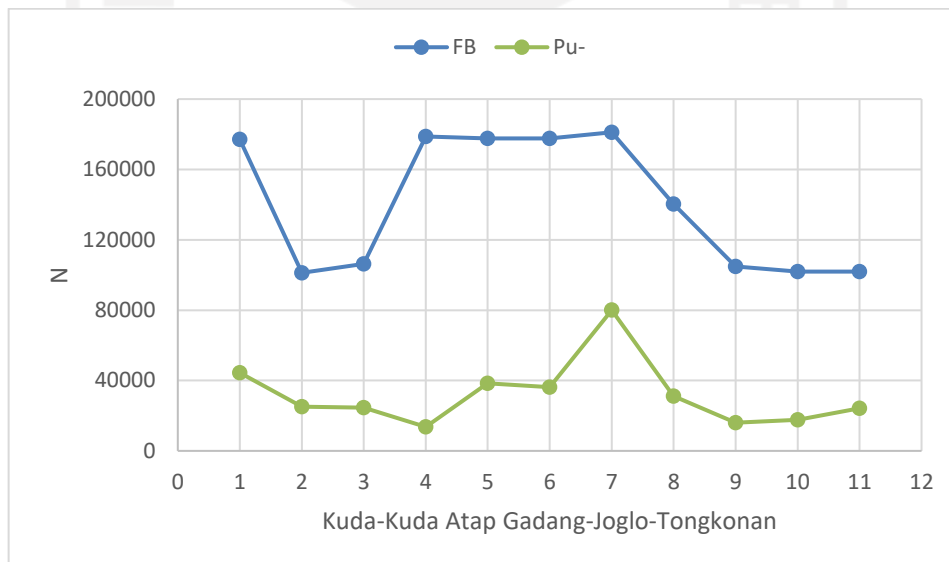
Tabel 5.19 Kuat Tekan Profil T

No.	Pu	FB					FTB				
	N	KL/rmin	$4,71\sqrt{(E/Fy)}$	Fe Mpa	Fcr Mpa	Pn N	ro <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>	Fcrz Mpa	H	Fcr Mpa	Pn N
10											
a	-71515,09	44,285	133,219	1005,505	225,292	222025,011	2982,991	3651,414	0,254	215,236	212114,699
b	-36316,53	21,751	133,219	4168,094	243,802	240266,889	2982,991	3651,414	0,254	232,055	228690,501
11											
a	-	37,558	133,2189176	1397,933	231,970	228606,711	2982,991	3651,414	0,254	221,319	218109,708
b	-81817,56	41,667	133,2189176	1135,826	227,998	224691,892	2982,991	3651,414	0,254	217,703	214545,823
c	-13132,29	24,296	133,2189176	3340,609	242,291	238777,430	2982,991	3651,414	0,254	230,687	227341,763
12											
a	-29339,41	32,543	133,2189176	1862,033	236,339	232911,705	2982,991	3651,414	0,254	225,289	222022,133
b	-19698,07	30,208	133,2189176	2160,905	238,183	234729,019	2982,991	3651,414	0,254	226,963	223671,636
c	-11110,77	41,667	133,2189176	1135,826	227,998	224691,892	2982,991	3651,414	0,254	217,703	214545,823

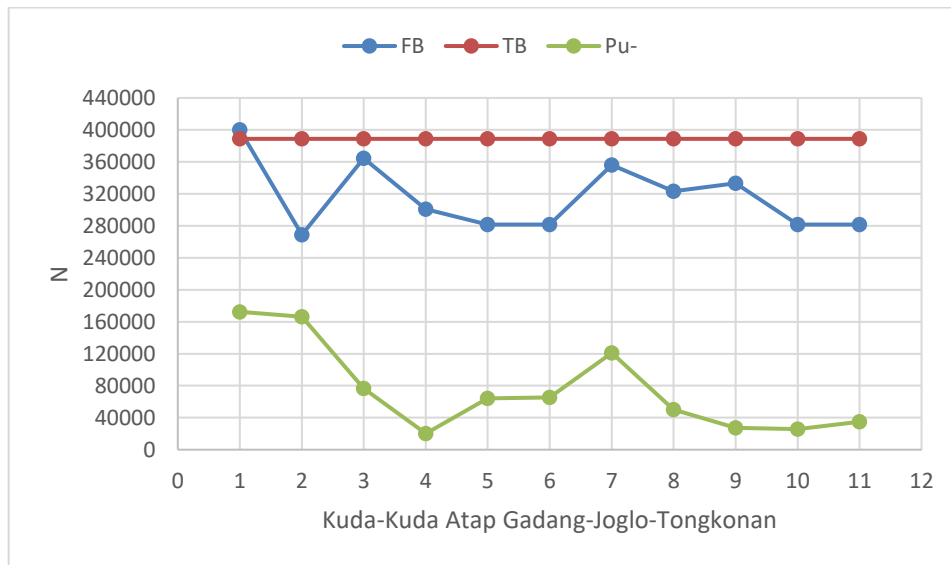
Kuat tekan dari setiap profil divisualisasikan dalam bentuk grafik dengan sumbu x merupakan tipe kuda-kudaurut mulai dari rumah gadang, joglo dan tongkonan sebagai berikut.



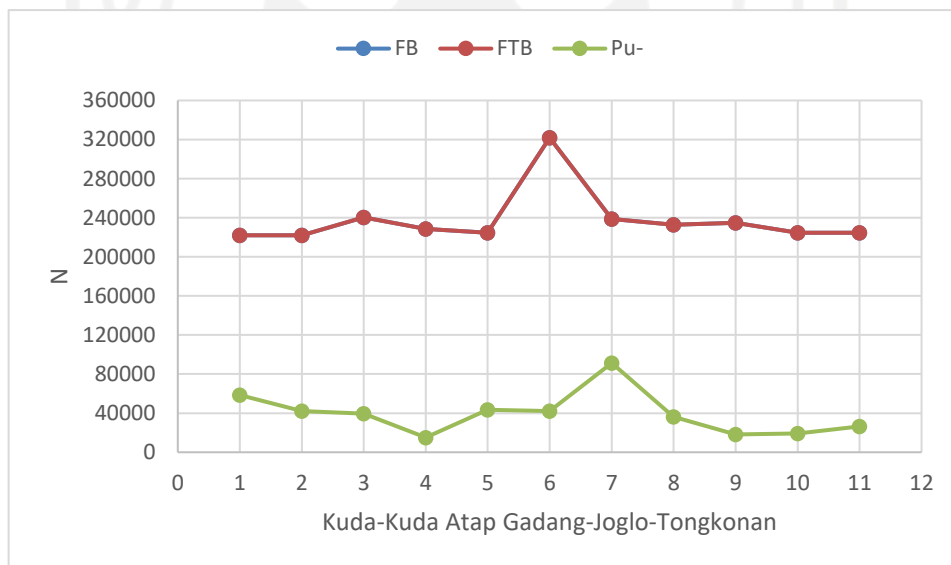
**Gambar 5.29 Kuat Tekan Profil 2L**



**Gambar 5.30 Kuat Tekan Profil L**



**Gambar 5.31 Kuat Tekan Profil I**



**Gambar 5.32 Kuat Tekan Profil T**

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa semua profil telah memenuhi syarat desain ( $\sigma_{Pn} > \sigma_{Pu}$ ) pada masing-masing kondisi kuat tekan yang terjadi di profil.

### 5.5.2 Kuat Tarik

Kuat tarik dihitung untuk mengetahui kekuatan profil dalam menahan pembebanan tarik. Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tarik pada Tipe Howe 1 rangka atap rumah adat Gadang dengan profil 2L. Untuk melakukan perhitungan diperlukan data-data yang didapat dari analisis struktur dan tabel profil baja sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 P_u &= 35,649 \text{ kN} \\
 E &= 200.000 \text{ MPa} \\
 F_y &= 250 \text{ Mpa} \\
 F_u &= 410 \text{ MPa} \\
 K &= 0,5 \\
 \text{Profil} &= 2L 50 \times 50 \times 5 \\
 B &= 50 \text{ mm} \\
 H &= 50 \text{ mm} \\
 t &= 5 \text{ mm} \\
 A_g &= 9,6 \text{ cm}^2 = 960 \text{ mm}^2 \\
 d &= 16 \text{ mm} \\
 dh &= 18 \text{ mm} \\
 jt &= 22 \text{ mm} \\
 s &= 48 \text{ mm} \\
 L &= 2 \times 48 = 96 \text{ mm} \\
 \bar{x} &= 14,10 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari data-data tersebut dapat dilakukan perhitungan kuat tarik yang terdiri dari kondisi leleh dan putus sebagai berikut.

#### 1. Leleh

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= \phi \times F_y \times A_g \\
 &= 0,9 \times 250 \times 960 \\
 &= 216.000 \text{ N} \\
 &= 216 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## 2. Putus

$$\begin{aligned}
 U &= 1 - \frac{\bar{x}}{L} \\
 &= 1 - \frac{14,1}{96} \\
 &= 0,853
 \end{aligned}$$

$$U > 0,6 = 0,853 > 0,6 \text{ (Ok)}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - td \\
 &= 960 - (5 \times 16) \\
 &= 870 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,85A_g &= 0,85 \times 960 \\
 &= 816 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_n \leq 0,85A_g = 870 \geq 816, \text{ Tidak Ok}$$

$$\begin{aligned}
 A_e &= A_n \times U \\
 &= 816 \times 0,853 \\
 &= 696,15 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= \phi \times F_u \times A_e \\
 &= 0,75 \times 410 \times 696,15 \\
 &= 214.066,125 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi P_n \text{ pakai} = 214,0661,125 \text{ kN}$$

Setelah diketahui  $\phi P_n$  pakai Tipe Howe 1 rumah adat Gadang dengan profil 2L, selanjutnya menghitung kuat tarik di profil lain di semua tipe rangka rumah adat. Rekapitulasi hasil perhitungan kuat tarik dari tiap rumah adat dapat dilihat pada Tabel 5.20.

**Tabel 5.20 Kuat Tarik Rangka Atap Rumah Adat**

No.	Pu	Leleh		Putus					
		Pn	x	L	U	An	0.85Ag	Ae	Pn
		N				mm2	mm2	mm2	N
1									
a	139560,18	216000	14,1	96	0,85313	870	816	696,15	214066,13
c	38621,59	216000	14,1	96	0,853	870	816	696,150	214066,13

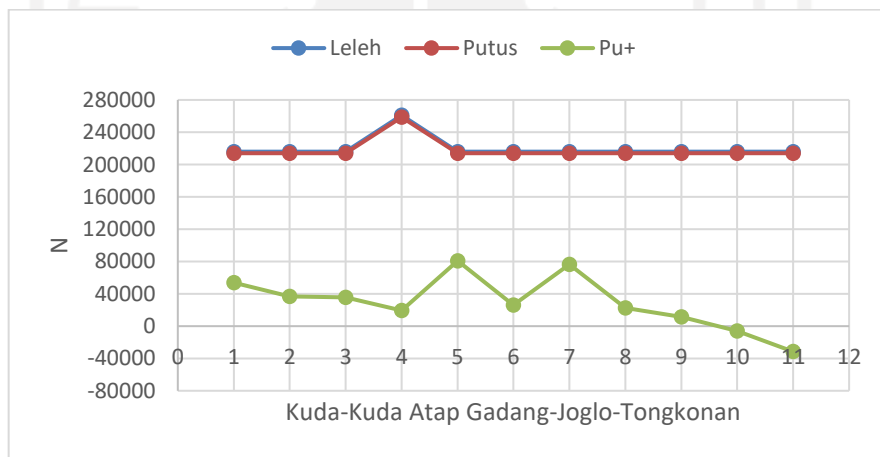
Lanjutan Tabel 5.20 Kuat Tarik Rangka Atap Rumah Adat

No.	Pu	Leleh	Putus						
		Pn	x	L	u	An	0.85Ag	Ae	Pn
	N	N				mm2	mm2	mm2	N
2									
a	23948,4	261000	14,10	96	0,853	1070	986	841,181	258663,234
b	72931,57	216000	14,10	96	0,853	870	816	696,150	214066,125
d	100609,67	216000	14,1	96	0,85313	870	816	696,15	214066,125
3									
a	18418,02	216000	14,10	96	0,853	870	816	696,15	214066,125
b	5211,87	216000	14,1	96	0,85313	870	816	696,15	214066,125
c	6755,92	216000	14,1	96	0,85313	870	816	696,15	214066,125
4									
a	57772,17	108000	14,10	96	0,853	390,2	408,17	332,889	102363,483
b	24026,97	108045	14,10	96	0,853	390,2	408,17	332,889	102363,483
5									
a	21196,91	182925	19,30	96	0,799	705	691,05	552,120	169776,948
b	65633,1	182925	19,30	96	0,799	705	691,05	552,120	169776,948
c	92024,75	182925	14,10	96	0,799	705	691,050	552,120	169776,948
6									
a	22878,16	108045	14,10	96	0,853	390,2	408,17	332,889	102363,483
b	11971,27	108045	14,10	96	0,853	390,2	408,17	332,889	102363,483
c	83285,25	108045	14,10	96	0,853	390,2	408,17	332,889	102363,483
7									
a	86017,28	401625	37,50	96	0,609	1659	1517,25	924,574	284306,572
b	51852,93	401625	37,50	96	0,609	1659	1517,25	924,574	284306,572
8									
a	31178,61	401625	37,50	96	0,609	1659	1517,25	924,574	284306,572
b	101822,57	401625	37,50	96	0,609	1659	1517,25	924,574	284306,572
c	153432,31	401625	37,50	96	0,609	1659	1517,25	924,574	284306,572
9									
a	57344	401625	37,50	96	0,609	1659	1517,25	924,574	284306,572
b	20826,5	401625	37,50	96	0,609	1659	1517,25	924,574	284306,572
c	21504	401625	37,50	96	0,609	1659	1517,25	924,574	284306,572
10									
a	67012,45	246375	25,00	96	0,740	951	930,75	688,367	211672,910
b	34622,98	246375	25,00	96	0,740	951	930,75	688,367	211672,910
11									
a	23562,37	246375	25,00	96	0,740	951	930,75	688,367	211672,910
b	72714,87	246375	25,00	96	0,740	951	930,75	688,367	211672,910
c	100701,7	246375	25,00	96	0,740	951	930,75	688,367	211672,910

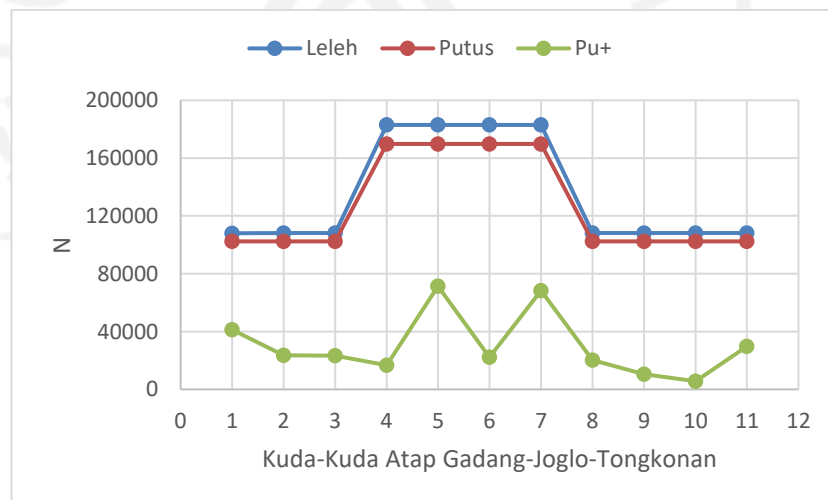
**Lanjutan Tabel 5.20 Kuat Tarik Rangka Atap Rumah Adat**

No.	Pu	Leleh	Putus						
		Pn	x	L	U	An	0.85Ag	Ae	Pn
	N	N				mm2	mm2	mm2	N
12									
a	18125,09	246375	25,00	96	0,740	951	930,75	688,367	211672,910
b	13075,89	246375	25,00	96	0,740	951	930,75	688,367	211672,910
c	6858,96	246375	25,00	96	0,740	951	930,75	688,367	211672,910

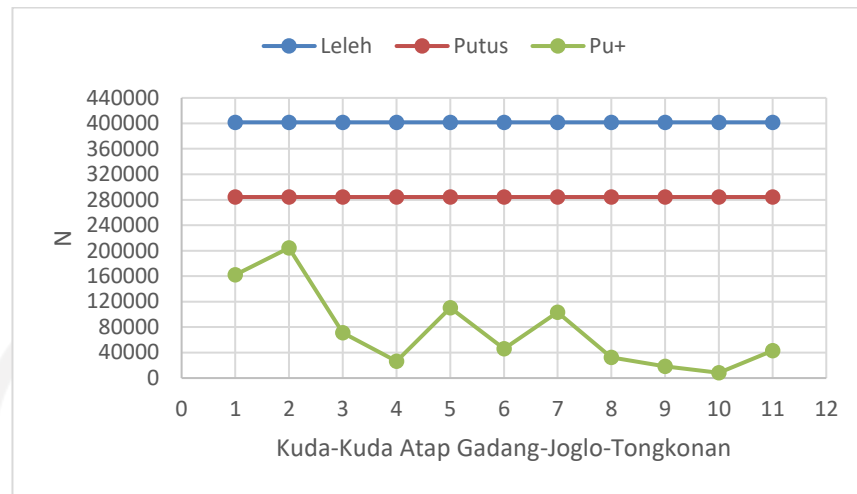
Kuat Tarik pada tiap profil divisualisasikan dalam bentuk grafik dengan sumbu x merupakan tipe kuda-kuda urut dari Rumah Gadang, Joglo dan Tongkonan sebagai berikut.



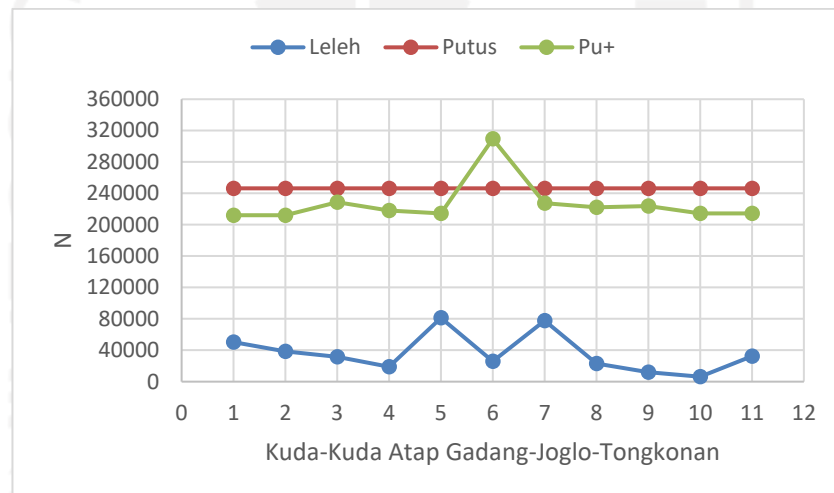
**Gambar 5.33 Kuat Tarik Profil 2L**



**Gambar 5.34 Kuat Tarik Profil L**



**Gambar 5.35 Kuat Tarik Profil I**



**Gambar 5.36 Kuat Tarik Profil T**

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa semua profil telah memenuhi syarat desain ( $\phi P_n > \phi P_u$ ) pada masing-masing kondisi kuat tarik yang terjadi di profil.

### 5.5.3 Kuat Lentur

Kuat lentur dihitung untuk mengetahui kekuatan gording dalam menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu. Berikut merupakan contoh perhitungan kuat lentur pada gording atap rumah adat Gadang. Untuk melakukan perhitungan



diperlukan data-data yang didapat dari analisis struktur dan tabel profil baja sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 M_u &= 0,099 \text{ kNm} \\
 E &= 200.000 \text{ MPa} \\
 F_y &= 250 \text{ Mpa} \\
 F_u &= 410 \text{ MPa} \\
 L &= 583,1 \text{ mm} \\
 K &= 0,5 \\
 M_A &= 0,036 \text{ kNm} \\
 M_B &= 0,099 \text{ kNm} \\
 M_C &= 0,036 \text{ kNm} \\
 \text{Profil} &= \text{C } 75 \times 40 \times 7 \times 5 \\
 B &= 40 \text{ mm} \\
 H &= 75 \text{ mm} \\
 t_1 &= 7 \text{ mm} \\
 t_2 &= 5 \text{ mm} \\
 A_g &= 8,818 \text{ cm}^2 = 881,8 \text{ mm}^2 \\
 r_x &= 2,93 \text{ cm} = 29,3 \text{ mm} \\
 r_y &= 1,19 \text{ cm} = 11,9 \text{ mm} \\
 I_x &= 75,9 \text{ cm}^4 = 759.000 \text{ mm}^4 \\
 I_y &= 12,4 \text{ cm}^4 = 124.000 \text{ mm}^4 \\
 z_x &= 20,2 \text{ cm}^3 = 20.200 \text{ mm}^3 \\
 z_y &= 4,54 \text{ cm}^3 = 4.540 \text{ mm}^3 \\
 J &= 1,54 \text{ cm}^4 = 15.396,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Sebelum melakukan perhitungan, dari data-data tersebut dapat dilakukan cek kekompakan elemen sebagai berikut.

## 1. Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{B}{t} \\ &= \frac{40}{7} \\ &= 5,714\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_r &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 0,38 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 10,748\end{aligned}$$

Syarat  $\lambda < \lambda_r = 5,714 < 10,748$  (Kompak)

## 2. Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{H}{t} \\ &= \frac{75}{5} \\ &= 15\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_r &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 3,76 \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 106,349\end{aligned}$$

Syarat  $\lambda < \lambda_r = 15 < 106,349$  (Kompak)

Setelah di cek bahwa elemen kompak, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan jenis bentang sebagai berikut.

$$L = 1000 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \times 11,9 \times \sqrt{\frac{200.000}{250}} \\ &= 592,386 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_{ts} &= \frac{bf}{\sqrt{12(1+\frac{htw}{bftf})}} \\
 &= \frac{40}{\sqrt{12(1+\frac{(75-5-5)\times 5}{40\times 5})}} \\
 &= 7,127 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$c = 1$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} \\
 &= 1,95 \times 7,127 \times \frac{200.000}{0,7 \times 250} \times \\
 &\quad \sqrt{\frac{15.396,7 \times 1}{20.200 \times (75-5)} + \sqrt{\left(\frac{15.396,7 \times 1}{20.200 \times (75-5)}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 250}{200.000}\right)^2}} \\
 &= 1.695,349 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L_p < L < L_r, \text{ Kondisi Inelastic Buckling}$$

Setelah diketahui jenis bentang, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan  $M_p$  dan  $M_n$  sebagai berikut.

#### 1. $M_p$

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \left(\frac{H}{2} - t\right) \times t \\
 &= \left(\frac{75}{2} - 5\right) \times 5 \\
 &= 162,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= B \times t \\
 &= 40 \times 7 \\
 &= 280 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_1 &= 0,5\left(\frac{H}{2} - t\right) \\
 &= 0,5 \times \left(\frac{75}{2} - 5\right) \\
 &= 16,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2 &= \left(\frac{H}{2} - t\right) + \frac{t}{2} \\
 &= \left(\frac{75}{2} - 5\right) + \frac{5}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 35 \text{ mm} \\
 \Sigma A_i y_i &= A_1 y_1 + A_2 y_2 \\
 &= 2.640,625 + 9.800 \\
 &= 12.472,13 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma A_i &= A_1 + A_2 \\
 &= 162,5 + 280 \\
 &= 442,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_0 &= \frac{\Sigma A_i y_i}{\Sigma A_i} \\
 &= \frac{12472,13}{442,5} \\
 &= 28,186 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 2y_0 \\
 &= 2 \times 28,186 \\
 &= 56,371 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z &= \Sigma A_i \times d \\
 &= 442,5 \times 56,371 \\
 &= 24.944,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= F_y \times z \\
 &= 250 \times 24.944,25 \\
 &= 6.236.062,5 \text{ Nmm} \\
 &= 6,236 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

## 2. Mn

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2D + 1,6L \\
 &= (1,2 \times 0,449) + (1,6 \times 0,665) \\
 &= 1,603 \text{ kN/m} \\
 &= 1603,381 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$M_{MAX} = 0,099 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \\
 &= \frac{12,5 \times 0,352}{(2,5 \times 0,099) + (3 \times 0,036) + (4 \times 0,099) + (3 \times 0,036)} \\
 &= 1,44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \\
 &= 1,44 \times [6,236 - (6,236 - (0,7 \times 250 \times 20.200)) \\
 &\quad \times \left( \frac{1000 - 592,386}{1.692,389 - 592,386} \right)] \\
 &= 7.545.220,048 \text{ Nmm} \\
 &= 7,545 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_n \leq M_p = 7,545 \geq 6,236, \text{ Tidak OK}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \phi M_p \\
 &= 0,9 \times 6,236 \\
 &= 5,612 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai momen, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan cek kelayakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= F_y \times z_y \\
 &= 250 \times 4540 \\
 &= 1.135.000 \text{ Nmm} \\
 &= 1,135 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{py} &= 1,6 F_y S_y \\
 &= 1,6 \times 250 \times \frac{124.000}{0,5 \times 75} \\
 &= 1.322.666,667 \text{ Nmm} \\
 &= 1,323 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_n \leq M_p = 1,135 \leq 1,323, \text{ OK}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \times 1,135 \\
 &= 1,022 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{M_x}{\phi M_{nx}} + \frac{M_y}{\phi M_{ny}} \leq 1,0 = \frac{0,088}{5,612} + \frac{0,044}{1,012} \leq 1,0$$

$$= 0,059 \leq 1, \text{ OK}$$

Maka, profil dapat digunakan dan tidak perlu diganti. Setelah diketahui  $M_n$  gording rumah adat Gadang, selanjutnya menghitung kuat lentur di gording-

gording lain di semua tipe rangka rumah adat. Rekapitulasi hasil perhitungan kuat tarik dari tiap rumah adat dapat dilihat pada Tabel 5.21-5.25.



**Tabel 5.21 Cek Kekompakan Gording Rangka Atap Rumah Gadang**

No.	Tipe Rumah Adat	Profil kuda-kuda	Profil gording	Mu	Sayap			Badan		
				Nmm	$\lambda$	$\lambda_r$	$\lambda < \lambda_r$	$\lambda$	$\lambda_r$	$\lambda < \lambda_r$
1	Gadang	2L 50x50x5	C 75x40x7x5	484579,06	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK
2	Joglo	#REF!	C 75x40x7x5	344920,26	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK
3	Tongkonan	2L 50x50x5	#REF!	264956,48	6,667	10,748	KOMPAK	20	106,349	KOMPAK
4	Gadang	L 70x70x6	C 75x40x7x5	456084,46	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK
5	Joglo	#REF!	C 75x40x7x5	369820,33	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK
6	Tongkonan	L 50x50x5	C 100x50x7,5x5	1028220,49	6,667	10,748	KOMPAK	20	106,349	KOMPAK
7	Gadang	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	507089,14	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK
8	Joglo	#REF!	C 75x40x7x5	271189,14	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK
9	Tongkonan	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	1889800,28	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK
10	Gadang	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	456084,46	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK
11	Joglo	#REF!	C 75x40x7x5	370777,07	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK
12	Tongkonan	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	756945,29	5,714	10,748	KOMPAK	15	106,349	KOMPAK

**Tabel 5.22 Penentuan Jenis Bentang Gording Rangka Atap Rumah Gadang**

No.	Tipe Rumah Adat	Profil kuda-kuda	Profil gording	Lb	Lp	rts	c	Lr	Jenis Bentang
				mm	mm	mm		mm	
1	Gadang	2L 50x50x5	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC
2	Joglo	2L 50x50x5	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC
3	Tongkonan	2L 50x50x5	C 100x50x7,5x5	1000	746,7047609	8,6258195	1	1562,5892	INELASTIC
4	Gadang	L 70x70x6	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC
5	Joglo	L 50x50x5	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC
6	Tongkonan	L 50x50x5	C 100x50x7,5x5	1000	746,7047609	8,6258195	1	1562,5892	INELASTIC
7	Gadang	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC

**Lanjutan Tabel 5.22 Penentuan Jenis Bentang Gording Rangka Atap Rumah Gadang**

No.	Tipe Rumah Adat	Profil kuda-kuda	Profil gording	Lb	Lp	rts	c	Lr	Jenis Bentang
				mm	mm	mm		mm	
8	Joglo	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC
9	Tongkonan	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC
10	Gadang	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC
11	Joglo	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC
12	Tongkonan	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	1000	592,385777	7,1269665	1	1695,3886	INELASTIC

**Tabel 5.23 Nilai Mp Gording Rangka Atap Rumah Gadang**

No.	Tipe Rumah Adat	Profil kuda-kuda	Profil gording	A1	A2	y	d	z	Mp
				mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm <sup>2</sup>	Nmm
1	Gadang	2L 50x50x5	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5
2	Joglo	2L 50x50x5	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5
3	Tongkonan	2L 50x50x5	C 100x50x7,5x5	225	375	38,198	76,396	45837,5	11459375,0
4	Gadang	L 70x70x6	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5
5	Joglo	L 50x50x5	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5
6	Tongkonan	L 50x50x5	C 100x50x7,5x5	225	375	38,198	76,396	45837,5	11459375,0
7	Gadang	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5
8	Joglo	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5
9	Tongkonan	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5
10	Gadang	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5
11	Joglo	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5
12	Tongkonan	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	162,5	280	28,186	56,371	24944,25	6236062,5



**Tabel 5.24 Nilai Mn Gording Rangka Atap Rumah Gadang**

No.	Tipe Rumah Adat	Profil kuda-kuda	Profil gording	Qu	MA	MB	MC	M max	Cb	Mn
				kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m		Nmm
1	Gadang	2L 50x50x5	C 75x40x7x5	1,603	0,036	0,099	0,036	0,099	1,441	5612456,25
2	Joglo	2L 50x50x5	C 75x40x7x5	2,663	0,020	0,049	0,020	0,049	1,395	5612456,25
3	Tongkonan	2L 50x50x5	C 100x50x7,5x5	1,292	0,035	0,099	0,035	0,099	1,445	10313437,50
4	Gadang	L 70x70x6	C 75x40x7x5	2,667	0,040	0,084	0,040	0,084	1,337	5612456,25
5	Joglo	L 50x50x5	C 75x40x7x5	2,663	0,020	0,049	0,020	0,049	1,395	5612456,25
6	Tongkonan	L 50x50x5	C 100x50x7,5x5	2,230	0,035	0,099	0,035	0,099	1,445	10313437,50
7	Gadang	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	2,667	0,039	0,084	0,084	0,084	1,342	5612456,25
8	Joglo	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	2,663	0,040	0,093	0,040	0,093	1,379	5612456,25
9	Tongkonan	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	2,230	0,026	0,073	0,026	0,073	1,445	5612456,25
10	Gadang	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	2,667	0,040	0,084	0,040	0,084	1,337	5612456,25
11	Joglo	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	2,663	0,020	0,048	0,020	0,048	1,394	5612456,25
12	Tongkonan	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	2,230	0,026	0,073	0,026	0,073	1,445	5612456,25

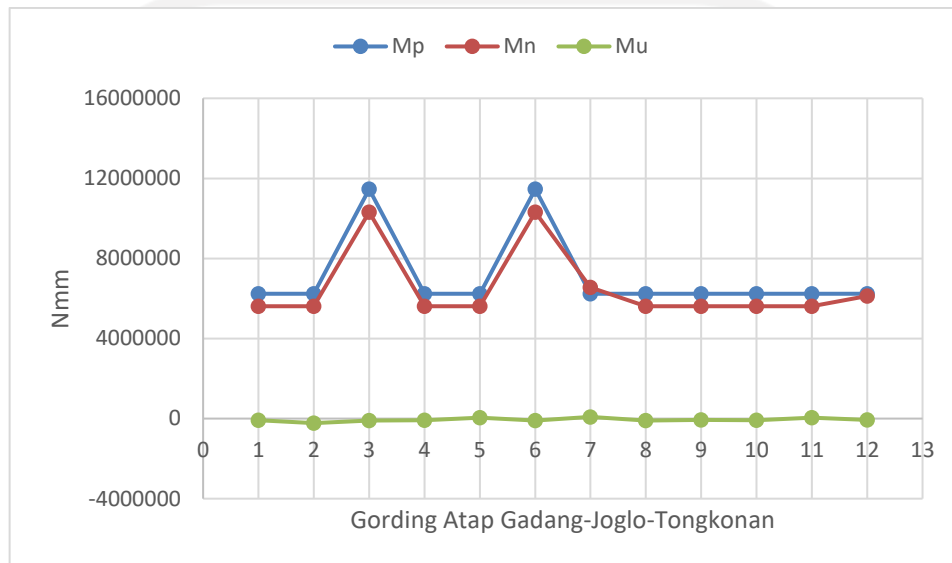
**Tabel 5.25 Nilai defleksi dan kelayakan Gording Rangka Atap Rumah Gadang**

No.	Tipe Rumah Adat	Profil kuda-kuda	Profil gording	Mny	Mpy	Mny pakai	defleksi	Mx/Mnx +My/Mny	syarat <1
				Nmm	Nmm	Nmm	mm		
1	Gadang	2L 50x50x5	C 75x40x7x5	1135000	1322666,667	1021500	0,129	0,059	OK
2	Joglo	2L 50x50x5	C 75x40x7x5	1135000	1322666,667	1021500	0,3	0,148	OK
3	Tongkonan	2L 50x50x5	#REF!	1955000	2152000,000	1955000	0,04	0,025	OK
4	Gadang	L 70x70x6	C 75x40x7x5	1135000	1322666,667	1021500	0,129	0,070	OK
5	Joglo	L 50x50x5	C 75x40x7x5	1135000	1322666,667	1021500	0,02	0,029	OK

**Lanjutan Tabel 5.25 Nilai defleksi dan kelayakan Gording Rangka Atap Rumah Gadang**

No.	Tipe Rumah Adat	Profil kuda-kuda	Profil gording	Mny	Mpy	Mny pakai	defleksi	Mx/Mnx +My/Mny	syarat <1
				Nmm	Nmm	Nmm	mm		
6	Tongkonan	L 50x50x5	C 100x50x7,5x5	1955000	2152000,000	1759500	0,046	0,025	OK
7	Gadang	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	1135000	1322666,667	1021500	0,131	0,070	OK
8	Joglo	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	1135000	1322666,667	1021500	0,005	0,056	OK
9	Tongkonan	I 150x75x7x5	C 75x40x7x5	1135000	2152000,000	1759500	0,085	0,013	OK
10	Gadang	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	1135000	1322666,667	1021500	0,14	0,070	OK
11	Joglo	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	1135000	1322666,667	1021500	0,02	0,029	OK
12	Tongkonan	T 50x100x8x6	C 75x40x7x5	1135000	2152000,000	1135000	0,085	0,033	OK

Kuat Lentur divisualisasikan dalam bentuk grafik dengan sumbu x merupakan urut rumah Gadang, Joglo dan Tongkonan mulai dari profil 2L sampai profil T sebagai berikut.



**Gambar 5.37 Kuat Lentur Gording Rumah Adat**

## 5.6 Rekap Hasil Analisis

Setelah dilakukan perhitungan kuat tekan, tarik dan lentur, selanjutnya dilakukan rekap gaya yang terkecil dan dibandingkan dengan gaya hasil analisis dari SAP2000. Rekap hasil analisis gaya dapat dilihat pada Tabel 5.26-5.31 sebagai berikut.

**Tabel 5.26 Kuat Tekan dan Kuat Tarik dari Profil 2L**

No.	Tipe Rumah Adat	Kuat Tekan				Kuat Tarik			
		Pu	FB	FTB	Pn	Pu	Leleh	Putus	Pn
		N	N	N	N	N	N	N	N
1	Gadang								
a	Tipe Polynesian 1	-148655,14	202434,853	199581,511	199581,511	139560,18	216000	214066,125	214066,125
c	Tipe Howe 1	-40537,15	212646,595	209495,939	209495,939	38621,59	216000	214066,125	214066,125
2	Joglo								
a	Tipe Howe 2	-	252821,496	249067,999	249067,999	23948,40	261000	258663,234	258663,234
b	Tipe Flat 1	-82061,35	203946,965	201050,540	201050,540	72931,57	216000	214066,125	214066,125
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	-117854,24	211824,017	208697,864	208697,864	100609,67	216000	214066,125	214066,125
3	Tongkonan								
a	Tipe Hip 1	-29748,22	208565,599	205535,553	205535,553	18418,02	216000	214066,125	214066,125
b	Tipe Hip 2	-12771,15	209578,391	206518,635	206518,635	5211,87	216000	214066,125	214066,125
c	Tipe Flat 3	-11431,70	203946,965	201050,540	201050,540	6755,92	216000	214066,125	214066,125

**Tabel 5.27 Kuat Tekan dan Kuat Tarik dari Profil L**

No.	Tipe Rumah Adat	Kuat Tekan			Kuat Tarik			
		Pu	FB	Pn	Pu	Leleh	Putus	Pn
		N	N	N	N	N	N	N
1	Gadang							
a	Tipe Polynesian 1	-62027,50	177036,218	177036,218	57772,17	108000	102363,483	102363,483
c	Tipe Howe 1	-25278,40	106367,599	106367,599	24026,97	108045	102363,483	102363,483
2	Joglo							
a	Tipe Howe 2	-	178669,911	178669,911	21196,91	182925	169776,948	169776,948
b	Tipe Flat 1	-73850,57	177702,134	177702,134	65633,10	182925	169776,948	169776,948
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	-107831,76	181132,195	181132,195	92024,75	182925	169776,948	169776,948
3	Tongkonan							
a	Tipe Hip 1	-55087,90	140425,996	140425,996	22878,16	108045	102363,483	102363,483
b	Tipe Hip 2	-18015,73	104832,858	104832,858	11971,27	108045	102363,483	102363,483
c	Tipe Flat 3	-97254,16	102015,972	102015,972	83285,25	108045	102363,483	102363,483

**Tabel 5.28 Kuat Tekan dan Kuat Tarik dari Profil I**

No.	Tipe Rumah Adat	Kuat Tekan				Kuat Tarik			
		Pu	FB	TB	Pn	Pu	Leleh	Putus	Pn
		N	N	N	N	N	N	N	N
1	Gadang								
a	Tipe Polynesian 1	-91691,24	400016,085	388750,531	388750,531	86017,28	401625	284306,572	284306,572
c	Tipe Howe 1	-54445,39	364557,495	388750,531	364557,495	51852,93	401625	284306,572	284306,572
2	Joglo								
a	Tipe Howe 2	-	300905,346	388750,531	300905,346	31178,61	401625	284306,572	284306,572
b	Tipe Flat 1	-98057,14	281510,309	388750,531	281510,309	101822,57	401625	284306,572	284306,572
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	-149877,18	355917,125	388750,531	355917,125	153432,31	401625	284306,572	284306,572

**Lanjutan Tabel 5.28 Kuat Tekan dan Kuat Tarik dari Profil I**

No.	Tipe Rumah Adat	Kuat Tekan				Kuat Tarik			
		Pu	FB	TB	Pn	Pu	Leleh	Putus	Pn
		N	N	N	N	N	N	N	N
3	Tongkonan								
a	Tipe Hip 1	-31145,90	323357,405	388750,531	323357,405	57344,00	401625	284306,572	284306,572
b	Tipe Hip 2	-31490,34	333198,399	388750,531	333198,399	20826,50	401625	284306,572	284306,572
c	Tipe Flat 3	-31762,91	281510,309	388750,531	281510,309	21504,00	401625	284306,572	284306,572

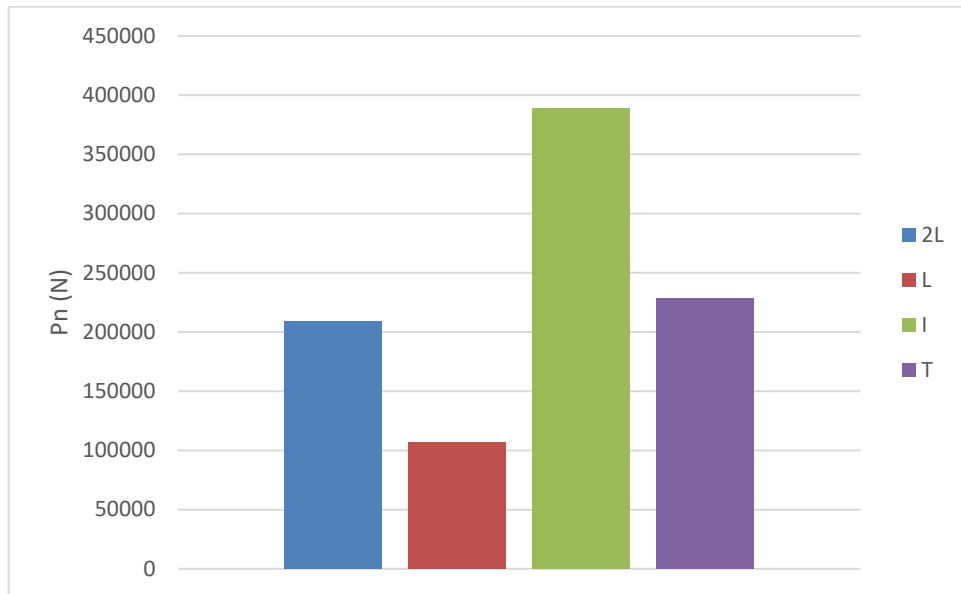
**Tabel 5.29 Kuat Tekan dan Kuat Tarik dari Profil T**

No.	Tipe Rumah Adat	Kuat Tekan				Kuat Tarik			Pn
		Pu	FB	FTB	Pn	Pu	Leleh	Putus	N
		N	N	N	N	N	N	N	
1	Gadang								
a	Tipe Polynesian 1	-71515,09	222025,011	212114,699	212114,699	67012,45	246375	211672,91	211673
c	Tipe Howe 1	-36316,53	240266,889	228690,501	228690,501	34622,98	246375	211672,91	211673
2	Joglo								
a	Tipe Howe 2	-	228606,711	218109,708	218109,708	23562,37	246375	211672,91	211673
b	Tipe Flat 1	-81817,56	224691,892	214545,823	214545,823	72714,87	246375	211672,91	211673
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	-13132,29	238777,430	227341,763	227341,763	100701,70	246375	211672,91	211673
3	Tongkonan								
a	Tipe Hip 1	-29339,41	232911,705	222022,133	222022,133	18125,09	246375	211672,91	211673
b	Tipe Hip 2	-19698,07	234729,019	223671,636	223671,636	13075,89	246375	211672,91	211673
c	Tipe Flat 3	-11110,77	224691,892	214545,823	214545,823	6858,96	246375	211672,91	211673

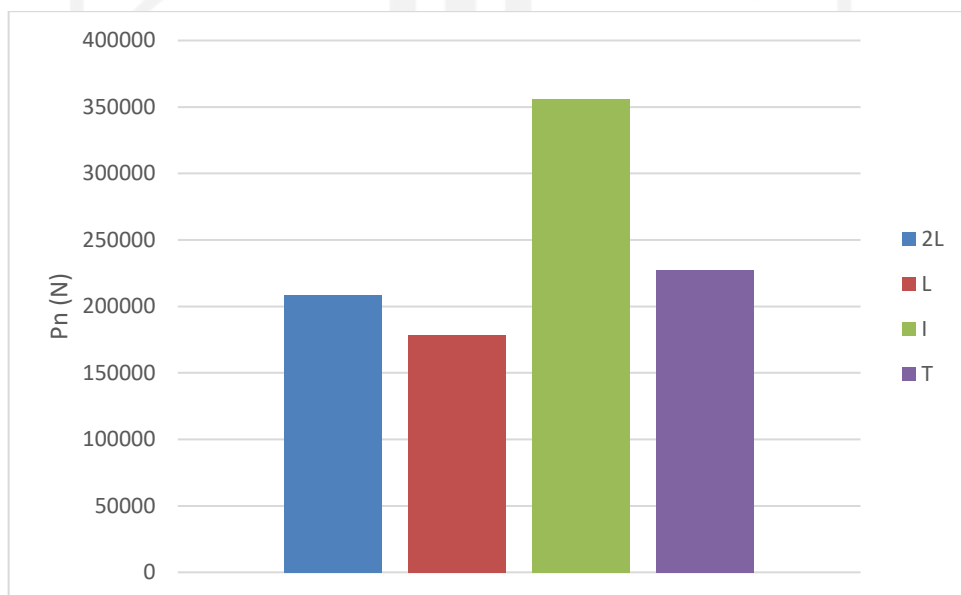
**Tabel 5.30 Rekap Kuat Lentur**

No.	Tipe Rumah Adat	Profil kuda-kuda	Mu	Mp	Mn	Mn pakai
			Nmm	Nmm	Nmm	Nmm
1	Gadang	2L 50x50x5	484579,06	6236062,5	5612456,25	5612456,25
2	Joglo	2L 50x50x5	344920,26	6236062,5	5612456,25	5612456,25
3	Tongkonan	2L 50x50x5	264956,48	11459375	10313437,5	10313437,5
4	Gadang	L 70x70x6	456084,46	6236062,5	5612456,25	5612456,25
5	Joglo	L 50x50x5	369820,33	6236062,5	5612456,25	5612456,25
6	Tongkonan	L 50x50x5	1028220,49	11459375	10313437,5	10313437,5
7	Gadang	I 150x75x7x5	507089,14	6236062,5	6562009,044	5612456,25
8	Joglo	I 150x75x7x5	271189,14	6236062,5	5612456,25	5612456,25
9	Tongkonan	I 150x75x7x5	1889800,28	6236062,5	5612456,25	5612456,25
10	Gadang	T 50x100x8x6	456084,46	6236062,5	5612456,25	5612456,25
11	Joglo	T 50x100x8x6	370777,07	6236062,5	5612456,25	5612456,25
12	Tongkonan	T 50x100x8x6	756945,29	6236062,5	6125572,449	6125572,449

Dari rekapan tersebut diambil nilai terbesar dari perwakilan tiap tipe per profil dan rumah adat, kemudian diubah dalam bentuk visual berupa diagram batang. Untuk diagram batang dari kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.29-5.31 sebagai berikut.

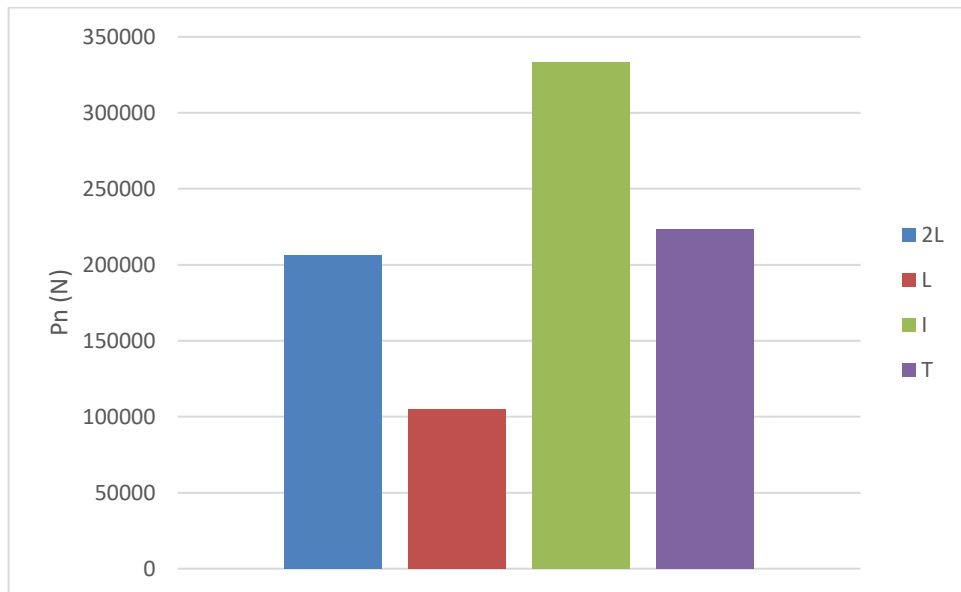


**Gambar 5.38 Diagram Batang Kuat Tekan Atap Rumah Adat Gadang**



**Gambar 5.39 Diagram Batang Kuat Tekan Atap Rumah Adat Joglo**

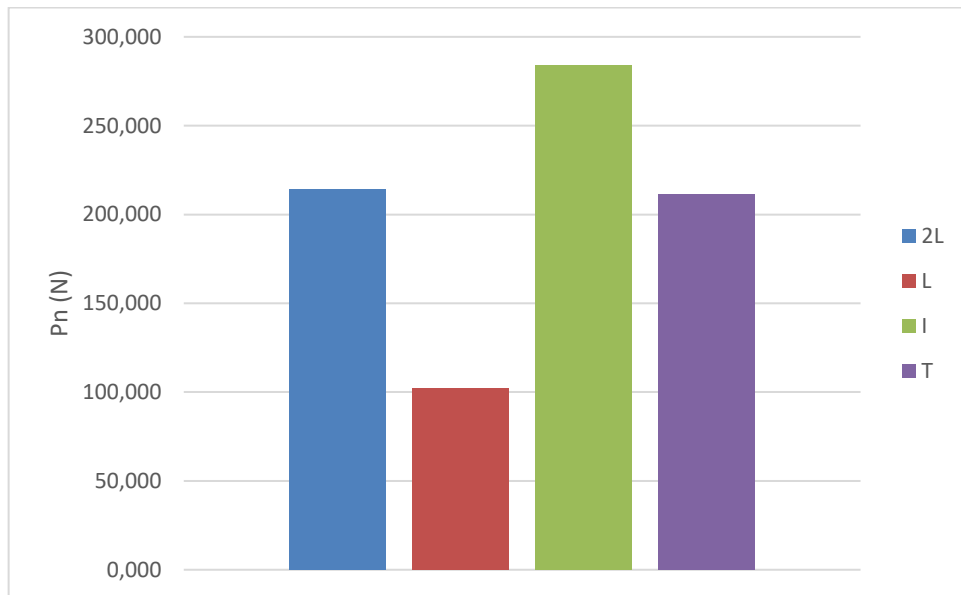




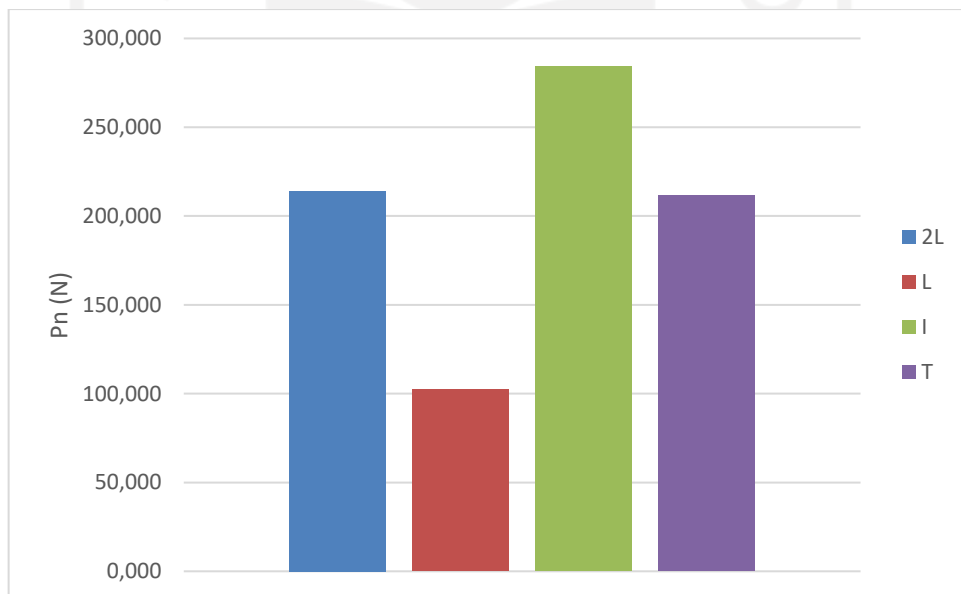
**Gambar 5.40 Diagram Batang Kuat Tekan Atap Rumah Adat Tongkonan**

Dari diagram tersebut dapat dilihat bahwa profil I memiliki kuat tekan paling tinggi sebesar 388,751 kN pada rumah adat Gadang, 355,917 kN pada rumah adat Joglo dan 333,198 kN pada rumah adat Tongkonan. Sedangkan profil L memiliki kuat tekan paling rendah sebesar 177,036 kN pada rumah adat Gadang, 181,132 kN pada rumah adat Joglo dan 140,425 kN pada rumah adat Tongkonan. Profil I memiliki kuat tekan lebih besar 80,131% pada rumah Gadang, 78,565% pada rumah Joglo, 78,436% pada rumah Tongkonan dibanding dengan profil L.

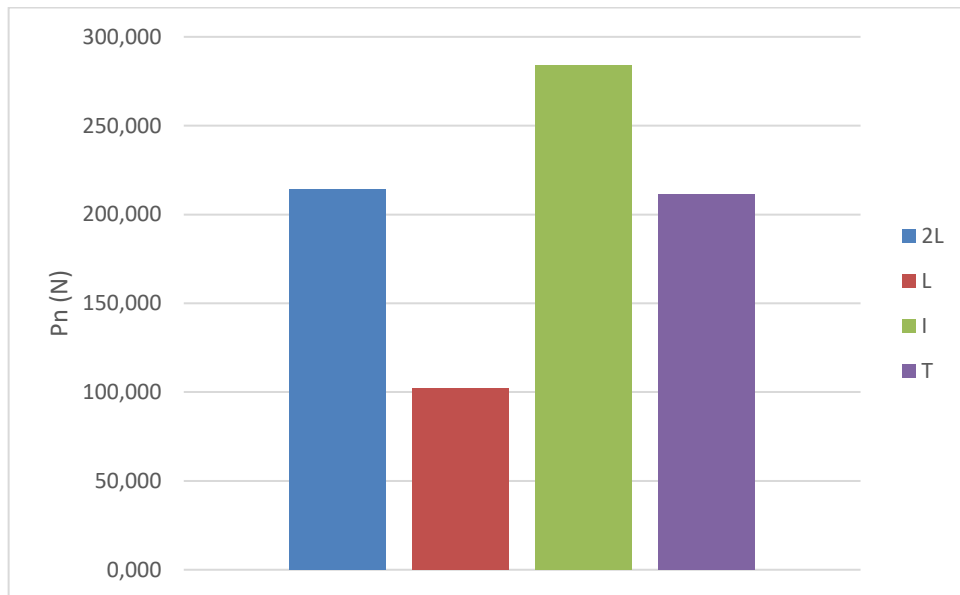
Selanjutnya diagram kuat tarik yang dapat dilihat pada gambar 5.32-5.34 sebagai berikut.



**Gambar 5.41 Diagram Batang Kuat Tarik Atap Rumah Adat Gadang**



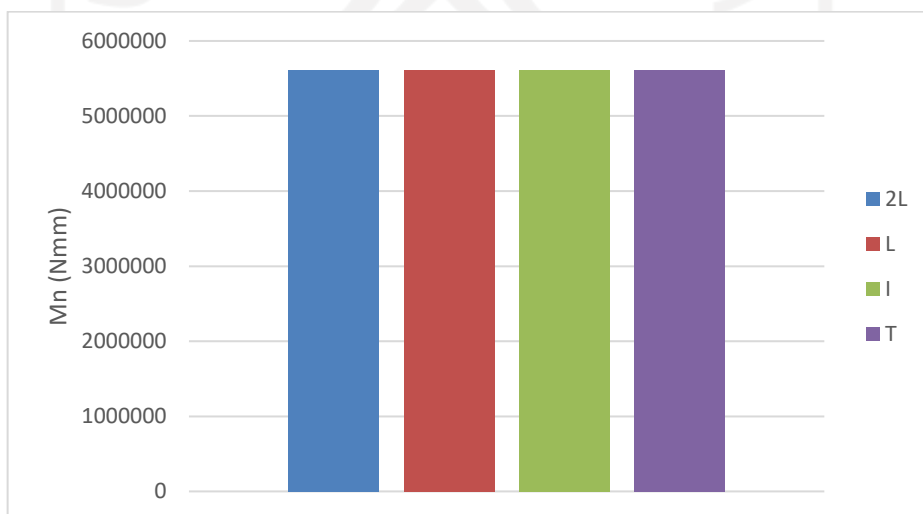
**Gambar 5.42 Diagram Batang Kuat Tarik Atap Rumah Adat Joglo**



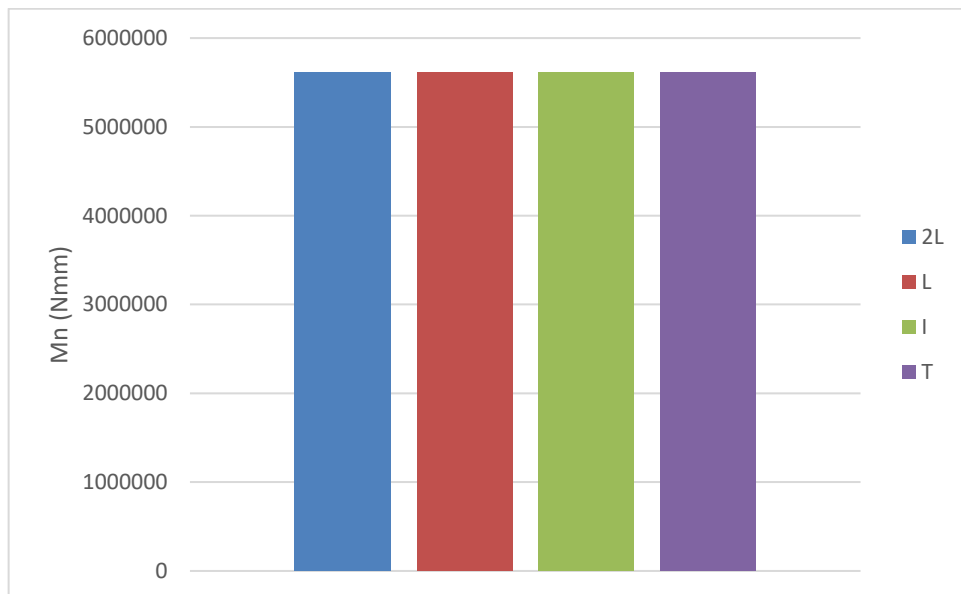
**Gambar 5.43 Diagram Batang Kuat Tarik Atap Rumah Adat Tongkonan**

Dari diagram tersebut dapat dilihat bahwa profil I memiliki kuat tarik paling tinggi sebesar 284,306 kN pada rumah adat Gadang, Joglo dan Tongkonan. Sedangkan profil L memiliki kuat tarik paling rendah sebesar 102,363 kN pada rumah adat Gadang, Joglo dan Tongkonan. Profil I memiliki kuat tarik lebih besar 69,516% dibanding profil L.

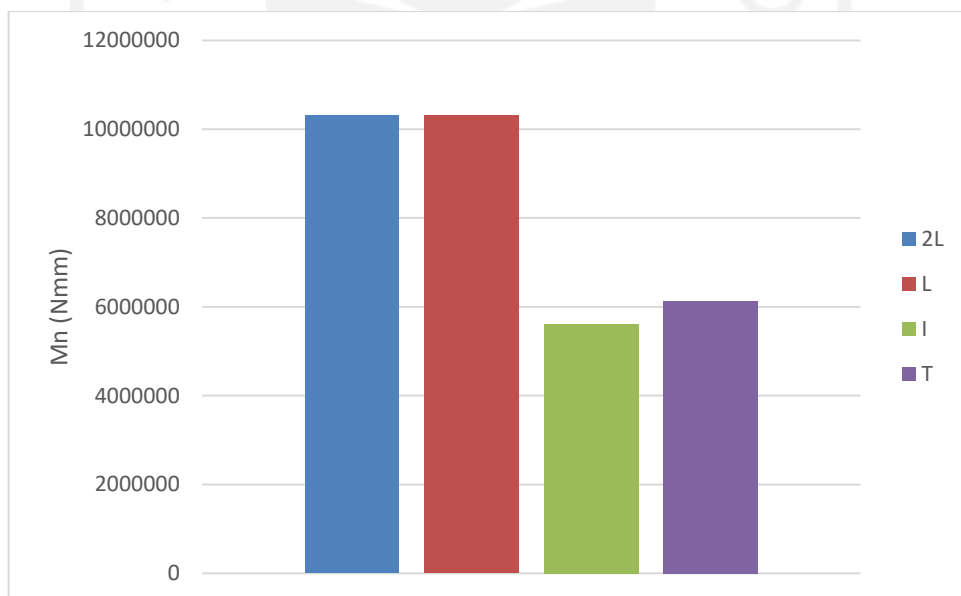
Selanjutnya diagram kuat lentur yang dapat dilihat pada gambar 5.35-5.37 sebagai berikut.



**Gambar 5.44 Diagram Batang Kuat Lentur Atap Rumah Adat Gadang**



**Gambar 5.45 Diagram Batang Kuat Lentur Atap Rumah Adat Joglo**



**Gambar 5.46 Diagram Batang Kuat Lentur Atap Rumah Adat Tongkonan**

Dari diagram tersebut dapat dilihat bahwa kuat lentur dari setiap profil dominan sama, namun terdapat perbedaan pada rumah adat Tongkonan yang memiliki nilai kuat lentur berbeda antar profil kuda-kuda. Untuk profil 2L dan L bisa berbeda karena profil gording yang digunakan memang berbeda, tetapi untuk profil I dan T memakai profil gording yang sama. Perbedaan kuda-kuda tidak terlalu

memengaruhi kekuatan lentur dari gording, kecuali pada rumah adat Tongkonan dengan kuda-kuda profil T yang gordinya memiliki kuat tekan sedikit lebih besar dibanding gording lainnya dengan dimensi profil yang sama, yaitu sebesar 6,125 kNm dengan rerata sebesar 5,612 kNm.

### 5.7 Kapasitas Sambungan

Sambungan baja menggunakan baut, plat dan las namun pada penelitian ini sambungan baja pada komponen batang tekan dan tarik hanya disambung menggunakan plat dan baut. Kebutuhan baut tergantung pada kekuatan dari batang profil baja. Berikut merupakan contoh perhitungan pada Tipe Howe 1 rangka atap rumah adat Gadang dengan profil L untuk menentukan kebutuhan jumlah baut.

#### 1. Batang Tarik

$$\emptyset P_n = 102,364 \text{ kN}$$

##### a. Kuat Geser Baut

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$F_n = 188 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n \text{ 1 baut} &= \emptyset \times F_n \times A_b \\ &= 0,75 \times 188 \times 200,96 \\ &= 28335,36 \text{ N} \\ &= 28,335 \text{ kN} \end{aligned}$$

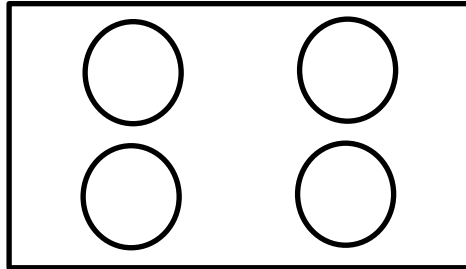
$$\begin{aligned} n \text{ baut sementara} &= \frac{\emptyset P_n}{\emptyset R_n} \\ &= \frac{102,364}{28,335} \\ &= 3,613 \text{ buah} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\emptyset R_n = \emptyset R_n \text{ 1 baut} \times n \text{ baut sementara}$$

$$= 28,335 \times 4$$

$$= 113,341 \text{ kN}$$

b. Kuat Tumpu Baut



$$Jt = 22 \text{ mm}$$

$$s = 3d$$

$$= 3 \times 16$$

$$= 48 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$F_u = 410 \text{ MPa}$$

$$lc1 = jt - \frac{dlubang}{2}$$

$$= 22 - \frac{16+2}{2}$$

$$= 13 \text{ mm}$$

$$lc2 = s - dlubang$$

$$= 48 - (16 + 2)$$

$$= 30 \text{ mm}$$

$$Rn1 = 1,5l_c t F_u \leq 3dt F_u$$

$$= 1,5 \times 13 \times 5 \times 410 \leq 3 \times 16 \times 5 \times 410$$

$$= 39.975 \text{ N} \leq 98.400 \text{ N}$$

$$Rn2 = 1,5l_c t F_u \leq 3dt F_u$$

$$= 1,5 \times 30 \times 5 \times 410 \leq 3 \times 16 \times 5 \times 410$$

$$= 92.250 \text{ N} \leq 98.400 \text{ N}$$

$$\emptyset Rn = 0,75 \times (39.975 + 92.250)$$

$$= 99.169 \text{ N}$$

$$= 99,169 \text{ kN}$$

## c. Block Shear

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= (((n - 1) \times s) + jt) \times 2 \times t \\
 &= (((2 - 1) \times 48) + 22) \times 2 \times 5 \\
 &= 700 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= (((n - 1) \times 2d_{lubang}) + jt) \times 2 \times t \\
 &= (((2 - 1) \times 2 \times 18) + 22) \times 2 \times 5 \\
 &= 540 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nt} &= d_{lubang} \times t \times 2 \\
 &= 18 \times 5 \times 2 \\
 &= 180 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$U_{bs} = 0,5$$

$$\begin{aligned}
 R_{n1} &= 0,6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \\
 &= (0,6 \times 410 \times 540) + (0,5 \times 410 \times 180) \\
 &= 169.740 \text{ N} \\
 &= 169,74 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{n2} &= 0,6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \\
 &= (0,6 \times 250 \times 700) + (0,5 \times 410 \times 180) \\
 &= 141.900 \text{ N} \\
 &= 141,9 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \times 141,9 \\
 &= 106,425 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## d. Jumlah baut

$$\phi R_n \text{ geser} = 113,341 \text{ kN}$$

$$\phi R_n \text{ tumpu} = 99,169 \text{ kN}$$

$$\phi R_n \text{ block shear} = 106,425 \text{ kN}$$

$$\phi R_n \text{ pakai} = 99,169 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ baut} &= \frac{\phi P_n}{\phi R_n} \\
 &= \frac{102,364}{99,169/4} \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

## 2. Batang Tekan

$$\emptyset Pn = 106,368 \text{ kN}$$

## a. Kuat Geser Baut

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$Ab = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$$

$$= 200,96 \text{ mm}^2$$

$$Fn = 188 \text{ Mpa}$$

$$\emptyset Rn \text{ 1 baut} = \emptyset \times Fn \times Ab$$

$$= 0,75 \times 188 \times 200,96$$

$$= 28335,36 \text{ N}$$

$$= 28,335 \text{ kN}$$

$$n \text{ baut sementara} = \frac{\emptyset Pn}{\emptyset Rn}$$

$$= \frac{106,368}{28,335}$$

$$= 3,753 \text{ buah}$$

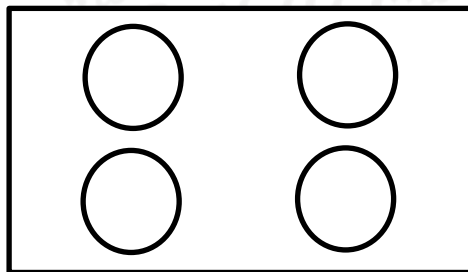
$$= 4 \text{ buah}$$

$$\emptyset Rn = \emptyset Rn \text{ 1 baut} \times n \text{ baut sementara}$$

$$= 28,335 \times 4$$

$$= 113,341 \text{ kN}$$

## b. Kuat Tumpu Baut



$$Jt = 22 \text{ mm}$$

$$s = 3d$$

$$= 3 \times 16$$



$$= 48 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$F_u = 410 \text{ MPa}$$

$$l_{c1} = jt - \frac{dlubang}{2}$$

$$= 22 - \frac{16+2}{2}$$

$$= 13 \text{ mm}$$

$$l_{c2} = s - dlubang$$

$$= 48 - (16 + 2)$$

$$= 30 \text{ mm}$$

$$R_{n1} = 1,5l_c t F_u \leq 3dt F_u$$

$$= 1,5 \times 13 \times 5 \times 410 \leq 3 \times 16 \times 5 \times 410$$

$$= 39.975 \text{ N} \leq 98.400 \text{ N}$$

$$R_{n2} = 1,5l_c t F_u \leq 3dt F_u$$

$$= 1,5 \times 30 \times 5 \times 410 \leq 3 \times 16 \times 5 \times 410$$

$$= 92.250 \text{ N} \leq 98.400 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times (39.975 + 92.250)$$

$$= 99.169 \text{ N}$$

$$= 99,169 \text{ kN}$$

c. Block Shear

$$A_{gv} = (((n - 1) \times s) + jt) \times 2 \times t$$

$$= (((2 - 1) \times 48) + 22) \times 2 \times 5$$

$$= 700 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = (((n - 1) \times 2dlubang) + jt) \times 2 \times t$$

$$= (((2 - 1) \times 2 \times 18) + 22) \times 2 \times 5$$

$$= 540 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = dlubang \times t \times 2$$

$$= 18 \times 5 \times 2$$

$$= 180 \text{ mm}^2$$

$$U_{bs} = 0,5$$

$$R_{n1} = 0,6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

$$= (0,6 \times 410 \times 540) + (0,5 \times 410 \times 180)$$

$$= 169.740 \text{ N}$$

$$= 169,74 \text{ kN}$$

$$R_{n2} = 0,6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

$$= (0,6 \times 250 \times 700) + (0,5 \times 410 \times 180)$$

$$= 141.900 \text{ N}$$

$$= 141,9 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 141,9$$

$$= 106,425 \text{ kN}$$

d. Jumlah baut

$$\phi R_n \text{ geser} = 113,341 \text{ kN}$$

$$\phi R_n \text{ tumpu} = 99,169 \text{ kN}$$

$$\phi R_n \text{ block shear} = 106,425 \text{ kN}$$

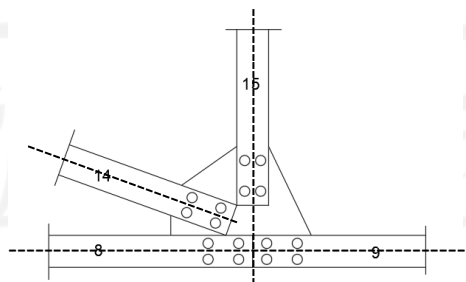
$$\phi R_n \text{ pakai} = 99,169 \text{ kN}$$

$$n \text{ baut} = \frac{\phi P_n}{\phi R_n}$$

$$= \frac{106,367}{99,169/4}$$

$$= 4 \text{ buah}$$

Berikut merupakan sketsa dari sambungan baut batang tekan pada frame 14,15 dan 9 dengan batang tarik pada frame 8.



**Gambar 5.47 Sambungan Baut**

Hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan baut dapat dilihat pada Tabel 5.31 dan 5.32 di bawah ini.

**Tabel 5.31 Kebutuhan Baut Batang Tarik**

No.	Geser		Tumpu			Block Shear					Pn	n
	Rn 1 baut	n geser	lc1	lc2,3,...,n	Rn	Agv	Anv	Ant	Rn1	Rn2		
	kN										kN	bh
1												
a	28,335	16	13	30	267,53	3320	2360	180	617,46	534,90	214,07	13
b	28,335	16	13	30	267,53	3320	2360	180	617,46	534,90	214,07	13
c	28,335	16	13	30	267,53	3320	2360	180	617,46	534,90	214,07	13
2												
a	28,335	20	13	30	336,713	4280	3000	180	774,900	678,900	258,663	16
b	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	214,066	13
c	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	214,066	13
d	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	214,066	13
3												
a	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	214,066	13
b	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	214,066	13
c	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	214,066	13
d	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	214,066	13
4												
a	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,74	141,9	102,311	5
b	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,74	141,9	102,311	5
c	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,74	141,9	102,311	5
5												
a	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	181,287	7
b	28,335	6	13	30	168,356	1180	860	180	248,460	213,900	169,777	7
c	28,335	6	13	30	168,356	1180	860	180	248,460	213,900	169,777	7
d	28,335	6	13	30	168,356	1180	860	180	248,460	213,900	169,777	7

Lanjutan Tabel 5.31 Kebutuhan Baut Batang Tarik

No.	Geser		Tumpu			Block Shear					Pn	n
	Rn 1 baut	n geser	lc1	lc2,3,...,n	Rn	Agv	Anv	Ant	Rn1	Rn2		
	kN										kN	bh
6												
a	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,740	141,900	102,311	5
b	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,740	141,900	102,311	5
c	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,740	141,900	102,311	5
d	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,740	141,900	102,311	5
7												
a	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
b	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
c	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
8												
a	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
b	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
c	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
d	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
9												
a	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
b	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
c	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
d	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	284,307	16
10												
a	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8
b	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8
c	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8

Lanjutan Tabel 5.31 Kebutuhan Baut Batang Tarik

No.	Geser		Tumpu			Block Shear					Pn	n
	Rn 1 baut	n geser	lc1	lc2,3,...,n	Rn	Agv	Anv	Ant	Rn1	Rn2		
	kN										kN	bh
11												
a	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8
b	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8
c	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8
d	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8
12												
a	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8
b	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8
c	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8
d	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	211,673	8

Tabel 5.32 Kebutuhan Baut Batang Tekan

No.	Geser		Tumpu			Block Shear					Pn	n
	Rn 1 baut	n geser	lc1	lc2,3,...,n	Rn	Agv	Anv	Ant	Rn1	Rn2		
	kN										kN	bh
1												
a	28,34	16	13	30	267,53	3320	2360	180	617,46	534,90	199,58	12
b	28,34	16	13	30	267,53	3320	2360	180	617,46	534,90	209,38	13
c	28,34	16	13	30	267,53	3320	2360	180	617,46	534,90	209,50	13
2												
a	28,335	20	13	30	336,713	4280	3000	180	774,90	678,9	249,068	17
b	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,46	534,9	201,051	13
c	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,46	534,9	201,051	13
d	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,46	534,9	208,698	13

Lanjutan Tabel 5.32 Kebutuhan Baut Batang Tekan

No.	Geser		Tumpu			Block Shear					Pn	n
	Rn 1 baut	n geser	lc1	lc2,3...,n	Rn	Agv	Anv	Ant	Rn1	Rn2		
	kN										kN	bh
3												
a	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	205,536	13
b	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	206,519	13
c	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	201050,54	13
d	28,335	16	13	30	267,525	3320	2360	180	617,460	534,900	201,051	13
4												
a	28,335	8	13	30	306,731	1660	1180	180	327,18	285,9	177,03622	8
b	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,74	141,9	101,26	5
c	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,74	141,9	106,368	5
5												
a	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,18	285,9	178,670	7
b	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,18	285,9	177,702	7
c	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	177,702	7
d	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	181,132	7
6												
a	28,335	6	13	30	168,356	1180	860	180	248,460	213,900	140,426	6
b	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,740	141,900	104,833	5
c	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,74	141,9	102,016	5
d	28,335	4	13	30	99,169	700	540	180	169,740	141,900	102,016	5
7												
a	28,335	15	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	388,75053	22
b	28,335	10	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	268,83909	11
c	28,335	13	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	364,557	18

Lanjutan Tabel 5.32 Kebutuhan Baut Batang Tekan

No.	Geser		Tumpu			Block Shear					Pn	n
	Rn 1 baut	n geser	lc1	lc2,3...,n	Rn	Agv	Anv	Ant	Rn1	Rn2		
	kN										kN	bh
8												
a	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	245,385	214,425	300,90535	17
b	28,335	10	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	281,510	11
c	28,335	10	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	281,510	11
d	28,335	13	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	355,917	18
9												
a	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	245,385	214,425	323,357	19
b	28,335	12	13	30	237,544	1660	1180	180	245,385	214,425	333,198	19
c	28,335	10	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	281,510	11
d	28,335	10	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	281,510	11
10												
a	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	212,115	8
b	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	212,115	8
c	28,335	10	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	228,6905	9
11												
a	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	218,110	9
b	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	214,546	9
c	28,335	12	13	30	375,919	2620	1820	180	484,620	429,900	309,409	12
d	283,354	10	13	30	306,731	2140	1500	180	304,425	268,425	227,342	9
12												
a	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	222,022	9
b	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	223,672	9
c	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	214,546	9
d	28,335	8	13	30	237,544	1660	1180	180	327,180	285,900	214,546	9

## 5.8 Analisis Biaya

Setelah dilakukan perhitungan gaya dalam untuk mendapatkan profil yang paling optimum dari segi kekuatan, selanjutnya dilakukan analisis biaya untuk mendapatkan profil yang paling optimum dari segi ekonomi. Analisis yang dilakukan adalah menentukan harga barang dan jasa, analisis harga satuan dan rancangan anggaran biaya dari setiap profil dan rumah adat. berikut merupakan perhitungan analisis biaya yang dimulai dari menentukan harga barang dan jasa. Pada penelitian ini harga barang dan jasa menggunakan harga yang sama di semua daerah.

**Tabel 5.33 Harga Barang**

Profil	satuan	Harga	Harga per kg
	kg		
2L 50x50x5	45,36	Rp 372.880	Rp 8.220
L 50x50x5	22,68	Rp 186.440	Rp 8.220
L 60x60x5	27,42	Rp 211.360	Rp 7.708
I 150x75x7x5	168	Rp 1.343.000	Rp 7.994
T 50x100x8x6	1000	Rp. 7.253.558	Rp 7.254
C 75x40x7x5	43	Rp 277.800	Rp 6.460
C 100x50x7,5x5	56,2	Rp 337.200	Rp 6.000

**Tabel 5.34 Harga Jasa**

Tenaga	Satuan	Harga
Pekerja	OH	Rp 17.150
Tukang Las Konstruksi	OH	Rp 21.038
Kepala Tukang	OH	Rp 21.038
Mandor	OH	Rp 22.875

Setelah diketahui harga barang dan jasa, selanjutnya dapat dihitung analisis harga satuan dari setiap jenis profil berdasarkan SNI 7393-2008 sebagai berikut.



**Tabel 5.35 AHS dari profil 2L 50x50x5**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,06	Rp 17.150	Rp 1.029
	Tukang Las Konstruksi	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Kepala Tukang	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Mandor	OH	0,003	Rp 22.875	Rp 69
				JUMLAH TENAGA KERJA	Rp 3.622
B	BAHAN				
	Besi Profil	Kg	1,15	Rp 8.220	Rp 9.454
				JUMLAH HARGA BAHAN	Rp 9.454
C	PERALATAN				
				JUMLAH HARGA ALAT	Rp -
D	Jumlah (A+B+C)				Rp 13.076
E	Overhead & Profit (10%)				Rp 1.308
F	Harga Stuan Pekerjaan (D+E)				Rp 14.383

**Tabel 5.36 AHS dari profil L 50x50x5**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,06	Rp 17.150	Rp 1.029
	Tukang Las Konstruksi	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Kepala Tukang	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Mandor	OH	0,003	Rp 22.875	Rp 69
				JUMLAH TENAGA KERJA	Rp 3.622
B	BAHAN				
	Besi Profil	Kg	1,15	Rp 8.220	Rp 9.454
				JUMLAH HARGA BAHAN	Rp 9.454
C	PERALATAN				
				JUMLAH HARGA ALAT	Rp -
D	Jumlah (A+B+C)				Rp 13.076
E	Overhead & Profit (10%)				Rp 1.308
F	Harga Stuan Pekerjaan (D+E)				Rp 14.383

**Tabel 5.37 AHS dari profil L 60x60x5**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,06	Rp 17.150	Rp 1.029
	Tukang Las Konstruksi	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Kepala Tukang	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Mandor	OH	0,003	Rp 22.875	Rp 69
				JUMLAH TENAGA KERJA	Rp 3.622
B	BAHAN				
	Besi Profil	Kg	1,15	Rp 7.708	Rp 8.864
				JUMLAH HARGA BAHAN	Rp 8.864
C	PERALATAN				
				JUMLAH HARGA ALAT	Rp -
D	Jumlah (A+B+C)				Rp 12.487
E	Overhead & Profit (10%)				Rp 1.249
F	Harga Stuan Pekerjaan (D+E)				Rp 13.735

**Tabel 5.38 AHS dari profil I 150x75x7x5**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,06	Rp 17.150	Rp 1.029
	Tukang Las Konstruksi	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Kepala Tukang	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Mandor	OH	0,003	Rp 22.875	Rp 69
				JUMLAH TENAGA KERJA	Rp 3.622
B	BAHAN				
	Besi Profil	Kg	1,15	Rp 7.994	Rp 9.193
				JUMLAH HARGA BAHAN	Rp 9.193
C	PERALATAN				
				JUMLAH HARGA ALAT	Rp -
D	Jumlah (A+B+C)				Rp 12.815
E	Overhead & Profit (10%)				Rp 1.282
F	Harga Stuan Pekerjaan (D+E)				Rp 14.097

**Tabel 5.39 AHS dari profil T 50x100x8x6**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,06	Rp 17.150	Rp 1.029
	Tukang Las Konstruksi	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Kepala Tukang	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Mandor	OH	0,003	Rp 22.875	Rp 69
			JUMLAH TENAGA KERJA		Rp 3.622
B	BAHAN				
	Besi Profil	Kg	1,15	Rp 7.254	Rp 8.342
			JUMLAH HARGA BAHAN		Rp 8.342
C	PERALATAN				
			JUMLAH HARGA ALAT		Rp -
D	Jumlah (A+B+C)				Rp 11.964
E	Overhead & Profit (10%)				Rp 1.196
F	Harga Stuan Pekerjaan (D+E)				Rp 13.160

**Tabel 5.40 AHS dari profil U 75x40x7x5**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,06	Rp 17.150	Rp 1.029
	Tukang Las Konstruksi	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Kepala Tukang	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Mandor	OH	0,003	Rp 22.875	Rp 69
			JUMLAH TENAGA KERJA		Rp 3.622
B	BAHAN				
	Besi Profil	Kg	1,15	Rp 6.460	Rp 7.430
			JUMLAH HARGA BAHAN		Rp 7.430
C	PERALATAN				
			JUMLAH HARGA ALAT		Rp -
D	Jumlah (A+B+C)				Rp 11.052
E	Overhead & Profit (10%)				Rp 1.105
F	Harga Stuan Pekerjaan (D+E)				Rp 12.157

**Tabel 5.41 AHS dari profil U 100x50x7,5x5**

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,06	Rp 17.150	Rp 1.029
	Tukang Las Konstruksi	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Kepala Tukang	OH	0,06	Rp 21.038	Rp 1.262
	Mandor	OH	0,003	Rp 22.875	Rp 69
				JUMLAH TENAGA KERJA	Rp 3.622
B	BAHAN				
	Besi Profil	Kg	1,15	Rp 6.000	Rp 6.900
				JUMLAH HARGA BAHAN	Rp 6.900
C	PERALATAN				
				JUMLAH HARGA ALAT	Rp -
D	Jumlah (A+B+C)				Rp 10.522
E	Overhead & Profit (10%)				Rp 1.052
F	Harga Stuan Pekerjaan (D+E)				Rp 11.574

Sebelum menghitung RAB material harus diketahui terlebih dahulu volume dari setiap profil sebagai berikut.

**Tabel 5.42 Volume Kebutuhan dari Setiap Profil**

No.	Tipe Rumah Adat	berat baja profil									
		2L		L		I		T		U	
		N	kg	N	kg	N	kg	N	kg	N	kg
1	Gadang	14562,780	1484,990	9578,180	976,703	34884,840	3557,264	19196,730	1957,522	6832,930	696,765
a	Tipe Polynesian 1	6074,520	619,429	4005,280	408,425	14587,680	1487,529	8027,440	818,571	6832,93	696,764
b	Tipe Polynesian 2	5219,280	532,218	3446,680	351,464	12553,200	1280,070	6907,880	704,408		
c	Tipe Howe 1	3268,980	333,343	2126,220	216,814	7743,960	789,664	4261,410	434,543		
2	Joglo	13117,090	1337,57	9497,100	968,435	34645,030	3532,810	19064,83	1944,072	6628,22	675,890
a	Tipe Howe 2	1287,050	131,243	933,350	95,175	3399,350	346,637	1870,650	190,753	6628,22	675,890
b	Tipe Flat 1	2053,420	209,391	1473,840	150,290	5423,520	553,045	2984,500	304,334		
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	2120,440	216,225	1537,720	156,804	5600,560	571,098	3081,920	314,268		
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 3	7656,180	780,713	5552,190	566,166	20221,600	2062,029	11127,760	1134,716		
3	Tongkonan	11053,25	1127,11	10426,13	1063,169	33904,430	3457,290	18657,220	1902,507	5418,840	552,568
a	Tipe Hip 1	2793,380	284,845	2634,880	268,683	8568,320	873,725	4715,060	480,802	5418,84	552,567
b	Tipe Hip 2	6458,050	658,538	6091,650	621,175	19809,250	2019,981	10900,800	1111,572		
c	Tipe Flat 4	606,740	61,870	572,320	58,360	1861,100	189,779	1024,140	104,433		
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 5	1195,080	121,864	1127,280	114,951	3665,760	373,803	2017,220	205,699		

Tahap yang terakhir adalah menghitung rancangan anggaran biaya dengan mengalikan volume dengan harga satuan. RAB material dari setiap profil dapat dilihat pada tabel 5.43-5.46 sebagai berikut.

**Tabel 5.43 RAB material dari profil 2L**

No.	Rumah Adat	Profil Baja	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga	Total Pekerjaan
1	Gadang						<b>Rp 29.829.388,48</b>
a	Tipe Polynesian 1	2L 50x50x5	kg	619,4287	Rp 14.383	Rp 8.909.377	
b	Tipe Polynesian 2	2L 50x50x5	kg	532,2184	Rp 14.383	Rp 7.655.014	
c	Tipe Howe 1	2L 50x50x5	kg	333,3432	Rp 14.383	Rp 4.794.548	
d	Gording	C 75x40x7x5	kg	696,7649	Rp 12.157	Rp 8.470.450	
2	Joglo						<b>Rp 27.455.254,85</b>
a	Tipe Howe 2	2L 50x50x5	kg	131,2426	Rp 14.383	Rp 1.887.691	
b	Tipe Flat 1	2L 50x50x5	kg	209,3906	Rp 14.383	Rp 3.011.710	
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	2L 50x50x5	kg	216,2247	Rp 14.383	Rp 3.110.007	
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 3	2L 50x50x5	kg	780,7131	Rp 14.383	Rp 11.229.166	
e	Gording	C 75x40x7x5	kg	675,8903	Rp 12.157	Rp 8.216.681	
3	Tongkonan						<b>Rp 22.607.188,18</b>
a	Tipe Hip 1	2L 50x50x5	kg	284,8455	Rp 14.383	Rp 4.096.995	
b	Tipe Hip 2	2L 50x50x5	kg	658,5378	Rp 14.383	Rp 9.471.893	
c	Tipe Flat 4	2L 50x50x5	kg	61,87026	Rp 14.383	Rp 889.893	
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 5	2L 50x50x5	kg	121,8642	Rp 14.383	Rp 1.752.800	
e	Gording	C 100x50x7,5x5	kg	552,5679	Rp 11.574	Rp 6.395.607	

Tabel 5.44 RAB material dari profil L

No.	Rumah Adat	Profil Baja	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga	Total Pekerjaan
1	Gadang						<b>Rp 22.518.575,30</b>
a	Tipe Polynesian 1	L 50x50x5	kg	408,4249	Rp 14.383	Rp 5.874.464	
b	Tipe Polynesian 2	L 50x50x5	kg	351,4635	Rp 14.383	Rp 5.055.177	
c	Tipe Howe 1	L 50x50x5	kg	216,8141	Rp 14.383	Rp 3.118.484	
d	Gording	C 75x40x7x5	kg	696,7649	Rp 12.157	Rp 8.470.450	
2	Joglo						<b>Rp 22.048.507,00</b>
a	Tipe Howe 2	L 50x50x5	kg	95,17521	Rp 14.383	Rp 1.368.926	
b	Tipe Flat 1	L 60x60x5	kg	150,2899	Rp 13.735	Rp 2.064.271	
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	L 50x50x5	kg	156,8038	Rp 14.383	Rp 2.255.343	
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 3	L 50x50x5	kg	566,1658	Rp 14.383	Rp 8.143.286	
e	Gording	C 75x40x7x5	kg	675,8903	Rp 12.157	Rp 8.216.681	
3	Tongkonan						<b>Rp 21.687.403,81</b>
a	Tipe Hip 1	L 50x50x5	kg	268,683	Rp 14.383	Rp 3.864.526	
b	Tipe Hip 2	L 50x50x5	kg	621,1754	Rp 14.383	Rp 8.934.501	
c	Tipe Flat 4	L 50x50x5	kg	58,3604	Rp 14.383	Rp 839.410	
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 5	L 50x50x5	kg	114,9506	Rp 14.383	Rp 1.653.359	
e	Gording	C 100x50x7,5x5	kg	552,5679	Rp 11.574	Rp 6.395.607	

Tabel 5.45 RAB material dari profil I

No.	Rumah Adat	Profil Baja	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga	Total Pekerjaan
1	Gadang						<b>Rp 58.616.512,36</b>
a	Tipe Polynesian 1	I 150x75x7x5	kg	1487,529	Rp 14.097	Rp 20.969.416	
b	Tipe Polynesian 2	I 150x75x7x5	kg	1280,07	Rp 14.097	Rp 18.044.903	
c	Tipe Howe 1	I 150x75x7x5	kg	789,6642	Rp 14.097	Rp 11.131.744	
d	Gording	C 75x40x7x5	kg	696,7649	Rp 12.157	Rp 8.470.450	
2	Joglo						<b>Rp 58.018.022,64</b>
a	Tipe Howe 2	I 150x75x7x5	kg	346,6372	Rp 14.097	Rp 4.886.478	
b	Tipe Flat 1	I 150x75x7x5	kg	553,0451	Rp 14.097	Rp 7.796.171	
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	I 150x75x7x5	kg	571,0982	Rp 14.097	Rp 8.050.661	
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 3	I 150x75x7x5	kg	2062,029	Rp 14.097	Rp 29.068.031	
e	Gording	C 75x40x7x5	kg	675,8903	Rp 12.157	Rp 8.216.681	
3	Tongkonan						<b>Rp 55.454.219,73</b>
a	Tipe Hip 1	I 150x75x7x5	kg	873,7255	Rp 14.097	Rp 12.316.740	
b	Tipe Hip 2	I 150x75x7x5	kg	2019,981	Rp 14.097	Rp 28.475.288	
c	Tipe Flat 4	I 150x75x7x5	kg	189,7794	Rp 14.097	Rp 2.675.283	
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 5	I 150x75x7x5	kg	373,8035	Rp 14.097	Rp 5.269.436	
e	Gording	C 75x40x7x5	kg	552,5679	Rp 12.157	Rp 6.717.472	



Tabel 5.46 RAB material dari profil T

No.	Rumah Adat	Profil Baja	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga	Total Pekerjaan
1	Gadang						<b>Rp 35.624.692,96</b>
a	Tipe Polynesian 1	T 50x100x8x6	kg	818,5711	Rp 13.160	Rp 10.772.468	
b	Tipe Polynesian 2	T 50x100x8x6	kg	704,4077	Rp 14.383	Rp 10.131.650	
c	Tipe Howe 1	T 50x100x8x6	kg	434,5429	Rp 14.383	Rp 6.250.125	
d	Gording	C 75x40x7x5	kg	696,7649	Rp 12.157	Rp 8.470.450	
2	Joglo						<b>Rp 36.178.686,22</b>
a	Tipe Howe 2	T 50x100x8x6	kg	190,7532	Rp 14.383	Rp 2.743.645	
b	Tipe Flat 1	T 50x100x8x6	kg	304,3343	Rp 14.383	Rp 4.377.306	
c	Tipe Flat dan Sloping Flat 2	T 50x100x8x6	kg	314,2684	Rp 14.383	Rp 4.520.190	
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 3	T 50x100x8x6	kg	1134,716	Rp 14.383	Rp 16.320.863	
e	Gording	C 75x40x7x5	kg	675,8903	Rp 12.157	Rp 8.216.681	
3	Tongkonan						<b>Rp 34.081.643,36</b>
a	Tipe Hip 1	T 50x100x8x6	kg	480,8023	Rp 14.383	Rp 6.915.484	
b	Tipe Hip 2	T 50x100x8x6	kg	1111,572	Rp 14.383	Rp 15.987.985	
c	Tipe Flat 4	T 50x100x8x6	kg	104,4332	Rp 14.383	Rp 1.502.086	
d	Tipe Flat dan Sloping Flat 5	T 50x100x8x6	kg	205,6992	Rp 14.383	Rp 2.958.616	
e	Gording	C 75x40x7x5	kg	552,5679	Rp 12.157	Rp 6.717.472	

Dari perhitungan RAB material tersebut dapat dilihat rumah adat paling ekonomis adalah yang menggunakan profil L, yaitu sebesar Rp. 22.518.575,30 pada rumah adat Gadang, Rp. 22.084.507,00 pada rumah adat Joglo dan Rp. 21.687.403,81 pada rumah adat Tongkonan. Sedangkan rumah adat paling mahal adalah yang menggunakan profil I, yaitu sebesar Rp58.616.512,36 pada rumah adat Gadang, Rp. Rp58.018.022,64 pada rumah adat Joglo dan Rp. Rp55.454.219,73 pada rumah adat Tongkonan. Profil L memiliki nilai ekonomis lebih besar 72,246% pada rumah Gadang, 72,462% pada rumah Joglo dan 71,886% pada rumah Tongkonan dibandingkan dengan profil I.

Sehingga dapat disimpulkan berdasarkan kekuatan gaya dalam dan perhitungan RAB material, profil yang paling optimum dari segi kekuatan dan ekonomis adalah profil L. Dari segi ekonomi profil L merupakan yang paling murah dan dari segi kekuatan meskipun bukan yang memiliki kuat tekan dan tarik paling besar tetapi sudah aman dalam analisis menggunakan SAP2000 maupun perhitungan manual.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian ini yang membandingkan empat jenis profil yaitu profil 2L, L, I dan T untuk rangka atap dari rumah adat Gadang, Joglo dan Tongkonan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut.

1. Profil I memiliki kuat tekan yang paling besar dibanding profil lainnya, kemudian disusul oleh profil T yang memiliki nilai kuat tekan cukup jauh dibanding profil 2L dan L.
2. Profil T memiliki kuat tarik yang paling besar dibanding profil lainnya, kemudian disusul oleh profil I, 2L dan L.
3. Kuat lentur dari setiap profil dominan sama, namun terdapat perbedaan pada rumah adat Tongkonan yang memiliki nilai kuat lentur. Profil kuda-kuda juga dapat memengaruhi nilai kuat lentur dari gording meskipun tidak begitu berpengaruh.
4. Profil L merupakan yang paling ekonomis, sedangkan profil I adalah yang paling mahal dan cukup jauh selisihnya dibanding dengan profil lainnya..
5. Profil yang paling optimum dari segi kekuatan dan ekonomis adalah profil L.
6. Kebutuhan material kuda-kuda untuk rumah adat Gadang sebanyak 976,703 kg, rumah Joglo sebanyak 968,435 kg dan rumah Tongkonan sebanyak 1063,169 kg. sedangkan kebutuhan gording untuk rumah adat Gadang sebanyak 696,765 kg, rumah Joglo sebanyak 675,890 kg dan rumah Tongkonan sebanyak 552,568 kg.
7. Anggaran biaya untuk rumah adat Gadang sebesar Rp. 22.518.575,30, rumah Joglo sebesar Rp. 22.084,507,00 dan rumah Tongkonan sebesar Rp. 21.687.403,81

## 6.2 Saran

1. Penambahan jenis profil baik untuk kuda-kuda maupun gording, untuk kuda-kuda mungkin bisa dicoba menggunakan profil hollow dan gording menggunakan profil canal.
2. Pemilihan jenis profil harus memperhatikan lokasi rumah adat, apakah di daerah tersebut terdapat jenis profil yang dibutuhkan. Jika harus mendatangkan dari luar daerah maka biaya akan lebih besar dan jadi tidak ekonomis.
3. Menggunakan lebih banyak lagi obyek penelitian yang digunakan sebagai studi kasus serta diusahakan untuk menggunakan beberapa model bentuk atap, sehingga dapat diperoleh hasil yang maksimal.
4. Penambahan variasi jenis sambungan, tidak hanya menggunakan baut dan plat saja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 03-1727-2013*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 03-1729-2015*. BSN. Jakarta.
- Bleich, F.. 1952. *Buckling Strength of Metal Structures*. McGraw-Hill. New York.
- Bilal, A. dan Anton, H. 2000. Optimasi Struktur Rangka Batang Baja dari Beberapa Model Struktur Rangka Atap dengan Menggunakan Program Aplikasi Komputer. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Yayasan Badan Penerbit PU. Jakarta.
- Dewobroto, W.. 2015. *Struktur Baja – Perilaku, Analisis, & Desain – AISC 2010*. Lumina Press. Jakarta.
- Joshi, K.A. and Gill, S. 2018. To Study Various Types of Fasteners in Design of Stell Structur. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*. Vol.6 No.2:122-127. India.
- Latumeten, D.A.R., Averina, A.A., Santoso.H., dan Muljati, I. 2015. Perencanaan Struktur Rangka Atap Baja Canai Dingin. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol.4 No.2:1-8. Surabaya.
- Nugroho, A.Y.R. 2017. Analisis Kuat Lentur Profil C Baja Ringan Sebagai Komponen Rangka Atap. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

- Nurdiah, A.E. 2011. Studi Struktur dan Konstruksi Rumah Tradisional Suku Batak Toba, Minangkabau dan Toraja. Penelitian:1-61. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Rogan, A.L. and Lawson, R.M. 1998. *Value and Benefit Assessment of Light Steel Framing in Housing*. The Steel Construction Institute. UK.
- Santoso, A.R. 2011. Perencanaan Rangka Atap Baja Ringan Berdasarkan *Australian/New Zealand Standard* ( AS/NZS 4600:1996). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Stuart, M. 2012. *PDHonline Course S216 : Steel Column Design*. (<https://pdhonline.com/courses/s216/s216content.pdf>. Diakses 9 Mei 2020).
- Sucipta, A., Saggaff, A., dan Muliawan, S. 2013. Analisa Pola Keruntuhan Konstruksi Rangka Atap dengan Menggunakan Profil Baja Ringan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol.1 No.1:13-21. Palembang.
- Wang, K.C. 1966. *Pengantar Analisis Struktur dengan Cara Matriks*. Terjemahan oleh P.H. Ismoyo. 1985. Erlangga. Jakarta.



# LAMPIRAN



Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia  
 Gedung Moh. Hatta  
 Jl. Kallurang Km 14,5 Yogyakarta 55584  
 T. (0274) 898444 ext.2301  
 F. (0274) 898444 psw.2091  
 E. perpustakaan@uii.ac.id  
 W. library.uui.ac.id

**SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI**

Nomor: 1594938634/Perpus./10/Dir.Perpus/V/2021

*Bismillaahirrahmaanirrahiim*

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Rhesnu Prayogia Cahyadi  
 Nomor Mahasiswa : 16511103  
 Pembimbing : Astriana Hardawati S.T., M.Eng.  
 Fakultas / Prodi : Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan/ Teknik Sipil  
 Judul Karya Ilmiah : ANALISA PROFIL BAJA PADA STRUKTUR RANGKA ATAP  
 RUMAH ADAT GADANG, JOGLO DAN TONGKONAN

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **3 (Tiga) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 27 Mei 2021

Direktur



Joko S. Prianto, SIP., M.Hum