

SKRIPSI
STUDI PERBANDINGAN ANALISA STRUKTUR ATAP PADA
BANGUNAN FUTSAL MENGGUNAKAN KUDA-KUDA DENGAN TIPE
HOWE* DAN TIPE *RAFTER

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram



DISUSUN OLEH:

NAMA: MUHAMMAD FARHAN ES

NIM : 416110131

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2021

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN ANALISA STRUKTUR ATAP PADA
BANGUNAN FUTSAL MENGGUNAKAN KUDA-KUDA DENGAN TIPE
HOWE DAN TIPE RAFTER**

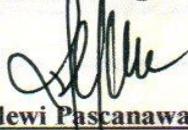
Disusun Oleh:

MUHAMMAD FARHAN ES

416110131

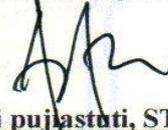
Mataram, 14 Agustus 2021

Pembimbing I,



Maya Saridewi Pascanawaty, ST.,MT
NIDN.0820098001

Pembimbing II,

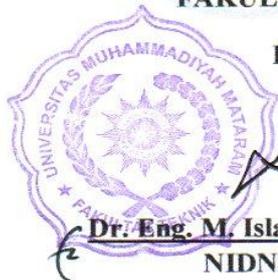


Dr. Heni pujiastuti, ST., MT
NIDN.082808720

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



Dr. Eng. M. Islamy Rusyida, ST.,MT
NIDN.0824017501



HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN ANALISA STRUKTUR ATAP PADA
BANGUNAN FUTSAL MENGGUNAKAN KUDA-KUDA DENGAN TIPE
HOWE DAN TIPE RAFTER**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

NAMA: MUHAMMAD FARHAN ES

NIM: 416110131

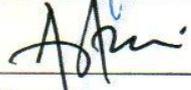
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari Sabtu, 14 Agustus 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT
2. Penguji II : Dr. Heni pujiastuti, ST., MT
3. Penguji III : Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Eng

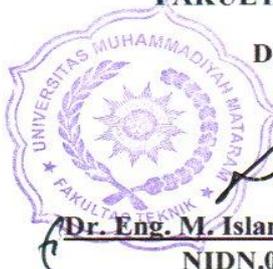


Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Dekan,



Dr. Eng. M. Islamy Rusyida, ST., MT

NIDN.0824017501



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripdi dengan judul “*Studi Perbandingan Analisa Striktur Atap Pada Bangunan Futsal Menggunakan Kuda-Kuda Dengan Tipe Howe Dan Tipe Rafter*” adalah merupakan benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat atau disebut plagiatisme.
2. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidak benaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Mataram, 10 Agustus 2021

Pembuat pernyataan,



MUHAMMAD FARHAN ES

NIM: 416110131



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD FARHAN ES
NIM : 416110131
Tempat/Tgl Lahir : Sumbawa, 25 Juli 1997
Program Studi : T. SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 085337704951
Judul Penelitian :-

STUDI PERBANDINGAN ANALISA STRUKTUR ATAP PADA BANGUNAN FUSAI
MENGGUNAKAN KUDA-KUDA DENGAN TIPE HOWE DAN TIPE RAFTER

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 394

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Dibuat di : Mataram
Pada tanggal : 30/8/2021

Penulis


MUHAMMAD FARHAN ES
NIM. 416110131

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT


Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD FARHAN ES
NIM : 416110131
Tempat/Tgl Lahir : SUMBAWA, 25 JULI 1997
Program Studi : T. SPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 085 337 784 451
Jenis Penelitian : Skripsi KTI

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

STUDI PERBANDINGAN ANALISA STRUKTUR ATAP PADA BANGUNAN TUSAL
MENGGUNAKAN KUDA-KUDA DENGAN TIPE HOWE DAN TIPE RAFTER

Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 30/8/2021

Penulis



MUHAMMAD FARHAN ES
NIM. 416110131

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

MOTTO

“Belajarlh tanpa membandingkan dirimu dengan orang lain, jika dia berada di atasmu maka buatlah itu sebagai motivasi bukan perbandingan, sejatinya manusia diciptakan dengan sifat dan keterampilannya masing-masing”



UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas Akhir ini dapat terselsaikan berkat doa dan dukungan serta bantuan baik moril maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulu-tulusnya kepada :

1. Kedua orang tua saya Alm. Samsul Bahri dan Nurmi serta kedua adik saya Yuliana Dwi Amelia dan Afriana Trimaulia yang selalu memberi semangat dan do'a.
2. Bapak Dr. H. Arsyad Abd. Gani, M.Pd selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Dr. Eng. M. Islami Rusyda, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Agustini Ernawati, ST., M.Tech. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
5. Maya Saridewi P, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Pertama dan Penguji.
6. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Dua dan Penguji.
7. Seluruh staf dan pegawai sekretariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
8. Serta teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah dengan judul “*Studi Perbandingan Analisa Striktur Bangunan Futsal Menggunakan Kuda-Kuda Dengan Tipe Howe Dan Tipe Rafter*” guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik program studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan makalah ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, sangat diharapkan untuk penyempurnaan penulisan selanjutnya. Akhir kata penulis berharap makalah ini dapat bermanfaat bagi kita semua terutama bagi diri penulis sendiri.



Mataram, 10 Agustus 2021

Penulis,

MUHAMMAD FARHAN ES

NIM: 416110131

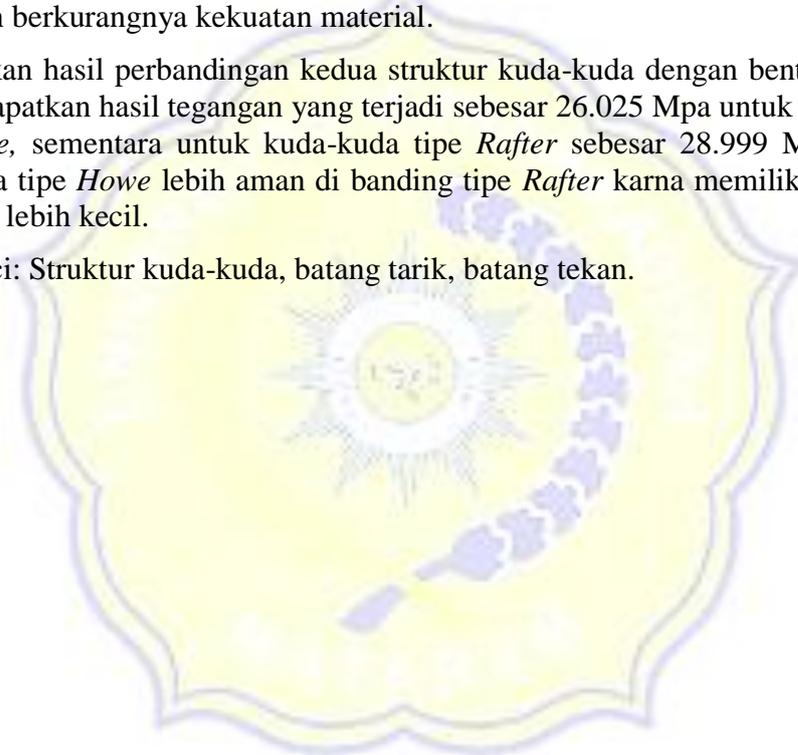
ABSTRAK

Lapangan futsal ialah suatu sarana olah raga yang strukturnya terdiri dari baja, tak terkecuali pada truktur atap. Pada dasarnya struktur atap pada lapangan futsal memiliki keseragaman baik dari bentang hingga tipe kuda-kuda yang digunakan yaitu *Rafter* dengan penampang WF, namun tidak banyak ditemukan tipe-tipe lain di setiap tempat, oleh karena itu penulis ingin mengetahui apakah kuda-kuda dengan tipe lain dapat di gunakan dengan bentang jauh lebih panjang dari lapangan futsal pada umumnya, seperti halnya tipe *Howe* dengan bentang 20 m yang penulis gunakan sebagai bahan perbandingan.

Metode yang digunakan yaitu metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) adalah suatu metode yang didasari oleh konsep keadaan batas dimana keadaan batas tersebut dicapai melalui proses interaksi antara faktor kelebihan beban dan berkurangnya kekuatan material.

Berdasarkan hasil perbandingan kedua struktur kuda-kuda dengan bentang 20 m, maka didapatkan hasil tegangan yang terjadi sebesar 26.025 Mpa untuk kuda-kuda tipe *Howe*, sementara untuk kuda-kuda tipe *Rafter* sebesar 28.999 Mpa. Maka kuda-kuda tipe *Howe* lebih aman di banding tipe *Rafter* karna memiliki tegangan yang jauh lebih kecil.

Kata kunci: Struktur kuda-kuda, batang tarik, batang tekan.



ABSTRACT

The ceiling structure of the futsal field is made of steel, as is the rest of the structure. The roof structure on a futsal field has good uniformity from the span to the type of easel used, namely Rafter with a cross section of WF, but not many other types are found in every place, so the author wants to know if easel of other types can be used with a much longer span than a futsal field in general, such as the Howe type with a span of 20 m, which the author uses.

The LRFD (Load and Resistance Factor Design) method was utilized. It is based on the concept of a boundary state, which is achieved through a process of interaction between the overload factor and the material's reduced strength. The resulting stress for the Howe-type easel is 26,025 MPa, while the Rafter-type easel is 28.999 MPa, based on the comparative results of the two truss structures with a span of 20 m. Because the Howe type easel have a lower voltage than the Rafter type easel, they are safer.

Keywords: *Easel structure, tensile rods, compression rods.*

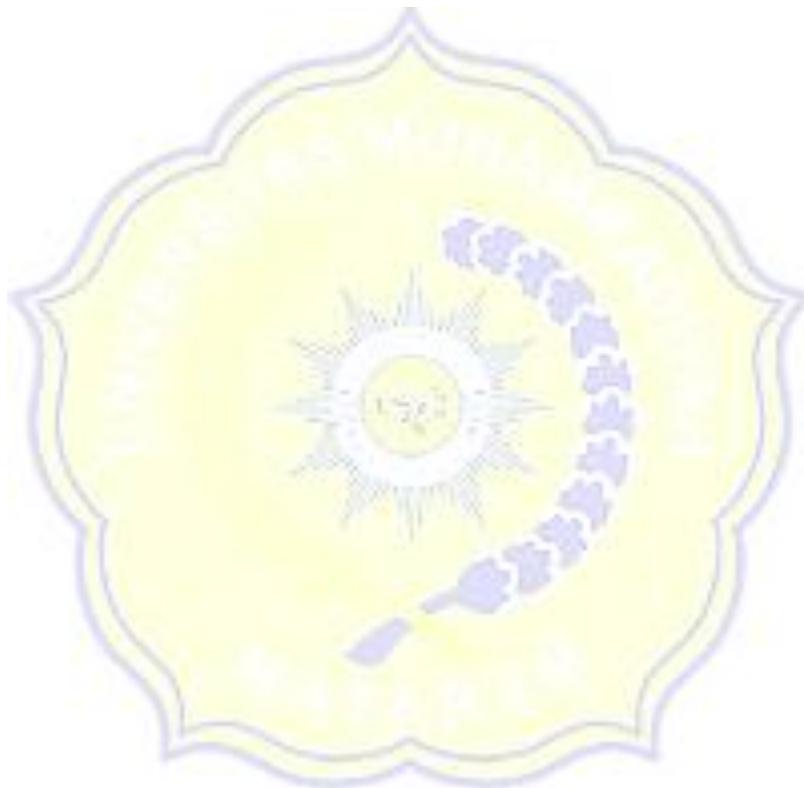


DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PERNYAT.....	ii
MOTTO.....	v
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	3
2.1 Tinjauan Pustaka.....	3
2.1.1 Material baja.....	3
2.1.2 Sifat bahan baja.....	3
2.1.3 Jenis baja.....	4
2.1.4 Profil baja.....	5
2.1.5 Metode perhitungan.....	7
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Beban-beban dan aksi lainnya.....	8
2.2.2 Penempatan beban.....	9
2.2.3 Ketentuan alat sambung.....	10
2.2.4 Batang tarik.....	10
2.2.5 Luas penampang <i>bruto</i> , <i>netto</i> dan <i>efektif netto</i>	11
2.2.6 Batang tekan.....	12
2.2.7 Keruntuhan.....	13

2.2.8 Kelangsingan batang tekan.....	13
	Hal.
2.2.9 Panjang tekuk.....	14
2.2.10 Sambungan struktur baja.....	14
2.2.11 Perhitungan sambungan.....	16
2.2.12 Perencanaan gording.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 Prosedur Penelitian.....	30
3.2 Tipe Kuda-kuda Yang Diteliti.....	31
3.3 Perencanaan Kuda-kuda.....	31
3.3.1 Data perencanaan kuda-kuda <i>Howe</i>	32
3.3.2 Data perencanaan <i>Rafter</i>	35
3.4 Pembebanan Pada Permodelan Kuda-kuda.....	38
3.5 Proses Penginputan Data.....	41
3.5.1 Penginputan data material profil baja.....	41
3.5.2 Penginputan data properti penampang.....	41
3.5.3 Penginputan <i>load cases</i>	41
3.5.4 Penginputan kombinasi beban.....	42
	Hal.
3.6 Permodelan Kuda-kuda.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 Pembebanan Kuda-kuda.....	46
4.1.1 Pembebanan kuda-kuda pada profil baja <i>Howe</i>	46
4.1.2 Pembebanan kuda-kuda pada profil baja <i>Rafter</i>	47
4.2 Hasil Analisa SAP2000.....	48
4.2.1 Hasil analisa SAP2000 kuda-kuda <i>Howe</i>	48
4.2.2 Hasil analisa SAP2000 kuda-kuda <i>Rafter</i> (WF).....	49
4.3 Perbandingan Kekuatan Terhadap Tegangan Pada Perencanaan Kuda-Kuda.....	50
4.3.1 Profil baja <i>Howe</i>	65
4.3.2 Profil baja <i>Rafter</i> (WF).....	70

	Hal.
BAB V PENUTUP.....	81
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	84



DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1 Profil baja.....	5
Gambar 2.2 Tipe penampang batang tekan.....	13
Gambar 2.3 Faktor panjang efektif pada kondisi ideal.....	14
Gambar 2.4 Arah gaya pada gording.....	19
Gambar 2.5 Penampang siku profil ganda.....	23
Gambar 2.6 Batang yang mengalami gaya tarik.....	24
Gambar 3.1 Diagram Alur Proses Permodelan.....	29
Gambar 3.2 Tipe Kuda-kuda <i>Howe</i>	30
Gambar 3.3 Tipe Kuda-kuda <i>Rafter</i>	30
Gambar 3.4 Pendefinisian material dan profil baja <i>doble angel</i>	39
Gambar 3.5 Pendefinisian property penampang <i>doble angel</i>	39
Gambar 3.6 Pendefinisian beban yang akan di input.....	40
Gambar 3.7 Penginputan Kombinasi Beban yang akan digunakan.....	40
Gambar 3.8 Penginputan koordinat X dan Z.....	41
Gambar 3.9 Permodelan kuda – kuda dalam arah 2 dimensi (sumbu XZ).....	42
Gambar 3.10 Distribusi beban hidup.....	42
Gambar 3.11 Distribusi beban mati.....	43
Gambar 3.12 Distribusi beban angin.....	43

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1 Kuat Tarik Batas Dan Tegangan Leleh.....	5
Tabel 3.1 Panjang Batang.....	33
Tabel 3.2 Tabel Perhitungan Koefisien Angin.....	38
Tabel 4.1 Nilai Gaya-gaya Batang Hasil Output SAP2000.....	47
Tabel 4.2 Nilai Gaya-gaya Batang Hasil Output SAP2000.....	50
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Gaya <i>Nominal</i> Penampang Dan Gaya Aksial.....	66



DAFTAR NOTASI

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

A = luas penampang tunggal

A_g = luas penampang bruto

α = Koefisien ekspansi

D = Bidang geser

EI = kekakuan lentur

E = Modulus elastisitas baja

f = Lendutan

f_y = tegangan leleh baja

f_u^b = tegangan tarik putus baut

f_u = kuat tarik baja

G = Modulus geser

kc = Nilai faktor panjang tekuk

M = Bidang Momen

N_u = gaya aksial (tarik atau tekan) terfaktor, N

N_n = kuat nominal penampang, N

R_n = kuat nominal baut

r_1 = 0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

r_1 = 0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

T_d = kuat tarik rencana

V_d = kuat geser rencana

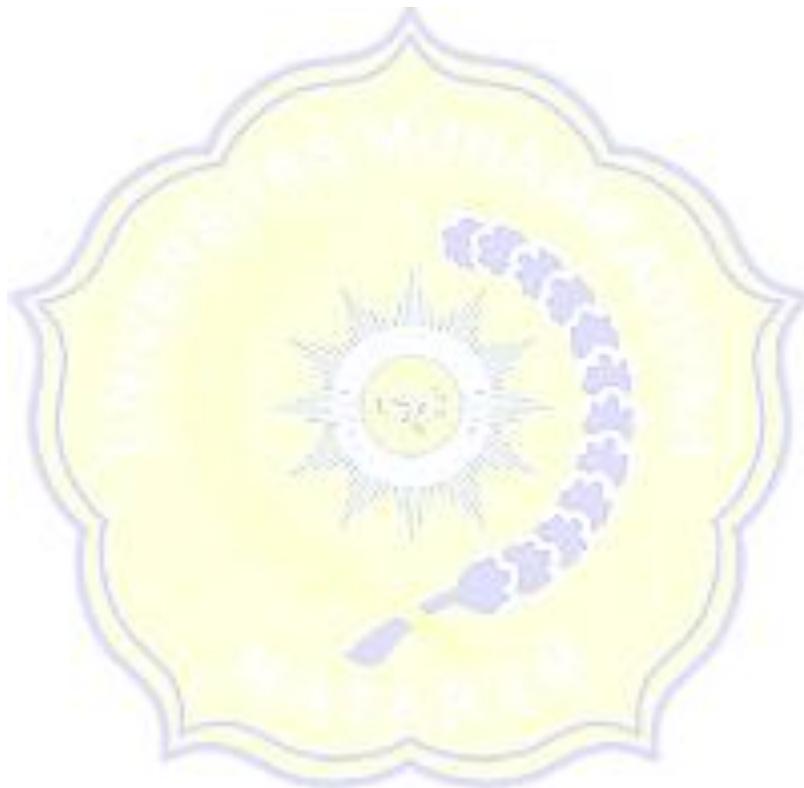
μ = Angka perbandingan poisson



γ = Berat jenis baja

ϕ = faktor reduksi kekuatan

$\phi_f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan untuk fraktur



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja merupakan salah satu bahan bangunan yang unsur utamanya terdiri dari besi. Baja ditemukan ketika dilakukan penempaan dan pemanasan yang menyebabkan tercampurnya besi dengan bahan karbon pada proses pembakaran, sehingga membentuk baja yang mempunyai kekuatan yang lebih besar dari pada besi. (Senggasi, 2016)

Bila dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya, baja lebih banyak memiliki keunggulan-keunggulannya yang tidak terdapat pada bahan-bahan konstruksi lain. Disamping kekuatannya yang besar untuk menahan kekuatan tarik dan kekuatan tekan tanpa membutuhkan banyak volume, baja juga mempunyai sifat-sifat lain yang menguntungkan sehingga menjadikannya sebagai salah satu material yang umum dipakai.

Kekuatan baja bisa dinyatakan dengan kekuatan tegangan leleh (f_y) atau kekuatan tarik (f_u). Mengingat baja mempunyai kekuatan volume lebih tinggi dibanding dengan bahan lain, hal ini memungkinkan perencanaan sebuah konstruksi baja bisa mempunyai beban mati yang lebih kecil untuk bentang yang lebih panjang, sehingga struktur lebih ringan dan efektif.

Komponen-komponen baja biasanya mempunyai bentuk standar serta mudah diperoleh dimana saja, sehingga satu-satunya kegiatan yang dilakukan dilapangan adalah pemasangan bagian-bagian yang telah disiapkan. Baja dibuat dalam kondisi yang sudah diatur (fabrikasi) sehingga mutunya seragam.

Sifat dari baja yang dapat mengalami deformasi yang besar dibawah pengaruh tegangan tarik tanpa hancur atau putus. Daktilitas mampu mencegah robohnya bangunan secara tiba-tiba.

Terlepas dari semua kekurangan dan kelebihanannya, baja struktur sangat cocok digunakan pada elemen-elemen *truss*, seperti kuda-kuda atap, menara antena, maupun struktur jembatan *truss*. Maka dari itu dalam melakukan

penelitian ini diambil judul “*Studi Perbandingan Analisa Struktur Atap Pada Bangunan Futsal Menggunakan Kuda-kuda Dengan Tipe Howe Dan Tipe Rafter*” dengan metode LRFD (sesuai SNI 1729-2015), untuk mengetahui kekuatan kuda-kuda baja dari masing-masing tipe tersebut.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dalam penelitian ini fokus permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik beban yang akan ditanggung oleh profil baja, seperti beban hidup, beban mati, beban angin, dan beban kombinasi.
2. Bagaimana kekuatan rangka baja jika ditinjau menggunakan SAP2000.
3. Bagaimana perbandingan kekuatan terhadap tegangan untuk kuda-kuda dengan bentang 20 m jika menggunakan tipe *Rafter* dan tipe *Howe*.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisa karakteristik beban yang akan ditanggung oleh profil baja, seperti beban hidup, beban mati, beban angin dan beban kombinasi.
2. Menghitung kekuatan rangka dengan menggunakan SAP2000
3. Membandingkan kekuatan terhadap tegangan untuk kuda-kuda dengan bentang 20 m jika menggunakan tipe *Rafter* dan tipe *Howe*.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan pada baja dengan tipe *Howe* dan tipe *Rafter* sehingga dapat digunakan pada bentang yang lebih panjang dari bentang kuda-kuda pada umumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Material baja

Material baja unggul jika ditinjau dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitasnya. Jadi tidak mengherankan jika di setiap proyek-proyek konstruksi bangunan (jembatan atau gedung) maka baja selalu ditemukan, meskipun tentu saja volumenya tidak harus mendominasi.

Tinjauan dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitas sangat cocok dipakai mengevaluasi struktur yang diberi pembebanan. Tetapi perlu diingat bahwa selain kondisi tadi akan ada pengaruh lingkungan yang mempengaruhi kelangsungan hidup struktur bangunannya. Jadi pada suatu kondisi tertentu, suatu bangunan bahkan dapat mengalami kerusakan meskipun tanpa diberikan beban sekalipun (belum berfungsi). Jadi ketahanan bahan material konstruksi terhadap lingkungan sekitarnya adalah penting untuk diketahui agar dapat diantisipasi baik. (Hidayat 2019)

2.1.2 Sifat bahan baja

Menurut Senggasi, 2016. Baja merupakan bahan campuran besi (Fe), 1.7% zat arang karbon (C), 1.65% mangan (Mn), 0.6% silicon (Si), 0.6% tembaga (Cu). Baja di hasilkan dengan meluskan biji besi dan logam besi tua bersama dengan bahan-bahan tambahan pencampur yang sesuai, dalam tungku bertemperatur tinggi untuk menghasilkan massa-massa besi yang besar, selanjutnya dibersihkan untuk menghilangkan kelebihan zat arang dan kotoran lainnya. Berdasarkan persentase zat arang yang dikandung, baja dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Baja dengan persentase zat arang rendah (*low carbon steel*) yakni lebih kecil dari 0.1.
2. Baja dengan persentase zat arang ringan (*mild carbon steel*) yakni 0.15%-0.29%.

3. Baja dengan persentase zat arang sedang (*medium carbon steel*) yakni 0.3% - 0.59%.
4. Baja dengan persentase zat arang tinggi (*high carbon steel*) yakni 0.6% -1.7%.

Baja untuk bahan struktur termasuk kedalam baja dengan persentase zat arang (*mild carbon steel*), semakin tinggi kadar zat arang yang terkandung didalamnya, maka semakin tinggi nilai tegangan lelehnya. Sifat-sifat bahan struktur yang paling penting dari baja adalah sebagai berikut:

1. Modulus elastisitas (E) berkisar antara 193000 Mpa sampai 207000 Mpa. Nilai untuk desain lazimnya diambil 210000 Mpa.
2. Modulus geser (G) dapat dihitung berdasarkan persamaan 2-1 dibawah ini:

$$G = E/2 (1+\mu) \quad (2-1)$$

Dengan:

μ = Angka perbandingan poisson

Dengan mengambil $\mu = 0.30$ dan $E = 210000$ Mpa, akan memberikan $G = 81000$ Mpa.

3. Koefisien ekspansi (α),diperhitungkan sebesar : $\alpha = 11,25 \times 10^{-6}$ per oC
4. Berat jenis baja (γ), diambil sebesar 7.85 t/m³.

2.1.3 Jenis baja

baja struktur dapat dibedakan berdasarakan kekuatannya menjadi beberapa jenis, yaitu BJ 34, BJ 37, BJ 41, BJ 50 dan BJ 55. Besarnya tegangan leleh (f_y) dan tegangan ultimate (f_u) berbagai jenis baja struktur sesuai dengan SNI 1729-2002 tabel 5.3, disajikan dalam tabel 2.1 dibawah ini :

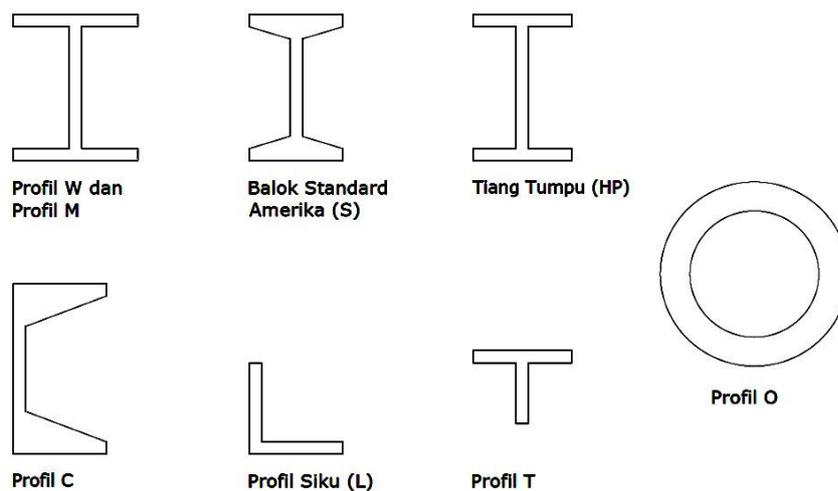
Tabel 2.1 Kuat tarik batas dan tegangan leleh.

Jenis baja	Kuat tarik batas (fu) MPa	Tegangan leleh (fy) MPa
BJ 34	34	210
BJ 37	37	240
BJ 41	41	250
BJ 50	50	290
BJ 55	55	410

(Sumber : SNI 03-1729-2002).

2.1.4 Profil baja

Terdapat banyak jenis bentuk profil baja struktural yang tersedia di pasaran. Semua bentuk profil tersebut mempunyai kelebihan dan kelemahan tersendiri. Beberapa jenis profil baja menurut ASTM A36 bagian I diantaranya adalah profil IWF, O,C, profil siku (L), tiang tumpu (HP) dan profil T structural. Seperti jenis-jenis profil baja yang terlihat pada gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 Profil Baja

(Sumber : SNI 1729-2002)

Profil IWF terutama digunakan sebagai elemen struktur balok dan kolom. Semakin tinggi profil ini, maka semakin ekonomis untuk banyak aplikasi, profil M mempunyai penampang melintang yang pada dasarnya sama dengan profil W, dan juga memiliki aplikasi yang sama, biasanya profil baja jenis ini sering di gunakan pada banhunuan bertingkat baik sebagai kolom, balok maupun kuda-kuda. (Indrawan, 2016)

Profil S adalah balok standard Amerika. Profil ini memiliki bidang flens yang miring, dan web yang relatif lebih tebal. Profil ini jarang di gunakan dalam konstruksi, tetapi masih digunakan terutama untuk beban terpusat yang sangat besar pada bagian flens, jenis profil baja ini dapat kita lihat pada struktur kuda-kuda rumah tinggal ataupun gudang. (Haris,2020)

Profil HP adalah profil jenis penumpu (bearing type shape) yang mempunyai karakteristik penampang agak bujur sangkar dengan flens dan web yang hampir sama tebalnya. Biasanya digunakan sebagai fondasi tiang pancang, bisa juga digunakan sebagai balok dan kolom, tetapi umumnya kurang efisien, jenis baja ini memiliki spesifikasi yang sama dengan profil baja Iwf namun ukuran baja ini lebih kecil dari baja Iwf dan kekuatannyapun lebih rendah dari profil Iwf. (Sungkono, 2016)

Profil C atau kanal mempunyai karakteristik flens pendek, yang mempunyai kemiringan permukaan dalam sekitar 1:6. Biasanya diaplikasikan sebagai penampang tersusun, bracing tie, ataupun elemen dari bukaan rangka. Profil siku atau profil L adalah profil yang sangat cocok untuk digunakan sebagai bracing dan batang tarik. Profil ini biasanya digunakan secara gabungan, yang lebih di kenal sebagai profil siku ganda. Profil ini sangat baik untuk digunakan pada struktur truss. (Handono, 2017)

Dari penelitian ini penulis menggunakan dua tipe kuda-kuda yaitu tipe kuda-kuda Howe dan tipe kuda-kuda Rafter. Rangka Howe adalah rangka yang terdiri dari akord, vertikal, dan diagonal yang anggota vertikalnya dalam tegangan dan anggota diagonalnya mengalami kompresi. Rangka Howe ditemukan oleh

William Howe pada tahun 1840, dan banyak digunakan sebagai jembatan pada pertengahan hingga akhir 1800-an. (Sulaiman, 2018)

Sedangkan *Rafter* diterjemahkan dari bahasa Inggris yaitu sebuah kasau. Kasau adalah salah satu dari serangkaian anggota struktur yang miring seperti balok kayu yang membentang dari punggungan atau pinggul ke pelat dinding, perimeter atau pinggiran atap lereng bawah, dan dirancang untuk mendukung dek atap dan muatan terkait.

2.1.5 Metode perhitungan

Dalam menghitung rangka baja diketahui ada beberapa metode yang digunakan yaitu:

1. Metode ASD (*Allowable Stress Design*) adalah satu metode desain dimana perencana menghitung beban kerja menghitung beban kerja (*working loads*) sesuai dengan peraturan pembebanan yang berlaku dan menghitung besarnya tegangan yang diakibatkan oleh pembebanan tersebut. Metode ini mensyaratkan bahwa besarnya tegangan pada komponen struktur akibat beban kerja tidak boleh melebihi tegangan izin (*allowable stress*) bahan komponen struktur tersebut. Nilai tegangan izin ditentukan lebih rendah daripada tegangan leleh bahan dengan memperhitungkan faktor keamanan. (Ramadhan, 2014)
2. LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) adalah suatu metode yang didasari oleh konsep keadaan batas dimana keadaan batas tersebut dicapai melalui proses interaksi antara faktor kelebihan beban dan berkurangnya kekuatan material. Kedua faktor ini dianggap sebagai variabel-variabel acak (*random*) atau variabel probabilistik yang tidak saling mempengaruhi. Berbeda dengan metode ASD, metode LRFD ini memberikan faktor keamanan parsial untuk masing-masing kondisi dengan nilai yang berbeda-beda pula sesuai dengan nilai kemungkinan terjadinya. (Khatulistiani, 2003)

3. FOSM (*First-Order-Second Moment*) Dalam teori probabilitas, metode momen kedua orde pertama (FOSM), juga dirujuk sebagai metode momen kedua orde pertama nilai rata-rata.
4. FPM (*Fully Probabilistic Method*) merupakan tingkat ke tiga, dan merupakan cara analisa yang paling kompleks, metode probabilitas penuh memerlukan data-data tentang distribusi probabilitas dari tiap-tiap variable acak (seperti tahanan, beban, dan lain-lain) serta korelasi antar variable tersebut.

2.2 Landasan Teori

Tujuan perencanaan struktur adalah untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomi dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur disebut stabil bila ia tidak mudah terguling, miring, atau tergeser, selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur disebut cukup kuat dan mampu-layan bila kemungkinan kegagalanstruktur dan kehilangan kemampuan layan selama masa hidup yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima. Suatu struktur disebut awet bila struktur tersebut dapat menerima keausan dan kerusakan yang diharapkan terjadi selama umur bangunan yang direncanakan tanpa pemeliharaan yang berlebihan.

2.2.1 Beban-beban dan aksi lainnya

Perhitungan Muatan Didasarkan Pada Peraturan Perencanaan Bangunan Baja (PPBBI), SKBI 1987 dan Peraturan Pembebanan Indonesia (PPI-1983). Perencanaan suatu struktur untuk keadaan-keadaan stabil batas, kekuatan batas, dan kemampuan-layan batas harus memperhitungkan pengaruh-pengaruh dari aksi sebagai akibat dari beban-beban berikut ini:

1. Beban hidup dan mati seperti disyaratkan pada SNI 1727-2013 atau penggantinya. Untuk perencanaan *tower crane* (alat pengangkat), semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 1727-2013, atau penggantinya.

2. Untuk perencanaan pelataran tetap, lorong pejalan kaki, tangga, semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 1727- 2013, atau penggantinya.
3. Untuk perencanaan lift, semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 1727-2013, atau penggantinya.
4. Pembebanan gempa sesuai dengan SNI 03-1726-2013, atau penggantinya.
5. Beban-beban khusus lainnya, sesuai dengan kebutuhan.

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

- $1,4D$ 2-2
- $1,2D + 1,6L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$ 2-3
- $1,2D + 1,6(L_a \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8W)$ 2-4
- $1,2D + 1,3W + \gamma_L L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$ 2-5
- $1,2D \pm 1,0E + \gamma_L L$ 2-6
- $0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$ 2-7

Dengan

D : beban mati kuda - kuda

L : beban hidup

L_a : beban pekerja

H : beban hujan

W : beban angin

E : beban gempa

2.2.2 Penempatan beban

Penempatan beban pada konstruksi kuda-kuda diletakan pada tiap titik buhul, adapun beban yang diltakan ialah berat sendiri konstruksi kuda-kuda. Beban ini bekerja pada tiap-tiap titik buhul baik buhul atas maupun buhul bawah.

Adapun beban-beban lainnya yang bekerja pada konstruksi ini ialah beban tambahan seperti berat akibat penutup atap dan gording, berat plafond serta

penggantung yang bekerja pada titik buhul bagian bawah, dan beban hidup yang dimana beban hidup di bagi lagi menjadi dua beban, yaitu beban terpusat dianggap beban dari pekerja serta peralatannya 100 kg, serta beban air hujan yang bekerja sebesar $(40 - (0,8 \times \alpha))$ kg/m, dan terakhir ialah beban angin, angin tekan dan hisap yang terjadi dianggap bekerja tegak lurus bidang atap pada tiap titik buhul bagian atas sehingga komponen angin hanya bekerja pada arah sumbu y saja dan komponen angin dalam arah sumbu x = 0 untuk konstruksi gedung tertutup, dimana $\alpha < 65^\circ$

2.2.3 Ketentuan alat sambung

Alat sambung yang digunakan adalah baut, dimana penentuan dimensi baut di sesuaikan dengan ukuran dan jenis profil baja dengan menggunakan rumus pada PPBBI 1983.

2.2.4 Batang tarik

Batang tarik didefinisikan sebagai batang-batang dari struktur yang dapat menahan pembebanan tarik yang bekerja searah dengan sumbunya. Batang tarik umumnya terdapat pada struktur baja sebagai batang pada elemen struktur penggantung, rangka batang (jembatan, atap dan menara). Selain itu, batang tarik sering berupa batang sekunder seperti batang untuk pengaku sistem lantai rangka batang atau untuk penumpu antara sistem dinding berusuk (*bracing*). (I Budiono, 2001)

Batang tarik dapat berbentuk profil tunggal ataupun variasi bentuk dari susunan profil tunggal. Bentuk penampang yang digunakan antara lain bulat, plat strip, plat persegi, baja siku dan siku ganda, kanal dan kanal ganda, profil WF, H, I, ataupun boks dari susunan profil tunggal. Secara umum pemakaian profil tunggal akan lebih ekonomis, namun penampang tersusun diperlukan bila:

- 1) Kapasitas tarik profil tunggal tidak memenuhi
- 2) Kekakuan profil tunggal tidak memadai karena kelangsingannya
- 3) Pengaruh gabungan dari lenturan dan tarikan membutuhkan kekakuan lateral yang lebih besar

4) Detail sambungan memerlukan penampang tertentu Faktor estetika.

Kekakuan batang tarik diperlukan untuk menjaga agar batang tidak terlalu fleksibel. Batang tarik yang terlalu panjang akan memiliki lendutan yang sangat besar akibat oleh berat batang itu sendiri. Batang akan bergetar jika menahan gaya-gaya angin pada rangka terbuka atau saat batang harus menahan alat-alat yang bergetar. Kriteria kekakuan didasarkan pada angka kelangsingan (*slenderness ratio*), dengan melihat perbandingan L/r dari batang, di mana L = panjang batang dan r = jari-jari kelembaman. Biasanya bentuk penampang batang tidak berpengaruh pada kapasitas daya tahannya terhadap gaya tarik. Kalau digunakan alat-alat penyambung (baut atau paku keling), maka perlu diperhitungkan konsentrasi tegangan yang terjadi disekitar alat penyambung yang dikenal dengan istilah *Shear lag*. Tegangan lain yang akan timbul adalah tegangan lentur apabila titik berat dari batang-batang yang disambung tidak berimpit dengan garis sumbu batang.

Pengaruh ini biasanya diabaikan, terutama pada batang-batang yang dibebani secara statis. Menurut spesifikasi ini tegangan yang diizinkan harus ditentukan baik untuk luas batang bruto maupun untuk luas efektif netto. Biasanya tegangan pada luas penampang bruto harus direncanakan lebih rendah dari besarnya tegangan leleh untuk mencegah terjadinya deformasi yang besar, sedang luas efektif netto direncanakan untuk mencegah terjadinya keruntuhan lokal pada bagian-bagian struktur.

Pada perhitungan-perhitungan dengan luas efektif *netto* perlu diberikan koefisien reduksi untuk batang tarik. Hal ini bertujuan untuk mengatasi bahaya yang timbul akibat terjadinya *Shear lag*. Tegangan geser yang terjadi pada baut penyambung akan terkonsentrasi pada titik sambungannya. Efek dari *Shear lag* ini akan berkurang apabila alat penyambung yang digunakan banyak jumlahnya.

2.2.5 Luas penampang *bruto*, *netto* dan *efektif netto*

Luas penampang bruto dari sebuah batang (A_g) didefinisikan sebagai hasil perkalian antara tebal dan lebar bruto batang. Luas penampang *netto* didefinisikan

sebagai perkalian antara tebal batang dan lebar nettoya. Lebar netto didapat dengan mengurangi lebar bruto dengan lebar dari lubang tempat sambungan yang terdapat pada suatu penampang. Di dalam AISC (*American Institute of Steel Construction*) ditentukan bahwa dalam menghitung luas netto lebar dari paku keling atau baut harus diambil $1/16$ in lebih besar dari dimensi nominal lubangnya dalam arah normal pada tegangan yang bekerja. AISC memberikan daftar hubungan antara diameter lubang dengan ukuran alat penyambung. Untuk lubang-lubang standar, diameter lubang di ambil $1/16$ in lebih besar dari ukuran nominal alat penyambung. Dengan demikian di dalam menghitung luas netto, diameter alat penyambung harus ditambah $1/8$ in atau $(d+1/16+1/16)$.

2.2.6 Batang tekan

Batang yang merupakan bagian dari suatu rangka batang. Batang ini dibebani gaya tekan aksial searah panjang batangnya. Umumnya pada suatu rangka batang maka batang-batang tepi atas merupakan batang tekan.

Sementara kolom merupakan batang tekan tegak yang bekerja untuk menahan balok-balok loteng, balok lantai dan rangka atap, dan selanjutnya menyalurkan beban tersebut ke pondasi.

Batang-batang lurus yang mengalami tekanan akibat bekerjanya gaya-gaya aksial dikenal dengan sebutan kolom. Untuk kolom-kolom yang pendek ukurannya, kekuatannya ditentukan berdasarkan kekuatan leleh dari bahannya. Untuk kolom-kolom yang panjang kekuatannya ditentukan faktor tekuk elastis yang terjadi, sedangkan untuk kolom-kolom yang ukurannya sedang, kekuatannya ditentukan oleh faktor tekuk plastis yang terjadi. Sebuah kolom yang sempurna yaitu kolom yang dibuat dari bahan yang bersifat isotropis, bebas dari tegangan-tegangan sampingan, dibebani pada pusatnya serta mempunyai bentuk yang lurus, akan mengalami perpendekan yang seragam akibat terjadinya regangan tekan yang seragam pada penampangnya.

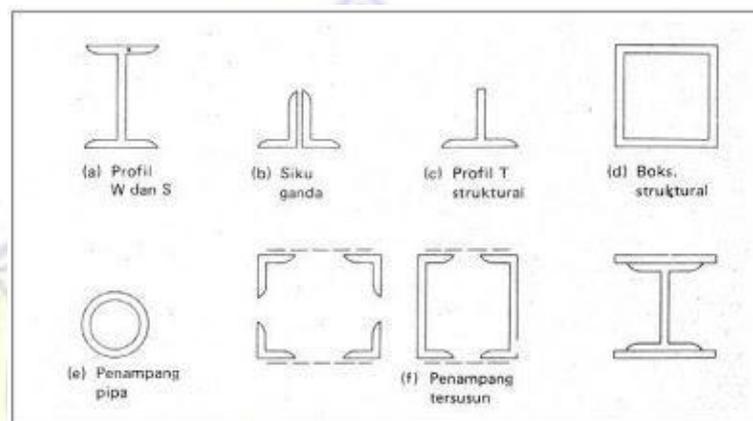
Jika beban yang bekerja pada kolom ditambah besarnya secara berangsur-angsur, maka akan mengakibatkan kolom mengalami lenturan lateral dan kemudian mengalami keruntuhan akibat terjadinya lenturan tersebut. Beban yang

mengakibatkan terjadinya lenturan lateral pada kolom disebut beban kritis dan merupakan beban maksimum yang masih dapat ditahan oleh kolom dengan aman.

2.2.7 Keruntuhan

Kategori batang tekan yaitu, keruntuhan yang diakibatkan terlampauinya tegangan leleh, hal ini umumnya terjadi pada batang tekan yang pendek.

Sedangkan keruntuhan yang diakibatkan terjadinya tekuk, hal ini terjadi pada batang tekan yang langsing. Seperti tipe penampang batang tekan yang terlihat pada gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Tipe penampang batang tekan

(Sumber: Salmon dkk, 1991)

2.2.8 Kelangsingan batang tekan

Tergantung dari jari-jari kelembaman dan panjang tekuk. Jari-jari kelembaman umumnya terdapat 2 harga λ , dan yang menentukan adalah yang harga λ terbesar. Panjang tekuk juga tergantung pada keadaan ujungnya, apakah sendi, jepit, bebas dan sebagainya. Menurut SNI 1729-2015, untuk batang-batang yang direncanakan terhadap tekan, angka perbandingan kelangsingan $\lambda = L/r$ dibatasi sebesar 200 mm. Untuk batang-batang yang direncanakan terhadap tarik, angka perbandingan kelangsingan L/r dibatasi sebesar 300 mm untuk batang sekunder dan 240 mm untuk batang primer. Ketentuan di atas tidak berlaku untuk batang bulat dalam tarik. Batang-batang yang ditentukan oleh gaya tarik, namun dapat berubah menjadi tekan yang tidak

dominan pada kombinasi pembebanan yang lain, tidak perlu memenuhi batas kelangsingan batang tekan.

2.2.9 Panjang tekuk

Nilai faktor panjang tekuk (kc) bergantung pada kekangan rotasi dan translasi pada ujung-ujung komponen struktur. Untuk komponen struktur tak-bergoyang, kekangan translasi ujungnya dianggap tak-hingga, sedangkan untuk komponen struktur bergoyang, kekangan translasi ujungnya dianggap nol. Nilai faktor panjang tekuk (kc) yang digunakan untuk komponen struktur dengan ujung-ujung ideal ditunjukkan pada Gambar 2.3

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai k_c teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai k_c yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung						

Gambar 2.3 Faktor panjang efektif pada kondisi ideal

(Sumber: Salmon dkk, 1991)

2.2.10 Sambungan struktur baja

Jenis-jenis sambungan struktur baja yang digunakan adalah pengelasan serta sambungan yang menggunakan alat penyambung berupa paku keling (*rivet*) dan baut. Baut kekuatan tinggi (*high strength bolt*) telah banyak menggantikan paku keling sebagai alat utama dalam sambungan struktural yang tidak dilas.

1) Baut kekuatan tinggi

Dua jenis utama baut kekuatan (mutu) tinggi ditunjukkan oleh ASTM sebagai A325 dan A490. Baut ini memiliki kepala segi enam yang tebal dan

digunakan dengan mur segi enam yang setengah halus (*semifinished*) dan tebal. Bagian berulirnya lebih pendek dari pada baut non-struktural, dan dapat dipotong atau digiling (*rolled*). Baut A325 terbuat dari baja karbon sedang yang diberi perlakuan panas dengan kekuatan leleh sekitar 81 sampai 92 ksi (558 sampai 634 MPa) yang tergantung pada diameter. Baut A490 juga diberi perlakuan panas tetapi terbuat dari baja paduan (*alloy*) dengan kekuatan leleh sekitar 115 sampai 130 ksi (793 sampai 896 MPa) yang tergantung pada diameter. Baut A449 kadang-kadang digunakan bila diameter yang diperlukan berkisar dari 2 sampai 3 inci, dan juga untuk baut angkur serta batang bulat berulir. Diameter baut kekuatan tinggi berkisar antara 1/2 dan 1 1/2 inci (3 inci untuk A449). Diameter yang paling sering digunakan pada konstruksi gedung adalah 3/4 inci dan 7/8 inci, sedang ukuran yang paling umum dalam perencanaan jembatan adalah 7/8 inci dan 1 inci. Baut kekuatan tinggi dikencangkan (*tightened*) untuk menimbulkan tegangan tarik yang ditetapkan pada baut sehingga terjadi gaya jepit (*klem/clamping force*) pada sambungan. Oleh karena itu, pemindahan beban kerja yang sesungguhnya pada sambungan terjadi akibat adanya gesekan (*friksi*) pada potongan yang disambung. Sambungan dengan baut kekuatan tinggi dapat direncanakan sebagai tipe geser (*friction type*), bila daya tahan gelincir (*slip*) yang tinggi dikehendaki, atau sebagai tipe tumpu (*bearing type*), bila daya tahan gelincir yang tinggi tidak dibutuhkan.

2) Paku keling

Sudah sejak lama paku keling diterima sebagai alat penyambung batang, tetapi beberapa tahun terakhir ini sudah jarang digunakan di amerika. Paku keling dibuat dari baja batangan dan memiliki bentuk silinder dengan kepala di salah satu ujungnya. Baja paku keling adalah baja karbon sedang dengan identifikasi ASTM A502 Mutu I ($F_v = 28$ ksi) (1190 MPa) dan Mutu II ($F_v = 38$ ksi) (260 MPa), serta kekuatan leleh minimum yang ditetapkan didasarkan pada bahan baja batangan. Pembuatan dan pemasangan paku keling menimbulkan perubahan sifat mekanis.

Proses pemasangannya adalah pertama paku keling dipanasi hingga warnanya menjadi merah muda kemudian paku keling dimasukkan ke dalam lubang, dan

kepalanya ditekan sambil mendesak ujung lainnya sehingga terbentuk kepala lain yang bulat. Selama proses ini, tangkai (*shank*) paku keling mengisi lubang (tempat paku dimasukkan) secara penuh atau hampir penuh, sehingga menghasilkan gaya jepit (*klem*). Namun, besarnya jepitan akibat pendinginan paku keling bervariasi dari satu paku keling ke lainnya, sehingga tidak dapat diperhitungkan dalam perencanaan. Paku keling juga dapat dipasang pada keadaan dingin tetapi akibatnya gaya jepit tidak terjadi karena paku tidak menyusut setelah dipasang.

3) Baut hitam

Baut ini dibuat dari baja karbon rendah yang diidentifikasi sebagai ASTM A307, dan merupakan jenis baut yang paling murah. Namun, baut ini belum tentu menghasilkan sambungan yang paling murah karena banyaknya jumlah baut yang dibutuhkan pada suatu sambungan. Pemakaiannya terutama pada struktur yang ringan, batang sekunder atau pengaku, anjungan (*platform*), gording, rusuk dinding, rangka batang yang kecil dan lain-lain yang bebannya kecil dan bersifat statis. Baut ini juga dipakai sebagai alat penyambung sementara pada sambungan yang menggunakan baut kekuatan tinggi, paku keling, atau las. Baut hitam (yang tidak dihaluskan) kadang-kadang disebut baut biasa, mesin, atau kasar, serta kepala dan murnya dapat berbentuk bujur sangkar.

4) Baut skrup (*Turned Bolt*)

Baut yang secara praktis sudah ditinggalkan ini dibuat dengan mesin dari bahan berbentuk segi enam dengan toleransi yang lebih kecil (sekitar 5'0 inci) bila dibandingkan baut hitam. Jenis baut ini terutama digunakan bila sambungan memerlukan baut yang pas dengan lubang yang dibor, seperti pada bagian konstruksi paku keling yang terletak sedemikian rupa hingga penembakan paku keeling yang baik sulit dilakukan.

2.2.11 Perhitungan sambungan

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_u , harus memenuhi sesuai persamaan 2-2 dibawah ini:

$$R_u \leq \phi R_n$$

2-8

Dengan:

ϕ = faktor reduksi kekuatan

R_n = kuat nominal baut

Untuk mengetahui kuat geser rencana dari satu baut dapat dihitung menggunakan persamaan 2-9, sesuai dengan (SNI 1729-2015)

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_u^b A_b \quad 2-9$$

Dengan:

r_1 = 0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

r_1 = 0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

ϕ_f = 0,75 faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

V_d = kuat geser rencana

Baut yang memikul gaya tarik sehingga kuat tarik rencana satu baut dapat dihitung menggunakan persamaa 2-11, sesuai dengan (SNI 1729-2015)

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b \quad 2-10$$

Dengan:

T_d = kuat tarik rencana

ϕ_f = 0,75 faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Kuat tumpu rencana pada baut bergantung pada yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi pelat dalam arah kerja gaya lebih besar daripada 1,5 kali diameter lubang, jarak antar lubang lebih besar daripada 3 kali diameter lubang, dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut, sesuai (SNI 03-1729-2015)

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u \quad 2-11$$

Dengan:

R_d = kuat rencana tumpu baut

ϕ_f = 0,75 faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

d_b = diameter baut nominal pada daerah tak berulir

f_u = tegangan tarik putus yang terendah dari baut atau pelat

t_p = tebal pelat lapis tertipis

Dari ketiga nilai di atas diambil nilai terendah sebagai bahan perencanaan pendimensian sambungan dan jika tebal plat pengisi (t) $6 \text{ mm} < t < 20 \text{ mm}$, maka kuat geser nominal 1 baut yang ditetapkan harus dikurangi 15 % (SNI 1729-2015)

$$R_u = 0,85 \phi R_n \quad 2-12$$

$$n = \frac{N_u}{0,85 \phi R_n} \quad 2-13$$

Dengan:

ϕ = faktor reduksi kekuatan

R_u = gaya terfaktor

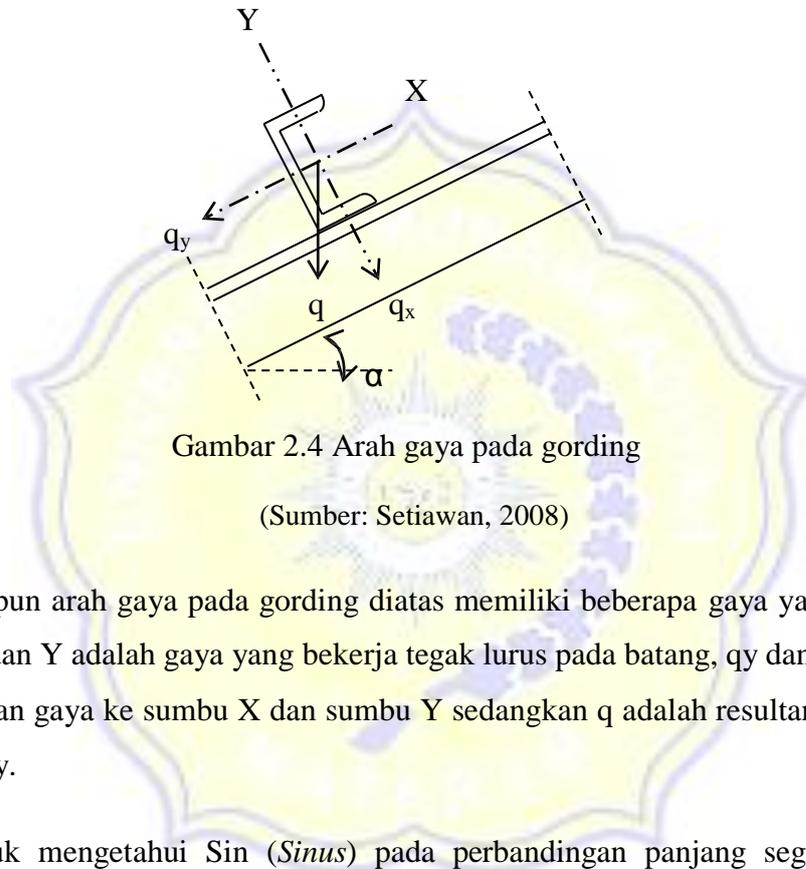
n = jumlah baut

N_u = gaya aksial terfaktor

R_n = kekuatan nominal

2.2.12 Perencanaan gording

Adapun arah-arah gaya yang bekerja pada pembebanan gording dapat dilihat seperti pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Arah gaya pada gording

(Sumber: Setiawan, 2008)

Adapun arah gaya pada gording diatas memiliki beberapa gaya yang bekerja yaitu X dan Y adalah gaya yang bekerja tegak lurus pada batang, q_y dan q_x adalah penguraian gaya ke sumbu X dan sumbu Y sedangkan q adalah resultan gaya dari q_x dan q_y .

Untuk mengetahui Sin (*Sinus*) pada perbandingan panjang segitiga yaitu antara sisi depan sudut dan sisi miring segi tiga, berarti posisi Sin pada gambar diatas berada di sumbu q_x , sementara untuk mengetahui Cos (*Cosinus*) adalah perbandingan panjang pada segi tiga yaitu diantara sisi samping sudut dengan sisi miring, berarti posisi Cos berada di sumbu q_y .

Untuk menentukan beban maka dapat digunakan persamaan-persamaan seperti dibawah ini :

1. Beban Terpusat

Beban terpusat yaitu beban yang terkonsentrasi pada suatu tempat, untuk menentukan beban terpusat dapat digunakan persamaan 2-14 hingga 2-16 seperti dibawah ini:

$$\text{Bidang Momen : } M = 1/4 P_L \quad 2-14$$

$$\text{Bidang Geser : } D = 1/2 P \quad 2-15$$

$$\text{Lendutan : } f = PL / 48EI \quad 2-16$$

2. Beban Terbagi Rata

Beban terbagi rata yaitu beban yang bekerja secara merata pada panjang batang, untuk menentukan beban terbagi rata dapat digunakan persamaan 2-17 hingga 2-19 seperti dibawah ini:

$$\text{Bidang Momen : } M = 1/8 qL^2 \quad 2-17$$

$$\text{Bidang Geser : } D = 1/2 qL \quad 2-18$$

$$\text{Lendutan : } f = 5qL / 384 EI \quad 2-19$$

Digunakan profil *Light Lip Channels* dengan mutu baja BJ 37 ($F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$) dan satu buah *trekstang*. Data yang diperlukan antara lain adalah kemiringan atap (α), bentang gording (L) dan jarak antar gording.

Beban yang bekerja pada kuda-kuda ini ada beberapa pembebanan yaitu:

- 1) Beban mati (qD), meliputi berat penutup atap (Genteng Beton), berat gording dan berat brancing.
- 2) Beban hidup (qL), meliputi beban pekerja (qP) dan air hujan (qR) = $(40 - 0,8\alpha) \times$ jarak gording.
- 3) Beban angin ($qW = 30 \text{ kg/m}^2$), meliputi :
Beban angin tekan = Koef x qW x jarak gording
Beban angin hisap = Koef x qW x jarak gording

dengan :

$$\text{Koefisien tekan (+)} = ((0,2.\alpha) - 0,4) \quad 2-20$$

$$\text{Koefisien hisap (-)} = - 0,4 \quad 2-21$$

4) Melakukan perhitungan Momen

Perhitungan momen dilakukan dengan beberapa kombinasi dengan dua arah yang berbeda sesuai persamaan dibawah ini:

Arah X

$$M_x \text{ komb.1} = MD_x + MP_x \quad 2-22$$

$$M_x \text{ komb.2} = MD_x + MP_x + MW_{xt} \quad 2-23$$

$$M_x \text{ komb.3} = MD_x + MP_x + MW_{xh} \quad 2-24$$

$$M_x \text{ komb.4} = MD_x + MR_x + MW_{xt} \quad 2-25$$

$$M_x \text{ komb.5} = MD_x + MR_x + MW_{xh} \quad 2-26$$

Arah Y

$$M_y \text{ komb.1} = MD_y + MP_y \quad 2-27$$

$$M_y \text{ komb.2} = MD_y + MP_y + MW_{yt} \quad 2-38$$

$$M_y \text{ komb.3} = MD_y + MP_y + M_{wyh} \quad 2-39$$

$$M_y \text{ komb.4} = MD_y + MR_y + MW_{yt} \quad 2-30$$

$$M_y \text{ komb.5} = MD_y + MR_y + M_{wyh} \quad 2-31$$

Dari kombinasi tersebut diambil nilai momen yang maksimum.

5) Melakukan kontrol terhadap Tegangan

Tegangan yang terjadi (σ) harus lebih kecil dari tegangan arah y (σ_y), dapat dihitung menggunakan persamaan 2-26 dibawah ini:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_y = 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad 2-32$$

Dengan:

f = lendutan yang terjadi

M_x = momen arah x

M_y = momen arah y

W_x = beban angin arah x

W_y = beban angin arah y

σ_y = tegangan arah y

6) Melakukan kontrol terhadap lendutan

lendutan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan lendutan ijin di tentukan dengan persamaan-persamaan seperti dibawah ini:

$$f \leq f_{ijin}$$

$$f_{ijin} = 1/240x L \quad 2-33$$

$$q_x = qD_x + qW_x \quad 2-34$$

$$q_y = qD_y + qW_y \quad 2-35$$

$$f_x = \frac{5.q_x.L^4}{384.EI_x} + \frac{P_x.L^4}{48.EI_x} \quad \text{untuk arah } x \quad 2-36$$

$$f_y = \frac{5.q_y.L^4}{384.EI_x} + \frac{P_x.L^4}{48.EI_x} \quad \text{untuk arah } y \quad 2-37$$

$$f = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} \quad 2-38$$

Dengan:

M = momen

D = beban mati

P = beban terpusat

q = beban merata

f_y = faktor tekuk arah y

f_x = faktor tekuk arah x

L = bentang kuda-kuda

EI = kekakuan lentur

4.1.1. Pendimensionian kuda-kuda

Langkah-langkah untuk melakukan pendimensionian kuda-kuda sebagai berikut:

- a. Menentukan syarat-syarat batas tumpuan panjang bentang dan dimensi profil yang akan digunakan
- b. Melakukan analisa pembebanan. Pembebanan yang dilakukan pada struktur rangka atap sama dengan beban yang diterima pada saat perencanaan gording, hanya ada penambahan pada berat sendiri konstruksi rangka atap, sedangkan kombinasi beban yang diberikan pada analisis struktur atap sesuai persamaan dibawah ini :

Kombinasi I : Beban Mati + Beban Hidup

Kombinasi II : Beban Mati + Beban Hidup + Beban Angin

$$w = 1,2 D + 1,6 L \quad 2-39$$

$$w = 1,2 D + 0,5 L \pm 1,3 W \quad 2-40$$

Dengan:

D = Beban mati

L = Beban hidup (akibat pekerja dan air hujan)

W = Beban angin

w = beban *ultimate*

- c. Melakukan pengecekan kekuatan pada profil majemuk.

Profil majemuk ialah gabungan dari 2 profil atau lebih yang dapat di hitung menggunakan persamaan 2-41 dibawah ini:

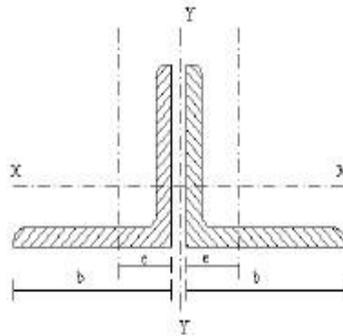
$$A_g = 2xA \quad 2-41$$

Dengan:

A = luas penampang tunggal

A_g = luas penampang bruto

Adapun profil majemuk yang penulis gunakan ialah profil *double angle* seperti pada gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5 Penampang siku profil ganda

(Sumber: Setiawan, 2008)

Penampang profil ganda yaitu profil baja yang memiliki dua buah profil L yang menjadi satu yang di manfaatkan untuk penyangga struktur kuda-kuda sehingga mampu menahan beban yang bekerja ke seluruh batang.

d. Melakukan pengecekan terhadap batang tarik.

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u harus memenuhi syarat sesuai dengan persamaan 2-42 dibawah ini:

$$N_u \leq \phi N_n$$

2-42

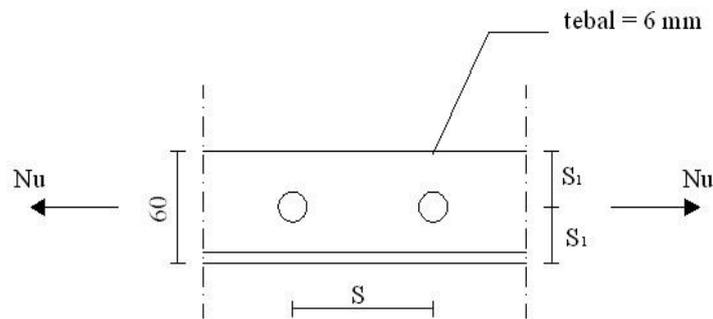
Dengan:

N_u = gaya aksial (tarik atau tekan) terfaktor, N

N_n = kuat nominal penampang, N

ϕ = faktor reduksi kekuatan

Adapun batang yang mengalami gaya tarik akibat beban aksial seperti pada gambar 2.6 dibawah ini:



Gambar 2.6 Batang yang mengalami gaya tarik

(Sumber: Setiawan, 2008)

Pada sebuah elemen plat tipis dengan tebal 6 mm yang menerima beban tarik (N_u) sebesar gaya yang bekerja sehingga jarak tiap baut (S) dapat dihitung dengan persamaan-persamaan yang telah ditentukan dan tataletak baut berada di tengah-tengah pelat atau $1/2$ lebar pelat sehingga menghasilkan jarak tepi (S_1) pada pelat.

Untuk menentukan tata letak baut sesuai dengan persamaan-persamaan dibawah ini (SNI 1729-2015)

$$s_1 \geq 1,5 d_b \quad 2-43$$

$$s_1 \leq 12 t_p \quad 2-44$$

$$s_1 \leq 150 \text{ mm} \quad 2-45$$

$$s \geq 3 d_b \quad 2-46$$

$$s \leq 15 t_p \quad 2-47$$

$$s \leq 200 \text{ mm} \quad 2-48$$

$$d = \phi + 1 \quad 2-49$$

$$A = A_{nt} \quad 2-50$$

Pot 1 – 2 :

$$A_{nt} = A_g - n \times d \times t \quad 2-51$$

Dengan:

S = jarak tepi maksimum

s = jarak maksimum

d_b = diameter nominal baut

t_p = tebal pelat lapis tertipis

d = lubang baut

A = luas penampang batang tunggal

A_g = luas penampang bruto komponen struktur

t = tebal pelat Penampang efektif (*SNI 1729-2015*)

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan sebagai berikut sesuai dengan persamaan 2-52 dibawah ini:

$$A_e = AU \quad 2-52$$

Dengan:

A_e = Luas penampang efektif

A = luas penampang batang tunggal

U = faktor reduksi

e. Melakukan pengecekan terhadap batang tekan

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_r , daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung menggunakan persamaan-persamaan dibawah ini:

$$\phi N_n = \phi \times A_g \times \frac{f_y}{\omega} \quad 2-53$$

$$\omega = 1 \quad (\lambda_c \leq 0.25) \quad 2-54$$

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67\lambda_c} \quad (0.25 \leq \lambda_c \leq 1.2) \quad 2-55$$

$$\omega = 1.25 \lambda_c^2 \quad (\lambda_c \leq 1.2) \quad 2-56$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad 2-57$$

Dengan:

Ω = faktor tekuk

A_c = Parameter kelangsingan kolom

Λ_x = kelangsingan arah sumbu bebas bahan

f_y = tegangan leleh baja

E = modulus elastisitas

Untuk mengetahui kestabilan batang majemuk dilakukan dengan syarat sesuai dengan persamaan 2-58 dan 2-59 dibawah ini:

$$\lambda_{iy} < \lambda_x \text{ (tekuk terjadi pada sumbu } x \text{)} \quad 2-58$$

$$\lambda_{iy} < \lambda_y \text{ (tekuk terjadi pada sumbu } y \text{)} \quad 2-59$$

Dengan:

λ_{iy} = kelangsingan ideal

λ_x = kelangsingan arah sumbu x bebas bahan

λ_y = kelangsingan arah sumbu y bebas bahan

untuk mengetahui syarat kestabilan struktur harus memenuhi persamaan seperti dibawah ini sesuai dengan (SNI 1729-2015)

$$\lambda_x \geq 1,2 \quad \lambda_{iy} \geq 1,2 \quad \lambda_{iy} \leq 50 \quad 2-60$$

$$\lambda_{iy} = \frac{kLi}{i \min} \quad 2-61$$

Menentukan estimasi jarak kopel minimum dengan persamaan-persamaan seperti dibawah ini:

$$\frac{kLi}{i \min} = 0.75 \frac{kLk}{ix} \quad 2-62$$

$$\frac{Li}{i \min} = 0.75 \frac{Lk}{ix} \quad 2-63$$

$$Li = \frac{Lk}{\text{jumlah bentang}} \quad 2-64$$

Dengan:

k = faktor tekuk

L_i = jarak kopel

L_k = panjang tekuk

i_x = kelangsingan arah x

Penampang struktur yang terdiri dari beberapa elemen yang dihubungkan pada tempat-tempat tertentu, kekuatannya harus dihitung terhadap sumbu bahan dan sumbu bebas bahan yang sesuai dengan persamaan-persamaan dibawah ini.

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda y^2 + \frac{m}{2} \lambda 1^2} \quad 2-65$$

$$\lambda y = \frac{kly}{i_y} \quad 2-66$$

$$I_y = 2 (I_y I + A I (ex + \frac{1}{2} d)^2) \quad 2-67$$

$$A_g = 2 \times A I \quad 2-68$$

$$\lambda y = \frac{kLx}{i_x} \quad 2-69$$

Dengan:

A_{iy} = kelangsingan ideal

A_y = kelangsingan arah sumbu y bebas bahan

I_y = arah sumbu bebas bahan

A_g = luas penampang bruto

k = faktor tekuk

i_x = kelangsingan arah x

L_x = panjang bentang terpendek dari as ke as tumpuan

Menentukan daya dukung nominal tekan, cek apakah perbandingan lebar terhadap tebal penampang lebih (kelangsingan plat) kecil dari λ_r sesuai dengan persamaan 2-70 dan 2-71 seperti dibawah ini.

$$\lambda_f = \frac{b}{t} \quad 2-70$$

$$\lambda_r = \frac{200}{\sqrt{f_y}} \quad 2-71$$

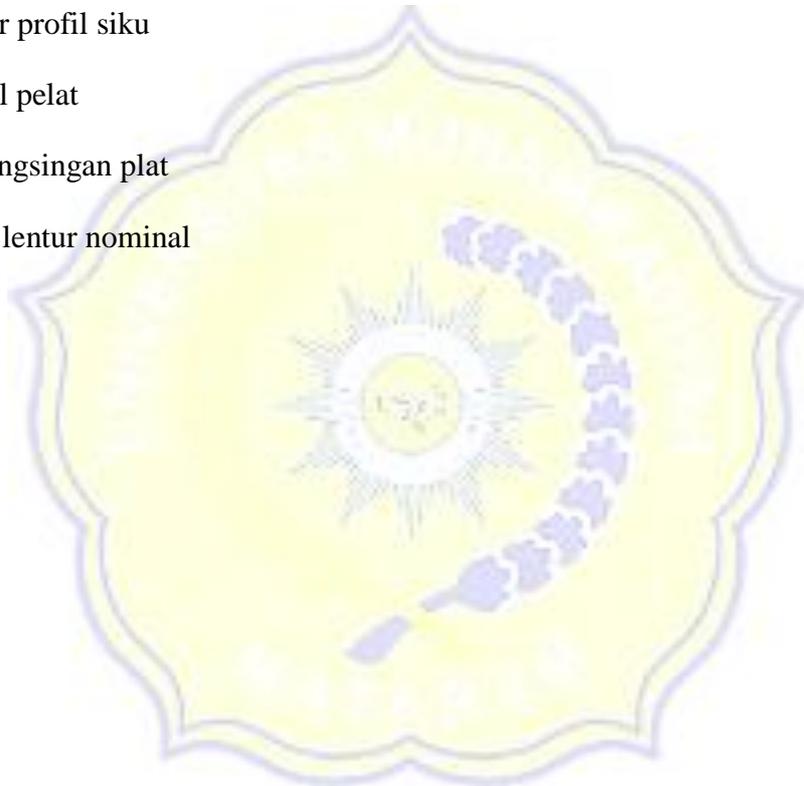
Dengan :

b = lebar profil siku

t = tebal pelat

λ_f = kelangsingan plat

λ_r = kuat lentur nominal



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur-prosedur penelitian secara umum yang dilakukan dalam penelitian ini tertera pada gambar 3.1 dibawah ini :



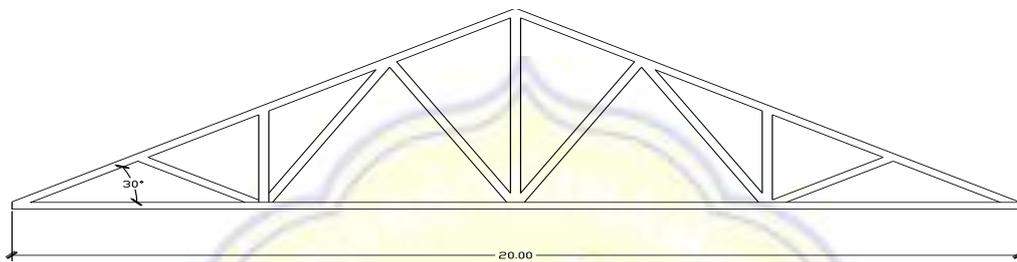
Gambar 3.1 Diagram Alur Proses Permodelan

3.2 Tipe Kuda-kuda Yang Diteliti

Adapun tipe kuda-kuda yang akan penulis teliti adalah sebagai berikut:

a. Tipe Howe

Tipe ini biasanya banyak digunakan pada struktur jembatan rangka baja dan rumah tinggal pada umumnya, namun pada penelitian ini penulis menggunakan kuda-kuda dengan bentang hingga 20 m seperti pada gambar 3.2 dibawah ini:

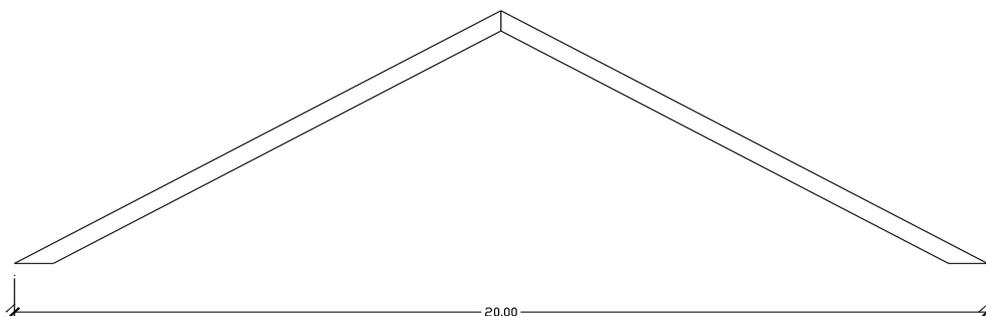


Gambar 3.2 Tipe Kuda-kuda *Howe*

(Sumber: Data Input, autocad, 2021)

b. Tipe *Rafter*

Tipe ini banyak digunakan pada bangunan-bangunan tingkat tinggi seperti gedung perkantoran, hingga bangunan bentang lebar seperti gedung olahraga serta gudang-gudang industri, tipe ini menggunakan baja IWF dan hanya memiliki satu jenis batang yaitu batang atas seperti pada gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3 Tipe Kuda-kuda *Rafter*

(Sumber: Data Input, autocad, 2021)

3.3 Perencanaan Kuda-kuda

3.3.1 Data perencanaan kuda-kuda *Howe*

a. Data perencanaan Howe

Jenis kuda-kuda	=	<i>Howe</i>
Kemiringan (α)	=	30°
Panjang bentang	=	20
Jenis baja BJ 44	=	2800 kg/cm ²
Jenis atap	=	spandek
Atap spandek	=	5 kg/m ²
Jarak gording	=	1.055 m
Beban hidup	=	100
Beban angin (ω)	=	49.91
E	=	200000 kg/m ³
Profile baja 2L	=	65.65.6

b. Data perencanaan gording

Gording kanal	=	150 75 6.5 10 5
h	=	150 mm
b	=	75 mm
tw	=	6.5 mm
tf	=	10 mm
r	=	5 mm
wx	=	144.8 cm ³
wy	=	22.41 cm ³
Ix	=	861 cm ⁴ = 8610000 mm ⁴

$$I_y = 117 \text{ cm}^4 = 1170000 \text{ mm}^4$$

$$\text{berat gording} = 18.61 \text{ kg/m}$$

$$\text{luas profil} = 23.71 \text{ cm}^2 = 2372 \text{ mm}^2$$

Panjang Batang

$$\text{Bawah} = L : B \quad B = 4 \text{ buah}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$= \frac{20}{4}$$

$$= 5.00 \text{ m} = 5000 \text{ mm}$$

$$\cos \alpha = \cos 30$$

$$= 0.866$$

$$A = 8 \text{ buah}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$L/A = 2.50 \text{ m}$$

$$\text{Atas} = L : A : \cos \alpha$$

$$= \frac{2.50}{0.866}$$

$$= 2.89 \text{ m}$$

$$= 2886.8 \text{ mm}$$

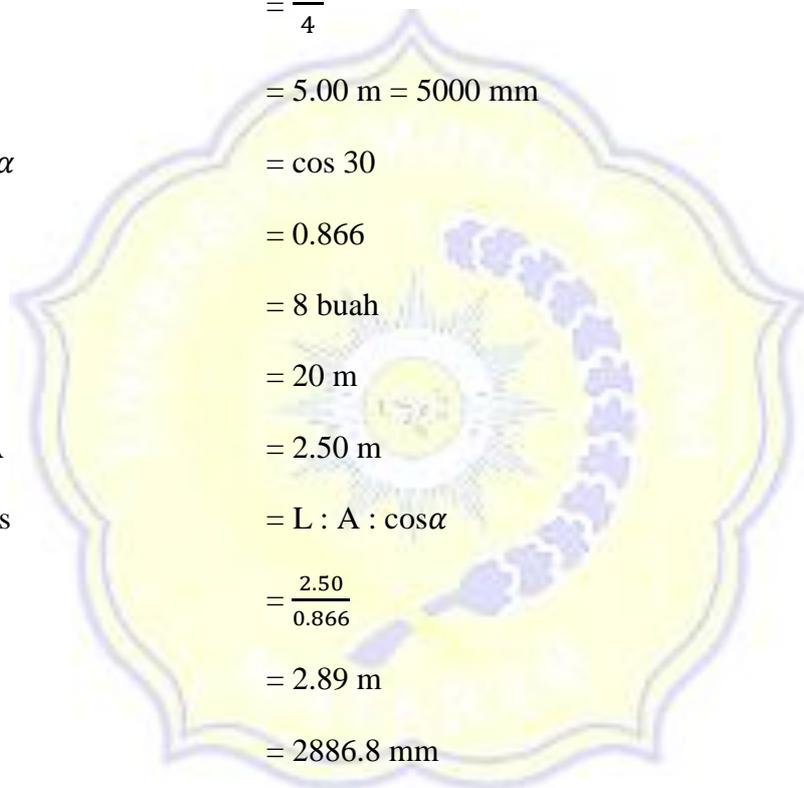
$$\text{Vertikal C1} = C3 = 2.89 \text{ m}$$

$$C2 = 5.77 \text{ m}$$

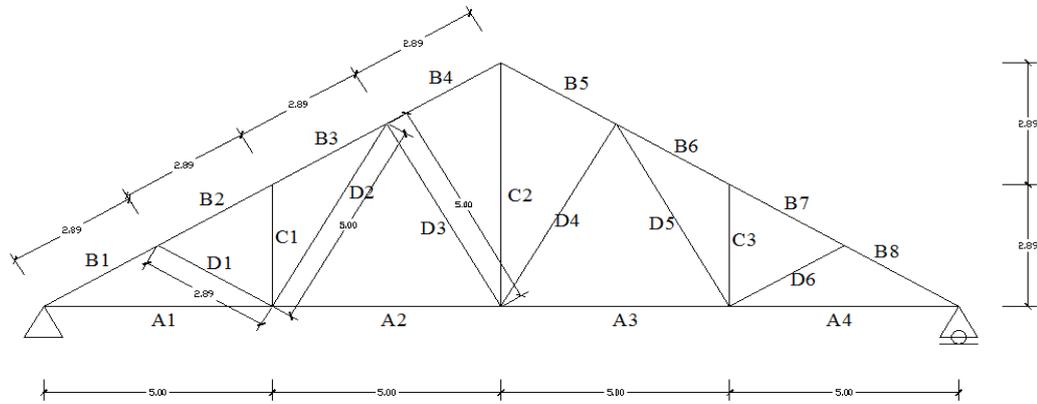
$$\text{Diagonal D1} = D6 = 2.89 \text{ m}$$

$$D2 = D5 = 5.00 \text{ m}$$

$$D3 = D4 = 5.00 \text{ m}$$

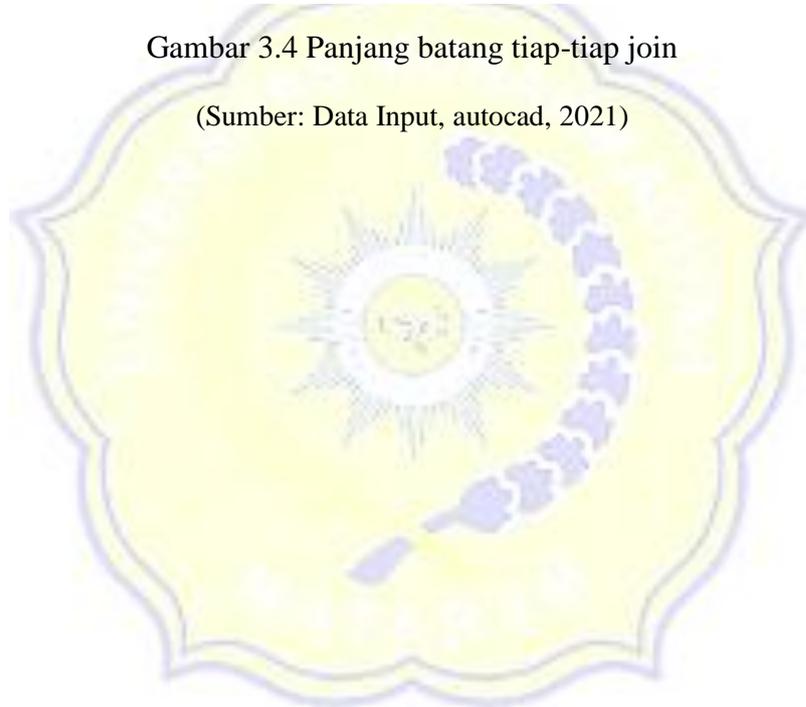


Adapun panjang batang pada tiap-tiap join dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.4 Panjang batang tiap-tiap join

(Sumber: Data Input, autocad, 2021)



Dari gambar 3.4 diatas yaitu panjang batang tiap-tiap join dinyatakan dalam tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 panjang batang

Batang	Panjang Batang (m)	Jumlah (m)
A1	5.00	Batang bawah 20.00
A2	5.00	
A3	5.00	
A4	5.00	
B1	2.89	Batas atas 23.09
B2	2.89	
B3	2.89	
B4	2.89	
B5	2.89	
B6	2.89	
B7	2.89	
B8	2.89	
C1	2.89	Batang vertikal 11.55
C2	5.77	
C3	2.89	
D1	2.89	Batang diagonal 25.77
D2	5.00	
D3	5.00	
D4	5.00	
D5	5.00	
D6	2.89	
JUMLAH		80.42

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

3.3.2 Data perencanaan kuda-kuda *Rafter*

a. Dataa perencanaan kuda-kuda :

Jarak antara kuda-kuda = 3.66 m

Jenis kuda-kuda = WF

Kemiringan (α) = 30°

Panjang bentang = 20 m

Jenis baja BJ 44 = 2800 kg / cm²

Jenis atap	= spandek
Penutup	= 5 kg/m ²
Jarak gording	= 1.055 m
Beban hidup	= 100
Beban angin (ω)	= 49,91
E (Modulus Elastisitas baja)	= 200.000 kg/mm ³
Panjang 1 batang	= 6 m

b. Data perencanaan gording

Gording kanal	= 150.75. 6,5 .10. 5
H	= 150 mm
B	= 75 mm
tw	= 6.5 mm
tf	= 10 mm
r	= 5 mm
wx	= 144.8 cm ³
wy	= 22.41 cm ³
lx	= 861 cm ⁴ = 8610000 mm ⁴
ly	= 117 cm ⁴ = 1170000 mm ⁴
berat gording	= 18.61 kg/m
luas profil	= 23.71 cm ² = 2371 mm ²

c. Data rangka baja

ukuran profil	= 200 100 5.5 8
digunakan baja	= baja WF
h	= 200 mm

- b = 100 mm
 t1 = 5.5 mm
 t2 = 8 mm
 Ag = 2716 mm²
 lx = 18400 mm
 fy = 280 Mpa
 fu = 440 Mpa
 berat profil = 21.3 kg/m
 Kc = 1 karena sendi - sendi (SNI 1729 – 2015)
 Jarak kuda-kuda = 3.66 m
 Jarak gording = 1.055 m
 Jumlah titik buhul = 3 buah
 Jumlah batang = 3 buah
- d. Berdasarkan PPIUG tabel 2.1
- Berat plafon = 11 kg/m²
 Berat penggantung = 7 kg/m²
- e. Perencanaan detail sambungan
- Perencanaan detail sambungan baut
- Mutu baut = A 325
 Kuat tarik = 8274 kg/cm²
 Diameter baut = 1.58 cm
 panjang batang atas

$$= L : A : \cos \alpha$$

$$= \frac{3,33}{0,866}$$

$$= 3,85 \text{ m}$$

$$= 3849,11 \text{ mm}$$

$$\sin \alpha = \cos 30$$

$$= 0.886$$

$$A = 6 \text{ buah batang}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$L/A = 3.33$$

Maka:

$$\text{Panjang total batang yang dibutuhkan} = 23.095 \text{ mm} = 23 \text{ m}$$

3.4 Pembebanan Pada Permodelan Kuda-kuda

Pembebanan pada permodelan kuda-kuda ialah seluruh beban yang bekerja pada struktur kuda-kuda baik itu beban terpusan ataupun beban merata yang membebani di setiap batang kuda-kuda.

Adapun bentuk pembebanan yang terjadi yaitu :

- Beban Terdistribusi Merata
 1. Beban air hujan
 2. Beban anginNamun kedua jenis beban ini dijadikan beban terpusat dan dikerjakan pada titik-titik pertemuan batang gording
- Beban Terdistribusi Linier
Beban berat sendiri atau beban hidup pada gording
- Beban Terpusat
Yaitu beban pekerja

Adapun tipe-tipe bebanan sebagai berikut:

a. Beban Mati (D)

Beban mati pada permodelan ini hanya berasal dari beban mati profil gording, *bracing*, *lateral tie*, dan reng. Sedangkan untuk berat dari material penutup atap spandek yaitu 5 kg/m^2 .

b. Beban Hidup (L)

Semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan atau beban akibat air hujan pada atap. Beban hidup pada atap dan / atau bagian atap yang tidak dapat dicapai dan dibebani oleh orang harus diambil yang paling menentukan di antara 2 macam beban berikut

- Beban terbagi rata per m^2 yang berasal dari beban air hujan sebesar $(40 - 0,8\alpha) \text{ kg/m}^2$ di mana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat
Beban air hujan (R) = $40 - (0,8 \times 30) = 16 \text{ kg/m}^2$
- Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg
Beban pekerja (L_a) = 100 kg

c. Beban Angin (W)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada bangunan atau bagian dari bangunan yang disebabkan oleh selisih tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup dan koefisien angin.

- Tekanan Tiup

Sesuai dengan PPURG 1987 pasal 2.1.3.2 maka tekanan tiup minimum yang dapat digunakan dalam pembangunan lapangan futsal ini adalah 25 kg/m^2 dengan ketentuan lapangan tidak terletak ditepi pantai.

- Koefisien Angin

Adapun koefisien angin dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3.2 Tabel Perhitungan Koefisien Angin

Kemiringan Atap	Bidang atap di pihak angin	Bidang atap lain
$0^\circ < \alpha < 20^\circ$	-1.2	-0.4
$\alpha > 30^\circ$	-0.8	-0.8
$\alpha = 0^\circ$	+ 1.2	+ 4.0
$10^\circ < \alpha < 20^\circ$	+ 0.8	0.0
$\alpha = 30^\circ$	+ 0.8	- 0.4
$\alpha > 30^\circ$	+ 0.5	$(-0.4 - \alpha / 360)$

Sumber: SNI 1727-2013

Pada perhitungan di program SAP2000 dilakukan pembatasan permodelan sudut kemiringan atap sebesar 30° . Sehingga beban angin yang diperoleh.

a. Arah Angin

$$\text{Koefisien} = 0,02 (30) - 0,4 = 0,2$$

$$\text{Beban} = 25 \times 0,2 = 5 \text{ kg/m}^2$$

b. Belakang Angin

$$\text{Koefisien} = -0,4$$

$$\text{Beban} = 25 \times -0,4 = -10 \text{ kg/m}^2$$

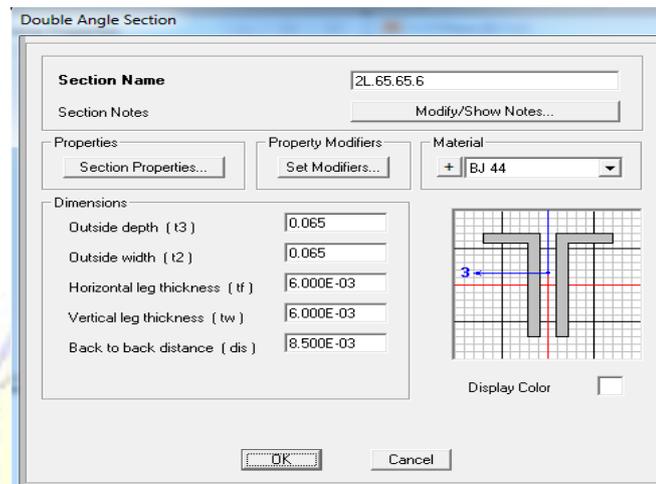
Pada kemiringan atap menggunakan sudut 30° dikarenakan di Negara beriklim tropis, ada baiknya atap dibuat agak landai, sudut kemiringan yang ideal adalah sekitar 30° sementara arsitek biasanya membuat sudut kemiringan antara 22,5-30 derajat.(Erwan,2015)

3.5 Proses Penginputan Data

Proses yang dilakukan dalam penginputan data adalah sebagai berikut:

3.5.1 Penginputan data properti penampang

Dalam hal ini dimasukan properti penampang yang telah ditentukan seperti pada gambar 3.5 dibawah ini:

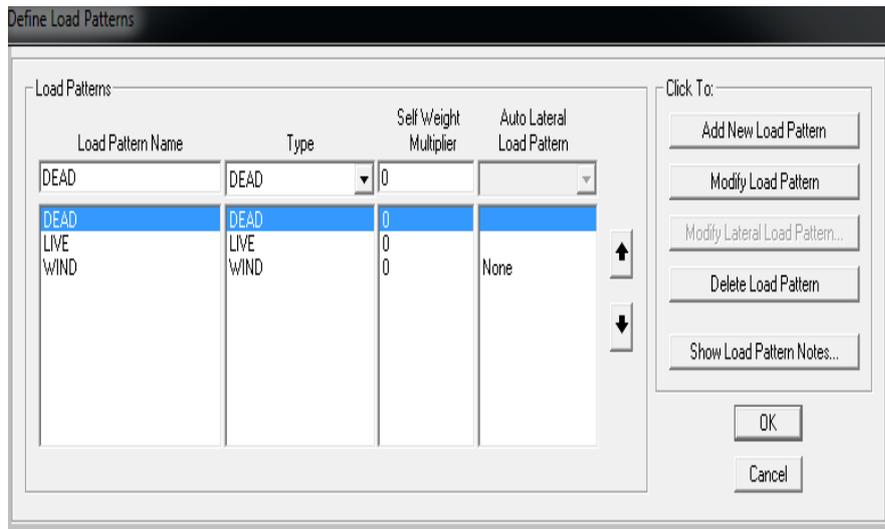


Gambar 3.5 Pendefinisian property penampang *double angle*

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

3.5.2 Penginputan *load cases*

Beban – beban yang telah dijelaskan pada sub bab 3.4 didefinisikan dalam program SAP 2000 seperti pada gambar 3.6 dibawah ini:

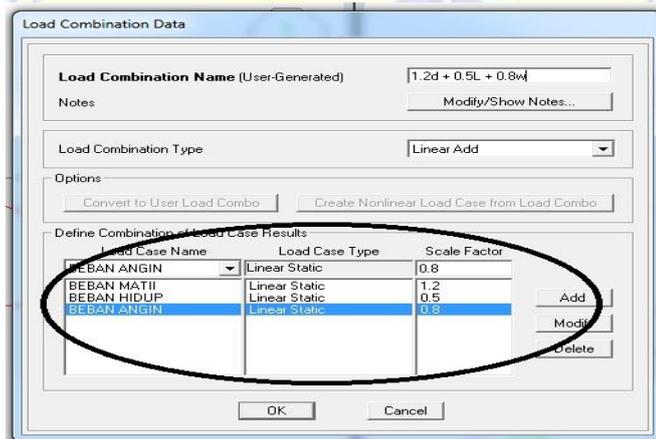


Gambar 3.6 Pendefenisian beban yang akan di input

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

3.5.3 Penginputan kombinasi beban

Kombinasi beban yang digunakan telah dijelaskan pada sub bab 3.5 seperti pada gambar 3.7 dibawah ini:



Gambar 3.7 Penginputan Kombinasi Beban yang akan digunakan

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

3.6 Permodelan Kuda-kuda

Setelah proses penginputan data-data yang telah dijelaskan sebelumnya telah selesai maka dilakukan permodelan kuda-kuda yang akan dianalisis.

Sebelumnya perlu diketahui asumsi-asumsi yang digunakan dalam permodelan ini yaitu :

- Kuda – kuda diasumsikan sebagai *frame*
- Batang rangka penyusun kuda-kuda diasumsikan sebagai *truss (moment 22 release)*
- Batang gording diasumsikan sebagai *frame*.

Langkah-langkah yang dilakukan adalah

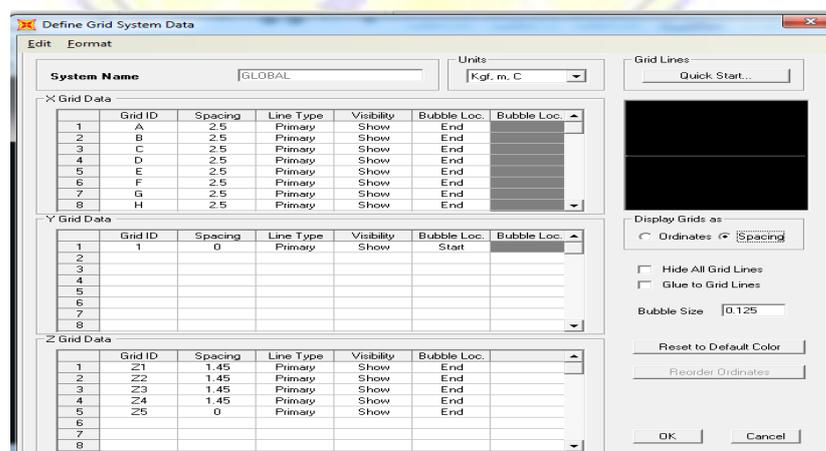
a. Menentukan koordinat-koordinat dalam arah x, y, dan z

Sumbu X merupakan jarak bentangan antar tumpuan

Sumbu Y merupakan jarak antar kuda-kuda yang pertama dengan yang lainnya

Sumbu Z merupakan jarak vertikal

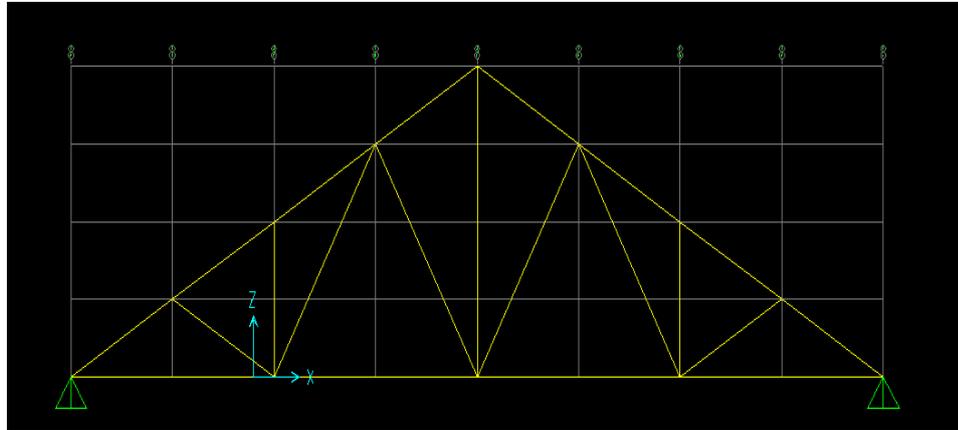
Salah satu contoh proses pembuatan model kuda-kuda tipe Howe dengan bentangan 20 meter seperti pada gambar 3.8 di bawah ini:



Gambar 3.8 Penginputan koordinat X dan Z

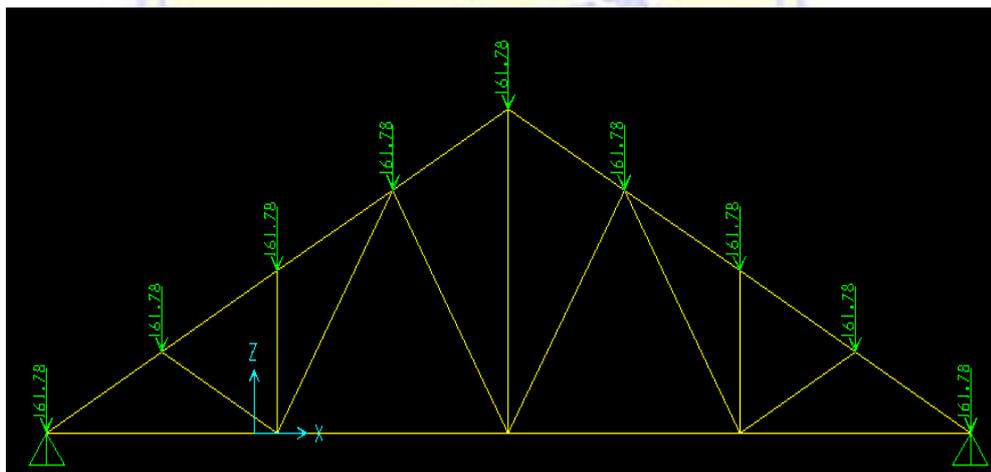
(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

- c. Melakukan permodelan kuda-kuda dalam arah 2 dimensi seperti pada gambar 3.9 dibawah ini:

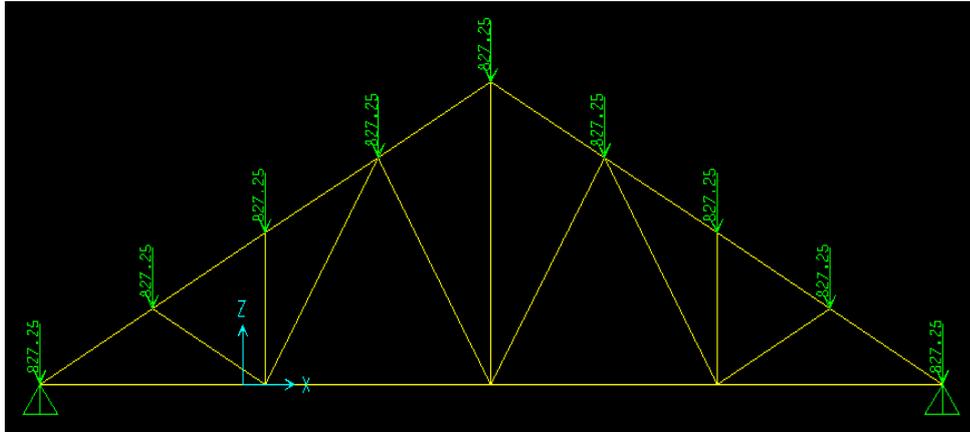


Gambar 3.9 Permodelan kuda-kuda dalam arah 2 dimensi (sumbu XZ)
(Sumber: Hasil Analisis, 2021)

- c. Melakukan input beban yang ada pada masing-masing titik buhul untuk beban terpusat seperti pada gambar 3.10-3.12 dibawah ini.

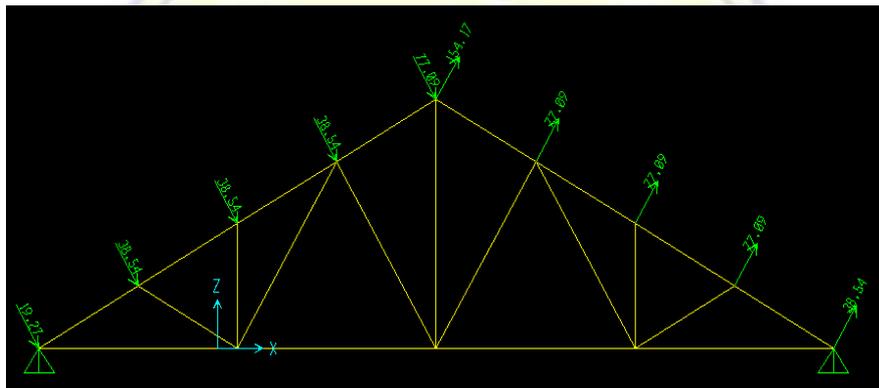


Gambar 3.10 Distribusi beban hidup
(Sumber: Hasil Analisis, 2021)



Gambar 3.11 Distribusi beban mati

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)



Gambar 3.12 Distribusi beban angin

(Sumber: Hasil Analisis, 2021)