

**SKRIPSI**  
**STUDI OPTIMALISASI KONFIGURASI STRUKTUR KUDA-KUDA**  
**BAJA DENGAN TYPE KUDA-KUDA HOWE, CREMONA, MONOBEAM**  
**DITINJAU DARI PANJANG BENTANG**

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi**  
**Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I**

**Fakultas Teknik**  
**Universitas Muhammadiyah Mataram**



**Oleh :**

**ANDI RUSBIYANTO**

**41511A0113**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**TAHUN 2022**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING  
SKRIPSI**

**STUDI OPTIMALISASI KONFIGURASI STRUKTUR KUDA-KUDA BAJA DENGAN  
TYPE KUDA-KUDA HOWE, CREMONA, MONOBEAM DITINJAU DARI PANJANG  
BENTANG**

Disusun Oleh:

**ANDI RUSBIYANTO**  
41511A0113

Mataram, 16 Juni 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II,

**Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng).**  
NIDN. 0027107301

**Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.**  
NIDN. 0828087201

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,

Mewakili Wakil Dekan I

**Paniz Primadi Hirsan, ST., MT**  
NIDN. 0804118001

**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.**  
NIDN.0824017501

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI  
SKRIPSI**


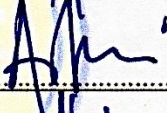

**STUDI OPTIMALISASI KONFIGURASI STRUKTUR KUDA-KUDA BAJA DENGAN  
TYPE KUDA-KUDA HOWE, CREMONA, MONOBEAM DITINJAU DARI PANJANG  
BENTANG**

Yang Diperiksa dan Disusun Oleh:

NAMA : ANDI RUSBIYANTO  
NIM : 415 11A 0113

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada hari, Kamis, 4 Agustus 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji**

- |                |                                       |  |
|----------------|---------------------------------------|--|
| 1. Penguji I   | : Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT. | <br>..... |
| 2. Penguji II  | : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.       | <br>..... |
| 3. Penguji III | : Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT. | <br>..... |

Mengetahui,


**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**


Dekan,

Mewakili Wakil Dekan

  
Fariz Primadi Hirsan, ST., MT.

NIDN. 0804118001

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

NIDN.0824017501 

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul “*Studi Optimalisasi Konfigurasi Struktur Kuda-kuda Baja Dengan Type Kuda-kuda Howe, Cremona, Monobeam Ditinjau Dari Panjang Bentang*” adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai 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 sumbernya secara jelas dan di sebut dalam daftar Pustaka.

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

Mataram, 22 Agustus 2022

Pembuat pernyataan



ANDI RUSBIYANTO

415 11A 0113



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN  
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram  
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : [perpustakaan@ummat.ac.id](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

**SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME**

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

Nama : ANDI RUSBIYANTO  
NIM : 115 11A 0113  
Tempat/Tgl Lahir : WONGIRI , 5 MEI 1988  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Fakultas : TEKNIK  
No. Hp : 0878 65 62 000 8  
Email : Badan mas andi 05 @ gmail . com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis\* saya yang berjudul :

STUDI OPTIMALISASI KONFIGURASI STRUKTUR KUDA - KUDA BAJA DENGAN  
TYPE KUDA - KUDA HOWE , CREMONA , MOINO BEAM DITINJAU DARI  
PANJANG BENTANG

*Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 33%*

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis\* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

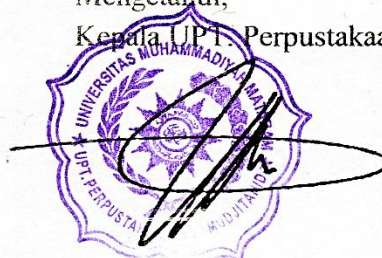
Demikain surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 22 Agustus ..... 2022  
Penulis



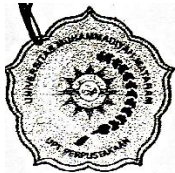
ANDI RUSBIYANTO  
NIM. 115 11A 0113

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

\*pilih salah satu yang sesuai



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN  
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram  
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : [perpustakaan@ummat.ac.id](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : ANDI RUSBIYANTO  
NIM : 15 114 013  
Tempat/Tgl Lahir : WONOGIRI, 5 MEI 1998  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Fakultas : TEKNIK  
No. Hp/Email : 0878 6562 0008 / Raden mas andi.05@gmail.com  
Jenis Penelitian :  Skripsi  KTI  Tesis

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 OPTIMALISASI KONFIGURASI STRUKTUR KUDA-KUDA BAJA  
DENGAN TYPE KUDA-KUDA HOWE, CREMONA, MONOBEAM DITIMJAU  
DARI PANJANG BENTANG"

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada 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.

Mataram, 22 Agustus 2022

Penulis



ANDI RUSBIYANTO  
NIM. 15 114 013

Mengetahui,

Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



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

## MOTTO

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

*(QS. Al-baqarah 286)*

*“Barang siapa yang meringankan beban orang yang dalam kesulitan, maka Allah akan meringankan bebannya di dunia dan di akhirat”*

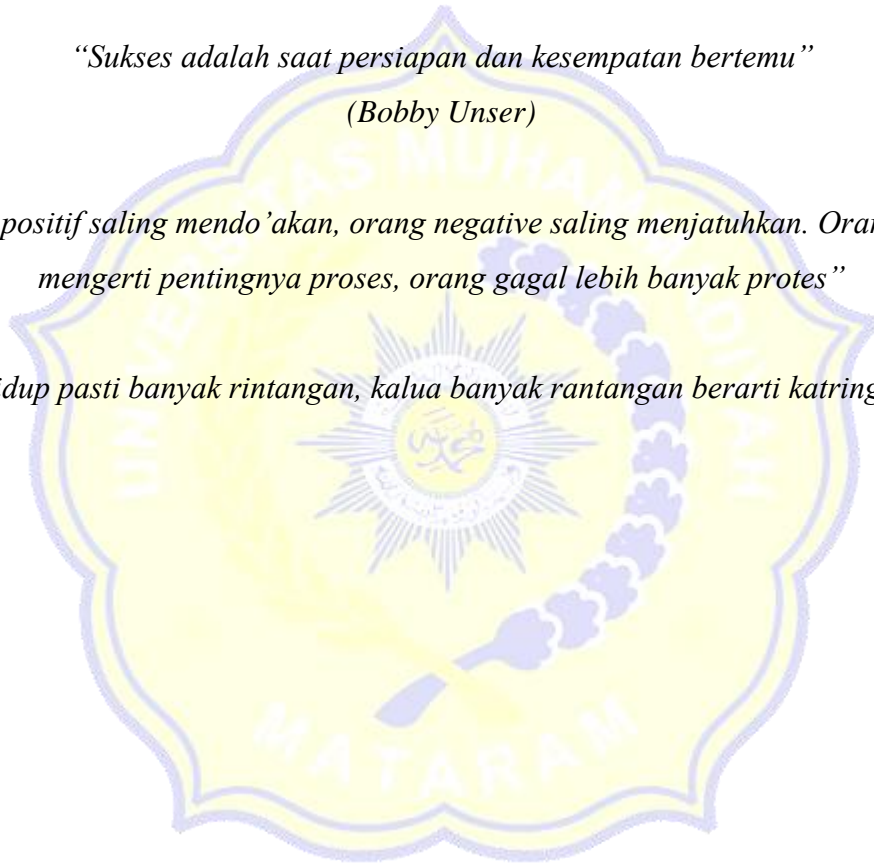
*(HR. Muslim)*

*“Sukses adalah saat persiapan dan kesempatan bertemu”*

*(Bobby Unser)*

*“Orang positif saling mendo’akan, orang negative saling menjatuhkan. Orang sukses mengerti pentingnya proses, orang gagal lebih banyak protes”*

*“Hidup pasti banyak rintangan, kalau banyak rintangan berarti katrangan”*



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul “*Studi Optimalisasi Konfigurasi Struktur Kuda-kuda Baja, dengan Tipe Kuda-kuda Howe, Cremona, Monobeam Ditinjau dari Panjang Bentang*” ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. Tugas akhir ini merupakan syarat untuk memenuhi jenjang Pendidikan Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Untuk itu perkenankan penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada:

1. Drs. Arsyad Ghani., Mpd selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, ST., M.Tech. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng). selaku dosen pembimbing I.
5. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. selaku dosen pembimbing II.
6. Seluruh staf dan pegawai sekretariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
7. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari kata sempurna, oleh karna itu pendapat dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk kelancaran penelitian dan penyempurnaan penulis selanjutnya. Akhir kata semoga karya ini bisa bermanfaat bagi pembaca.

Mataram, 4 Agustus 2022

ANDI RUSBIYANTO  
NIM: 41511A0113



## ABSTRAK

Konstruksi struktur kuda-kuda baja pada suatu bangunan merupakan salah satu elemen penting pada bangunan. Ada berbagai tipe kuda-kuda yang digunakan dalam sebuah konstruksi struktur kuda-kuda baja antara lain Howe, Cremona, Monobeam, dan lain-lain. Faktor keamanan, kenyamanan, durability, dan efisiensi merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan struktur kuda-kuda, semakin ringan berat struktur kuda-kuda, maka semakin efisien biaya yang dikeluarkan.

Dalam penulisan tugas akhir ini adalah membandingkan tipe struktur kuda-kuda Howe, Cremona, dan *Monobeam* manakah yang paling efektif digunakan jika ditinjau dari panjang bentang. Dengan jenis penutup atap yang digunakan, jarak antar kuda-kuda, dan jarak gording di seragamkan, sehingga dalam perhitungan pembebanan kuda-kuda dari ketiga tipe struktur kuda-kuda dengan bentang 10, 15, 20, 25, dan 30 meter beban yang bekerja pada struktur kuda-kuda akan sama. Analisa struktur kuda-kuda pada setiap tipe menggunakan bantuan *SAP2000 v.22*.

Dari hasil analisa program *SAP2000 v.22* untuk bentang 10 meter kuda-kuda tipe Cremona yang paling efektif, untuk tipe Cremona lebih efektif 16% dibandingkan tipe kuda-kuda Howe dan 12% bila dibandingkan dengan kuda-kuda tipe *Monobeam*, pada bentang 15 meter tipe struktur kuda-kuda yang paling efektif digunakan adalah tipe Cremona, dengan 54% lebih efektif dibandingkan tipe kuda-kuda Howe dan 29% bila dibandingkan dengan kuda-kuda tipe *Monobeam*, untuk bentang 20, 25, dan 30 meter struktur kuda-kuda tipe *Monobeam* yang paling efektif digunakan, dibandingkan dengan tipe kuda-kuda Howe, tipe *Monobeam* lebih efektif 66% dan 16% bila dibandingkan dengan kuda-kuda tipe Cremona untuk bentang 20 meter, pada bentang 25 meter dibandingkan dengan tipe kuda-kuda Howe, tipe *Monobeam* lebih efektif 99% dan 29% bila dibandingkan dengan kuda-kuda tipe Cremona, dan pada bentang 30 meter tipe *Monobeam* lebih efektif 160% dibandingkan dengan tipe kuda-kuda Howe, dan 83% bila dibandingkan dengan kuda-kuda tipe Cremona.

Kata kunci: struktur kuda-kuda baja, tipe kuda-kuda, efektif.

## ABSTRACT

One of the key components of a building is the steel truss structure. A steel truss structure is built using a variety of designs, including Howe, Cremona, Monobeam, and others. The design of the easel framework must consider elements of safety, comfort, durability, and effectiveness. The expenditures spent are more effectively distributed the lighter the truss structure is. The Howe, Cremona, and Monobeam truss structure is the most efficient in terms of the span length in drafting this final assignment. The distance between the truss and the gording is uniform depending on the type of roof covering used, which ensures that when the loading of the truss of the three types of truss structures with spans of 10, 15, 20, 25, and 30 meters is calculated, the load acting on the easel structure will be the same. SAP2000 v.22 is used to analyze the easel structure for each kind. The Cremona-type horses are the most effective from the analysis of the SAP2000 v.22 programs for a 10-meter span. The Cremona type is 16% more effective than the Howe horse type and 12% compared to the Monobeam type horses at a 15-meter span. The most effective type of truss structure used is the Cremona type, with 54% more effective than the Howe horse type and 29% when compared to the Monobeam type truss. The truss-type structure is suitable for spans of 20, 25, and 30 meters. For a 20-meter span, the most effective monobeam is 66% more effective than Howe horses and 16% more effective than Cremona horses. For a 25-meter span, the most effective monobeam is 99% more effective than Howe horses and 29% more effective than Cremona horses. Finally, for a 30-meter span, the most effective monobeam is 160% more effective than Howe horses and 83% more effective than Cremona horses.

**Keywords:** steel truss structure, truss type, effective.



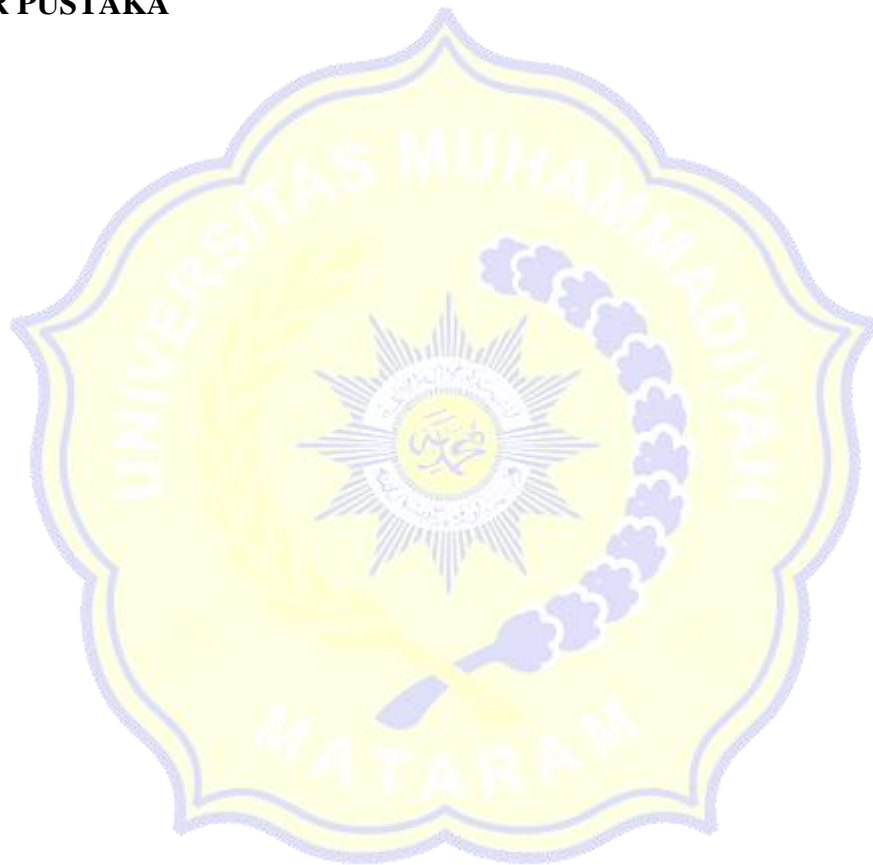
## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....</b>	<b>v</b>
<b>SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASIKARYA ILMIAH.....</b>	<b>vi</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACK .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xxviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan Masalah .....</b>	<b>3</b>

<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Tinjauan Pustaka.....</b>	<b>4</b>
2.1.1 Perencanaan struktur kuda-kuda.....	4
2.1.2 Sifat bahan baja.....	5
2.1.3 Jenis baja.....	6
2.1.4 Profil baja.....	7
2.1.5 Metode perhitungan .....	8
2.1.6 Tipe-tipe struktur kuda-kuda yang di analisa .....	9
<b>2.2 Landasan Teor .....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Analisa pembebanan struktur kuda-kuda.....	11
2.2.2 Kombinasi pembebanan.....	13
2.2.3 Penempatan beban pada struktur kuda-kuda .....	13
2.2.4 Perencanaan elemen struktur .....	14
2.2.5 Perencanaan gording.....	29
2.2.6 Perencanaan dimensi struktur kuda-kuda .....	32
2.2.7 Perencanaan sambungan baut .....	37
2.2.8 Plat landas ( <i>base plate</i> ).....	39
2.2.9 <i>SAP2000 (Structural Analysis Program)</i> .....	42
 <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	 <b>56</b>
<b>3.1 Bagan Alir Penelitian .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2 Pengumpulan Data .....</b>	<b>57</b>
<b>3.4 Perencanaan Kuda-kuda .....</b>	<b>57</b>
3.3.1 Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 10 meter .....	57
3.3.2 Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 10 meter .....	59
3.3.3 Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 10 meter .....	60
3.3.4 Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 15 meter .....	61

3.3.5	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 15 meter .....	62
3.3.6	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 15 meter .....	63
3.3.7	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 20 meter .....	64
3.3.8	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 20 meter .....	65
3.3.9	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 20 meter .....	66
3.3.10	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 25 meter .....	67
3.3.11	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 25 meter .....	68
3.3.12	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 25 meter .....	69
3.3.13	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 30 meter .....	70
3.3.14	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 30 meter .....	71
3.3.15	Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 30 meter .....	72
<b>3.4</b>	<b>Pembebanan Pada Permodelan Kuda-kuda .....</b>	<b>73</b>
<b>3.5</b>	<b>Proses Penginputan Data Pada SAP2000 .....</b>	<b>76</b>
3.5.1	Bagan alir penginputan data SAP2000 .....	76
3.5.2	Tahap penginputan data SAP2000 .....	77
3.5.3	Tahap pengecekan hasil analisa SAP2000 .....	95
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISA DATA .....</b>	<b>101</b>
<b>4.1</b>	<b>Uraian Umum .....</b>	<b>101</b>
<b>4.1</b>	<b>Perencanaan Struktur .....</b>	<b>101</b>
4.2.1	Perhitungan perencanaan gording .....	101

4.2.2	Permodelan struktur kuda-kuda.....	108
4.2.3	Pembebanan struktur kuda-kuda.....	110
<b>4.3</b>	<b>Analisa Struktur Kuda-kuda.....</b>	<b>119</b>
<b>4.4</b>	<b>Pembahasan .....</b>	<b>181</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>192</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan .....</b>	<b>192</b>
<b>5.2</b>	<b>Saran.....</b>	<b>193</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kuat tarik batas dan tegangan leleh .....	6
<b>Tabel 2.2</b> Rasio tebal terhadap lebar untuk menahan tekan aksial .....	20
<b>Tabel 2.3</b> Rasio tebal terhadap lebar untuk menahan lentur .....	22
<b>Tabel 2.4</b> Rumus untuk menentukan <i>shear area</i> .....	49
<b>Tabel 3.1</b> Koefisien angin untuk bidang atap.....	75
<b>Tabel 4.1</b> Hasil perhitungan momen pada gording .....	104
<b>Tabel 4.2</b> Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 10 meter.....	128
<b>Tabel 4.3</b> Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 10 meter ...	131
<b>Tabel 4.4</b> Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang meter.....	10 134
<b>Tabel 4.5</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 10 meter.....	144
<b>Tabel 4.6</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 10 meter.....	146
<b>Tabel 4.7</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 10 meter .....	148
<b>Tabel 4.8</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 15 meter.....	149
<b>Tabel 4.9</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 15 meter.....	152
<b>Tabel 4.10</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 15 meter ...	155
<b>Tabel 4.11</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 20 meter.....	156
<b>Tabel 4.12</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 20 meter.....	159
<b>Tabel 4.13</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 20 meter ...	162
<b>Tabel 4.14</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 25 meter.....	163
<b>Tabel 4.15</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 25 meter.....	167
<b>Tabel 4.16</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 25 meter ...	171
<b>Tabel 4.17</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 30 meter.....	172
<b>Tabel 4.18</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 30 meter.....	176
<b>Tabel 4.19</b> Nilai <i>ratio</i> pada struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 30 meter ...	180
<b>Tabel 4.20</b> Perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 10 meter .....	181
<b>Tabel 4.21</b> Perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 15 meter .....	182
<b>Tabel 4.22</b> Perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 20 meter .....	183
<b>Tabel 4.23</b> Perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 25 meter .....	184
<b>Tabel 4.24</b> Perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 30 meter .....	185

<b>Tabel 4.25</b> Perbandingan berat struktur kuda-kuda baja tipe Howe .....	186
<b>Tabel 4.26</b> Perbandingan berat struktur kuda-kuda baja tipe Cremona .....	187
<b>Tabel 4.27</b> Perbandingan berat struktur kuda-kuda baja tipe <i>Monobeam</i> .....	188
<b>Tabel 4.28</b> Perbandingan berat tiga tipe struktur kuda-kuda baja pada masing-masing bentang .....	189





## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Profil baja .....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Struktur kuda-kuda tipe Howe .....	9
<b>Gambar 2.3</b>	Struktur kuda-kuda tipe Cremona .....	10
<b>Gambar 2.4</b>	Struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	10
<b>Gambar 2.5</b>	Arah gaya pada gording .....	29
<b>Gambar 2.6</b>	Penampang profil siku ganda .....	33
<b>Gambar 2.7</b>	Batang yang mengalami tarik.....	34
<b>Gambar 2.8</b>	Tata letak baut .....	39
<b>Gambar 2.9</b>	<i>Base plate</i> dengan eksentrisitas beban .....	40
<b>Gambar 2.10</b>	Menentukan sudut putar <i>angle</i> .....	44
<b>Gambar 2.11</b>	Menentukan beban terpusat elemen .....	46
<b>Gambar 2.12</b>	Menentukan beban merata pada elemen .....	47
<b>Gambar 2.13</b>	Menentukan beban trapesium pada elemen.....	48
<b>Gambar 2.14</b>	Bentuk penampang geometric property-nya dihitung otomatis program SAP2000 .....	51
<b>Gambar 2.15</b>	<i>End Offset</i> pada elemen <i>frame</i> .....	53
<b>Gambar 2.16</b>	<i>End Offset</i> pada elemen <i>frame</i> .....	53
<b>Gambar 3.1</b>	Bagan alur penelitian.....	56
<b>Gambar 3.2</b>	Bagan alur penginputan data <i>SAP2000</i> .....	76
<b>Gambar 3.3</b>	Tahap membuka program <i>SAP2000</i> .....	77
<b>Gambar 3.4</b>	Tampilan awal program <i>SAP2000</i> .....	78
<b>Gambar 3.5</b>	Tahap membuat lembar kerja <i>SAP2000</i> .....	78
<b>Gambar 3.6</b>	Tahap pemilihan satuan yang digunakan pada <i>SAP2000</i> .....	79
<b>Gambar 3.7</b>	Tampilan <i>modif/ show information</i> pada <i>SAP2000</i> .....	79
<b>Gambar 3.8</b>	Tahap pemilihan <i>Template</i> yang digunakan pada <i>SAP2000</i> .....	80
<b>Gambar 3.9</b>	Tampilan input data <i>Grid</i> pada <i>SAP2000</i> <i>SAP2000</i> .....	80
<b>Gambar 3.10</b>	Tampilan model struktur pada <i>SAP2000</i> <i>SAP2000</i> .....	81
<b>Gambar 3.11</b>	Tampilan edit <i>Grid</i> pada <i>SAP2000</i> <i>SAP2000</i> .....	82
<b>Gambar 3.12</b>	Tampilan <i>Define Materials</i> pada <i>SAP2000</i> .....	82
<b>Gambar 3.13</b>	Tahap membuat material baja BJ37 pada <i>SAP2000</i> .....	83

<b>Gambar 3.14</b>	Tahap membuat <i>Section Properties</i> SAP2000.....	84
<b>Gambar 3.15</b>	Tahap pemilihan bentuk penampang yang akan digunakan pada analisa SAP2000.....	85
<b>Gambar 3.16</b>	Tahap penginputan data penampang baja yang digunakan pada SAP2000 .....	85
<b>Gambar 3.17</b>	Tahap penginputan jenis beban pada SAP2000.....	86
<b>Gambar 3.18</b>	Tahap membuat kombinasi beban SAP2000.....	88
<b>Gambar 3.19</b>	Tahap membuat kombinasi beban SAP2000.....	88
<b>Gambar 3.20</b>	Tampilan kombinasi beban yang sudah dibuat pada SAP2000.....	89
<b>Gambar 3.21</b>	Tahap edit data <i>Grid</i> pemodelan struktur pada SAP2000 .....	90
<b>Gambar 3.22</b>	Tahap penggambaran model struktur pada SAP2000.....	90
<b>Gambar 3.23</b>	Penggunaan tumpuan pada model struktur kuda-kuda pada SAP2000 ...	91
<b>Gambar 3.24</b>	Tahap penginputan beban terpusat pada pemodelan struktur pada SAP2000 .....	93
<b>Gambar 3.25</b>	Tahap <i>running</i> struktur pada SAP2000 .....	94
<b>Gambar 3.26</b>	Tahap <i>running</i> struktur pada SAP2000 .....	95
<b>Gambar 3.27</b>	Tahap pengecekan hasil analisa struktur untuk gaya-gaya dalam pada SAP2000 .....	95
<b>Gambar 3.28</b>	Tampilan gaya aksial hasil analisa struktur pada SAP2000 .....	96
<b>Gambar 3.29</b>	Tahap pemilihan acuan <i>Design</i> yang digunakan pada SAP2000 .....	97
<b>Gambar 3.30</b>	Tahap pengecekan hasil analisa struktur pada SAP2000.....	98
<b>Gambar 3.31</b>	Tampilan <i>Steel Design Section</i> pada SAP2000 .....	98
<b>Gambar 3.32</b>	Tahap pengecekan nilai rasio tegangan elemen hasil analisa struktur pada SAP2000 .....	99
<b>Gambar 3.33</b>	Tahap pengecekan detail informasi hasil design analisa struktur pada SAP2000 .....	100
<b>Gambar 4.1</b>	Permodelan struktur kuda-kuda baja tipe Howe .....	108
<b>Gambar 4.2</b>	Permodelan struktur kuda-kuda baja tipe Cremona .....	108
<b>Gambar 4.3</b>	Permodelan struktur kuda-kuda baja tipe <i>Monobeam</i> .....	109
<b>Gambar 4.4</b>	Pembebanan akibat beban mati tambahan.....	110
<b>Gambar 4.5</b>	Penginputan beban mati tambahan pada program SAP2000 v.22 .....	111
<b>Gambar 4.6</b>	Penginputan beban mati tambahan pada program SAP2000 v.22 .....	111

<b>Gambar 4.7</b>	Penginputan beban mati tambahan pada program <i>SAP2000 v.22</i> .....	111
<b>Gambar 4.8</b>	Pembebanan akibat beban hidup .....	112
<b>Gambar 4.9</b>	Penginputan beban hidup pada program <i>SAP2000 v.22</i> .....	112
<b>Gambar 4.10</b>	Penginputan beban hidup pada program <i>SAP2000 v.22</i> .....	113
<b>Gambar 4.11</b>	Penginputan beban hidup pada program <i>SAP2000 v.22</i> .....	113
<b>Gambar 4.12</b>	Pembebanan akibat beban air hujan .....	114
<b>Gambar 4.13</b>	Penginputan beban air hujan pada program <i>SAP2000 v.22</i> .....	114
<b>Gambar 4.14</b>	Penginputan beban air hujan pada program <i>SAP2000 v.22</i> .....	115
<b>Gambar 4.15</b>	Penginputan beban air hujan pada program <i>SAP2000 v.22</i> .....	115
<b>Gambar 4.16</b>	Pembebanan akibat beban angin .....	116
<b>Gambar 4.17</b>	Penginputan beban angin pada <i>SAP2000 v.22</i> .....	117
<b>Gambar 4.18</b>	Penginputan beban angin pada <i>SAP2000 v.22</i> .....	117
<b>Gambar 4.19</b>	Penginputan beban angin pada <i>SAP2000 v.22</i> .....	118
<b>Gambar 4.20</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Howe bentang 10 meter ...	119
<b>Gambar 4.21</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Cremona bentang 10 meter.....	119
<b>Gambar 4.22</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe <i>Monobeam</i> bentang 10 meter.....	120
<b>Gambar 4.23</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Howe bentang 15 meter.....	120
<b>Gambar 4.24</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Cremona bentang 15 meter.....	121
<b>Gambar 4.25</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe <i>Monobeam</i> bentang 15 meter.....	121
<b>Gambar 4.26</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Howe bentang 20 meter.....	122
<b>Gambar 4.27</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Cremona bentang 20 meter.....	122
<b>Gambar 4.28</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe <i>Monobeam</i> bentang 20 meter.....	123
<b>Gambar 4.29</b>	Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Howe bentang 25 meter.....	123

<b>Gambar 4.30</b> Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Cremona bentang 25meter.....	124
<b>Gambar 4.31</b> Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe <i>Monobeam</i> bentang 25 meter.....	124
<b>Gambar 4.32</b> Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Howe bentang 30 meter.....	125
<b>Gambar 4.33</b> Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe Cremona bentang 30 meter.....	125
<b>Gambar 4.34</b> Dimensi profil struktur kuda-kuda baja tipe <i>Monobeam</i> bentang 30 meter.....	126
<b>Gambar 4.35</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe 10 meter.....	127
<b>Gambar 4.36</b> Diagram gaya aksial akibat kombinasi 2 tipe Howe 10 meter .....	127
<b>Gambar 4.37</b> Diagram gaya aksial akibat kombinasi 4 tipe Howe 10 meter .....	127
<b>Gambar 4.38</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona 10 meter.....	130
<b>Gambar 4.39</b> Diagram gaya aksial akibat kombinasi 2 tipe Cremona 10 meter.....	130
<b>Gambar 4.40</b> Diagram gaya aksial akibat kombinasi 4 tipe Cremona10 meter.....	130
<b>Gambar 4.41</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> 10 meter .....	133
<b>Gambar 4.42</b> Diagram gaya aksial akibat kombinasi 2 tipe <i>Monobeam</i> 10 meter.....	133
<b>Gambar 4.43</b> Diagram gaya aksial akibat kombinasi 4 tipe <i>Monobeam</i> 10 meter.....	133
<b>Gambar 4.44</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe 15 meter.....	136
<b>Gambar 4.45</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona 15 meter.....	136
<b>Gambar 4.46</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> 15 meter .....	137
<b>Gambar 4.47</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe 20 meter.....	138
<b>Gambar 4.48</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona 20 meter.....	138
<b>Gambar 4.49</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> 20 meter .....	139
<b>Gambar 4.50</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe 25 meter.....	140
<b>Gambar 4.51</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona 25 meter.....	140
<b>Gambar 4.52</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> 25 meter .....	141
<b>Gambar 4.53</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe 30 meter.....	142
<b>Gambar 4.54</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona 30 meter.....	142
<b>Gambar 4.55</b> Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> 30 meter .....	143
<b>Gambar 4.56</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Howe 10 meter.....	144

<b>Gambar 4.57</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Cremona 10 meter .....	146
<b>Gambar 4.58</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe <i>Monobeam</i> 10 meter .....	148
<b>Gambar 4.59</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Howe 15 meter.....	149
<b>Gambar 4.60</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Cremona 15 meter .....	152
<b>Gambar 4.61</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe <i>Monobeam</i> 15 meter .....	155
<b>Gambar 4.62</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Howe 20 meter.....	156
<b>Gambar 4.63</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Cremona 20 meter .....	159
<b>Gambar 4.64</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe <i>Monobeam</i> 20 meter .....	162
<b>Gambar 4.65</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Howe 25 meter.....	163
<b>Gambar 4.66</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Cremona 25 meter .....	167
<b>Gambar 4.67</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe <i>Monobeam</i> 25 meter .....	171
<b>Gambar 4.68</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Howe 30 meter.....	172
<b>Gambar 4.69</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe Cremona 30 meter .....	176
<b>Gambar 4.70</b> Nilai rasio tegangan elemen tipe <i>Monobeam</i> 30 meter .....	180
<b>Gambar 4.71</b> Grafik perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 10 meter.....	181
<b>Gambar 4.72</b> Grafik perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 15 meter.....	182
<b>Gambar 4.73</b> Grafik perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 20 meter.....	183
<b>Gambar 4.74</b> Grafik perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 25 meter.....	184
<b>Gambar 4.75</b> Grafik perbandingan berat struktur kuda-kuda baja bentang 30 meter.....	185
<b>Gambar 4.76</b> Grafik perbandingan berat struktur kuda-kuda baja tipe Howe pada masing-masing bentang .....	186
<b>Gambar 4.77</b> Grafik perbandingan berat struktur kuda-kuda baja tipe Cremona pada masing-masing bentang .....	187
<b>Gambar 4.78</b> Grafik perbandingan berat struktur kuda-kuda baja tipe <i>Monobeam</i> pada masing-masing bentang .....	188
<b>Gambar 4.79</b> Grafik perbandingan berat tiga tipe struktur kuda-kuda baja pada masing-masing bentang.....	189

**Gambar 4.80** Grafik perbandingan berat tiga tipe struktur kuda-kuda baja pada masing-masing bentang ..... 190



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampitan 1</b>	Tabel Profil Baja PT. GUNUNG GARUDA.....	194
	1. <i>Lipped Channel</i> (Baja Kanal C Ringan).....	195
	2. <i>Equal Angle</i> (Siku).....	196
	3. Wide Flange Shape (IWF dan HBEAM).....	199
<b>Lampitan 2</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Howe Bentang 10 meter .....	202
	1. Gambar struktur kuda-kuda tipe Howe.....	203
	2. Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe .....	204
	3. Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 10 meter .....	205
	4. Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 10 meter .....	213
	5. Output berat struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 10 meter.....	217
<b>Lampitan 3</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Cremona Bentang 10 meter .....	218
	1. Gambar struktur kuda-kuda tipe Cremona.....	219
	2. Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona .....	220
	3. Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 10 meter .....	221
	4. Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 10 meter .....	229
	5. Output berat struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 10 meter.....	233
<b>Lampitan 4</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe <i>Monobeam</i> Bentang 10 meter .....	234
	1. Gambar struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	235
	2. Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	236
	3. Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 10 meter .....	237
	4. Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 10 meter .....	241
	5. Output berat struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 10 meter .	245

<b>Lampitan 5</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Howe Bentang 15 meter .....	246
1.	Gambar struktur kuda-kuda tipe Howe.....	247
2.	Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe .....	248
3.	Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 15 meter .....	249
4.	Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 15 meter .....	257
5.	Output berat struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 15 meter.....	261
<b>Lampitan 6</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Cremona Bentang 15 meter .....	262
1.	Gambar struktur kuda-kuda tipe Cremona.....	263
2.	Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona .....	264
3.	Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 15 meter .....	265
4.	Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 15 meter .....	273
5.	Output berat struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 15 meter.....	277
<b>Lampitan 7</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe <i>Monobeam</i> Bentang 15 meter .....	278
1.	Gambar struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	279
2.	Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	280
3.	Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 15 meter.....	281
4.	Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 15 meter .....	285
5.	Output berat struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 15 meter .....	289



<b>Lampitan 8</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Howe Bentang 20 meter .....	290
1.	Gambar struktur kuda-kuda tipe Howe.....	291
2.	Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe .....	292
3.	Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 20 meter .....	293
4.	Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 20 meter .....	301
5.	Output berat struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 20 meter.....	307
<b>Lampitan 9</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Cremona Bentang 20 meter .....	308
1.	Gambar struktur kuda-kuda tipe Cremona.....	309
2.	Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona .....	310
3.	Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 20 meter .....	311
4.	Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 20 meter .....	319
5.	Output berat struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 20 meter.....	325
<b>Lampitan 10</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe <i>Monobeam</i> Bentang 20 meter .....	326
1.	Gambar struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	327
2.	Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	328
3.	Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 20 meter.....	329
4.	Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 20 meter .....	333
5.	Output berat struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 20 meter .....	338

<b>Lampitan 11</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Howe Bentang 25 meter .....	339
	1. Gambar struktur kuda-kuda tipe Howe.....	340
	2. Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe .....	341
	3. Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 25 meter .....	342
	4. Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 25 meter .....	350
	5. Output berat struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 25 meter.....	356
<b>Lampitan 12</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Cremona Bentang 25 meter .....	357
	1. Gambar struktur kuda-kuda tipe Cremona.....	358
	2. Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona .....	359
	3. Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 25 meter .....	360
	4. Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 25 meter .....	368
	5. Output berat struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 25 meter.....	374
<b>Lampitan 13</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe <i>Monobeam</i> Bentang 25 meter .....	375
	1. Gambar struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	376
	2. Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	377
	3. Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 25 meter.....	378
	4. Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 25 meter .....	382
	5. Output berat struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 25 meter .....	387

<b>Lampitan 14</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Howe Bentang 30 meter .....	388
1.	Gambar struktur kuda-kuda tipe Howe.....	389
2.	Kode batang struktur kuda-kuda tipe Howe .....	390
3.	Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 30 meter .....	391
4.	Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 30 meter .....	399
5.	Output berat struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 30 meter.....	405
<b>Lampitan 15</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe Cremona Bentang 30 meter .....	406
1.	Gambar struktur kuda-kuda tipe Cremona.....	407
2.	Kode batang struktur kuda-kuda tipe Cremona .....	408
3.	Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 30 meter .....	409
4.	Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 30 meter .....	417
5.	Output berat struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 30 meter.....	423
<b>Lampitan 16</b>	Struktur Kuda-kuda Tipe <i>Monobeam</i> Bentang 30 meter .....	424
1.	Gambar struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	425
2.	Kode batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> .....	426
3.	Detail nilai ratio batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 30 meter .....	427
4.	Gaya aksial batang struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 30 meter .....	431
5.	Output berat struktur kuda-kuda tipe <i>Monobeam</i> bentang 30 meter .....	436

## DAFTAR NOTASI

$A$	= Luas penampang tunggal
	= Luas tubuh angkur
	= Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir
$A_e$	= luas <i>netto</i> efektif, in. <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )
$A_e$	= Luas penampang efektif
	= Luas penampang bruto, mm <sup>2</sup>
$A_n$	= Luas penampang <i>netto</i> , in. <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )
$A_w$	= Luas badan, tinggi keseluruhan dikalikan tebal badan, $dt_w$ , in. <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )
$A_1$	= Luas <i>base plate</i>
$A_2$	= Luas maksimum base plate yang menahan beban konsentrik
$a$	= jarak bersih antara pengaku transversal, in. (mm)
$B$	= Lebar base plate
$b$	= Lebar profil siku
$b_f$	= Lebar sayap, in. (mm)
$C$	= Konstanta torsi PSB
$C_b$	= Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak
$C_b$	= Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak merata
$C_v$	= Koefisien geser badan
$C_v$	= Konstanta pembengkokan, in. <sup>6</sup> (mm <sup>6</sup> )
$D$	= Beban mati
$d$	= Diameter angkur baut
$d$	= diameter lubang, mm
	= Diameter baut pada daerah tak berulir
$E$	= Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)
$El$	= kekakuan lentur
$e$	= Jarak Eksentrisitas
$f$	= lendutan yang terjadi
$F_{cr}$	= Tegangan kritis, ksi (MPa)
$F_e$	= Tegangan tekuk elastis (MPa)
	= Tegangan tarik nominal

- = Tegangan geser
- $F_u$  = Kuat tarik minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)  
= Kuat tarik putus terendah dari baut atau pelat
- $f_x$  = factor tekuk arah x
- $f_y$  = factor tekuk arah y
- $f_y$  = Tegangan leleh baja (MPa)  
= Kuat tarik baut
- $f'_c$  = Kuat tekan beton
- $H$  = Beban hujan
- $h$  = Jarak bersih antara sayap dikurangi sudut atau radius sudut profil canai panas, (mm)
- $h$  = Tinggi elemen geser, in. (mm)
- $h_o$  = Jarak antara titik-titik berat sayap, in. (mm)
- $i_x$  = Kelangsingan arah x
- $J$  = Konstanta torsi, in.<sup>4</sup> (mm<sup>4</sup>)
- $KL/r$  = kelangsingan komponen struktur
- $k$  = Faktor tekuk
- $K_v$  = Koefisien tekuk geser pelat badan
- $L$  = Beban hidup
- $L$  = bentang kuda-kuda
- $L$  = Panjang tanpa dibreising leteral dari komponen struktur
- $L_a$  = Beban pekerja
- $L_i$  = Jarak kopel
- $L_k$  = Panjang tekuk  
= Panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu y-y, dengan memperhatikan pengekang leteral yang ada dan kondisi jepit ujung-ujung struktur, mm  
= spasi antar pelat kopel pada arah komponenstruktur tekan, mm
- $M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, kipin.
- $M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, kip-in. (N-mm)
- $M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat segmen tanpa dibreising, kip-in.
- $M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, kip-in. (Nmm)

- $M_n$  = Kekuatan lentur nominal, kip-in. (N-mm)  
 $Mn$  = Momen nominal pada base plate  
 $M_p$  = Momen lentur plastis, kip-in (N-mm)  
 $Mpl$  = Momen lentur terfaktor pada base plate  
 = Momen yang terjadi  
 $M_u$  = Kekuatan lentur perlu yang menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm)  
 $M_x$  = momen arah x  
 $M_y$  = momen arah y  
 $m$  = Konstanta  
 = Jumlah bidang geser  
 $N$  = Panjang base plate  
 $N_n$  = kuat nominal penampang,  $N$   
 $N_u$  = gaya aksial (tarik atau tekan) terfaktor,  $N$   
 $n$  = Banyaknya lubang dalam garis potongan  
 $n$  = Jumlah baut  
 $P$  = beban terpusat  
 $P$  = Tekanan tiup  
 $P_n$  = Kekuatan tekan nominal, kips (N)  
 = Kekuatan tekan nominal, in. <sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)  
 = Gaya tekan yang terjadi  
 = Kekuatan aksial tekan yang diperlukan, kips (N)  
 $q$  = beban merata  
 $R$  = Radius girasi, in. (mm)  
 = Tahanan nominal baut  
 = Beban terfaktor  
 = 0,4 untuk baut dengan ulir  
 = 0,5 untuk baut tanpa ulir  
 = Jari-jari girasi elemen komponen struktur terhadap sumbu yang memberikan nilai yang terkecil (sumbu  $l-l$ ), mm  
 = Jari-jari girasi komponen struktur tersusun terhadap sumbu  $x-x$ , mm  
 $r_{ts}$  = Radius girasi efektif, in. (mm)

- $S_x$  = Modulus penampang elastis pada sumbu  $x$ , in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)  
 $S_x$  = Modulus penampang elastis pada sumbu  $x$ , in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)  
 $s$  = jarak antar sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur, mm  
 = Gaya tarik pada angkur  
 = Gaya tarik yang terjadi  
 $t$  = Tebal penampang, mm  
 $t$  = Tebal plat  
 $t_f$  = Tebal sayap yang dibebani, in. (mm)  
 $t_p$  = Tebal base plate  
 $t_w$  = Tebal badan, in. (mm)  
 $U$  = Faktor reduksi  
 $U$  = faktor reduksi  
 $u$  = jarak antara sumbu lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur  
 $v$  = Kecepatan angin dalam m/detik, yang harus ditentukan oleh instansi yang berwenang  
 $V_n$  = Kekuatan geser nominal, kips (N)  
 $V_u$  = Gaya geser  
 $V_u$  = Kekuatan geser perlu (N)  
 = Gaya geser yang terjadi  
 $W$  = Beban angin  
 $w$  = Beban *ultimate*  
 $W_x$  = momen arah  $x$   
 $W_y$  = momen arah  $y$   
 $Z_x$  = Modulus penampang plastis pada sumbu  $x$ , in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)  
  
 $\sigma_y$  = tegangan arah  $y$   
 = Faktor ketahanan untuk lentur  
 = Faktor ketahanan untuk tekan  
 = Faktor ketahanan untuk tarik  
 = Parameter kelangsingan  
 = Parameter kelangsingan batang tekan  
 = Kelangsingan plat

- = Parameter batas kelangsingan untuk elemen kompak
- = Kuat lentur nominal
- = Parameter batas kelangsingan untuk elemen nonkompak
- = Faktor reduksi yang diambil sebesar 0,75
- = factor reduksi kekuatan
- = Faktor reduksi
- = Faktor reduksi 0,75
- = Tahanan tumpu pada bagian web balok
- = Faktor reduksi 0,65
- $\lambda_{iy}$  = Kelangsingan ideal
- $\lambda_x$  = Kelangsingan arah sumbu x bebas bahan
- $\lambda_y$  = Kelangsingan arah sumbu y bebas bahan
- = Faktor tekuk





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Konstruksi struktur kuda-kuda ialah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga berat sendiri dan sekaligus dapat memberikan bentuk pada atapnya. Struktur kuda-kuda merupakan penyangga utama pada struktur atap, struktur ini termasuk dalam klasifikasi struktur *framework (truss)*. Pada dasarnya konstruksi struktur kuda-kuda terdiri dari rangkaian batang yang selalu membentuk segitiga. Dengan mempertimbangkan berat bahan penutup atapnya, maka konstruksi struktur kuda-kuda satu sama lain memiliki bentuk yang berbeda, tetapi setiap susunan rangka batang harus merupakan satu kesatuan bentuk yang kokoh yang nantinya mampu memikul beban yang bekerja tanpa mengalami perubahan.

Pada umumnya konstruksi struktur kuda-kuda menggunakan kayu, bambu, dan beton, dimana struktur kuda-kuda kayu digunakan sebagai pendukung atap mampu mendukung beban atap dengan bentang maksimal 12 meter, struktur kuda-kuda bambu pada umumnya mampu mendukung beban atap sampai dengan bentang 10 meter, dan struktur kuda-kuda beton dari beton bertulang mampu mendukung beban atap dengan bentang sekitar 10 hingga 12 meter, dengan ditemukannya baja yang memiliki karakteristik sebagai bahan isotropis yang mana kuat menahan tegangan tarik dan tekan, maka digunakannya baja sebagai bahan material konstruksi struktur kuda-kuda dimana dari segi mutu, baja memiliki mutu yang baik, waktu pelaksanaan/ pemasangan lebih cepat, pemeliharaan mudah, dan dapat mendukung beban atap dengan bentang lebih panjang dari kayu, bambu, dan beton sebagai bahan konstruksi struktur kuda-kuda (Tamrin, 2008).

Dengan digunakannya material baja sebagai bahan konstruksi struktur kuda-kuda, perkembangan bentuk konfigurasi kuda-kuda saat ini sangat bermacam-macam berdasarkan kebutuhan ruang dan bentang, namun pengetahuan pelaku konstruksi dan masyarakat masih kurang terhadap bentuk konfigurasi kuda-kuda yang sesuai untuk bangunan dengan bentang-bentang tertentu. Struktur kuda-kuda sendiri memiliki beberapa type diantaranya yaitu type pratt, Howe, Fink, Bowstring, Sawtooth, Waren, Cremona, *Monobeam* dll.

Dari uraian diatas yang melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian terhadap “*Studi Optimalisasi Konfigurasi Struktur Kuda-kuda Baja, dengan Tipe Kuda-kuda: Howe, Cremona, Monobeam, Ditinjau dari Panjang Bentang*”. Oleh karena itu dalam penulisan tugas akhir ini, penulis mencoba untuk merencanakan struktur kuda-kuda baja konvensional paling optimal digunakan bila ditinjau dari panjang bentang kuda-kuda.

## **1.2 Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dalam penelitian ini fokus pada 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 tegangan yang terjadi pada struktur kuda-kuda, jika menggunakan tipe kuda-kuda Howe, Cremona, dan *Monobeam*, dengan panjang bentang 10, 15, 20, 25, dan 30 meter
3. Bagaimana pengaruh berat struktur kuda-kuda, terhadap pemilihan tipe kuda-kuda pada tiap panjang bentang yang ditinjau.
4. Bagaimana bentuk struktur kuda-kuda baja yang paling efektif digunakan pada panjang bentang 10, 15, 20, 25, dan 30 meter

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Menganalisa karakteristik beban yang akan ditanggung oleh profil baja, seperti beban hidup, beban mati, beban angin, dan beban kombinasi
2. Mengetahui tegangan yang terjadi pada struktur kuda-kuda, untuk menentukan dimensi profil baja pada tipe kuda-kuda Howe, Cremona, dan *Monobeam*, dengan panjang bentang 10, 15, 20, 25, dan 30 meter
3. Mengetahui pengaruh berat struktur kuda-kuda terhadap pemilihan tipe kuda-kuda pada tiap panjang bentang yang ditinjau
4. Mengetahui bentuk struktur kuda-kuda baja yang paling efektif digunakan pada panjang bentang 10, 15, 20, 25, dan 30 meter

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun untuk manfaat yang diharapkan dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan dan memperdalam ilmu teknik sipil bagi penyusun dalam merencanakan struktur kuda-kuda baja konvensional.
2. Dapat dijadikan bahan pertimbangan dan referensi dalam perencanaan struktur kuda-kuda baja yang paling optimal digunakan pada bentang pendek, menengah, dan panjang.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat batasan masalah agar pembahasan tidak melebar dalam tujuan perencanaan. Adapun batasan masalah yang terdapat pada tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Merencanakan dimensi profil rangka kuda-kuda untuk masing-masing tipe kuda-kuda dari setiap panjang bentang yang ditinjau.
2. Struktur baja dianalisa berdasarkan SNI 1729-2015 “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”.
3. Struktur baja direncanakan mengacu pada SNI 03-1729-2002 “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung”.
4. Pembebanan berdasarkan PPIUG 1983 “Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung”.
5. Analisa perhitungan menggunakan *software SAP2000*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1 Perencanaan struktur kuda-kuda**

Dalam perencanaan struktur kuda-kuda harus memenuhi peraturan-peraturan yang berlaku untuk mendapatkan suatu struktur kuda-kuda yang aman secara konstruksi. Struktur kuda-kuda yang direncanakan harus mampu menahan beban-beban yang bekerja, mampu menopang berat sendiri struktur kuda-kuda tersebut. Untuk mendapatkan suatu hasil yang optimum dalam perencanaan struktur kuda-kuda harus memenuhi syarat-syarat seperti biaya minimum, berat minimum, waktu konstruksi minimum, kekuatan maksimum, manfaat maksimum pada saat masa layan.

Salah satu tahapan penting dalam perencanaan struktur kuda-kuda adalah pemilihan jenis material yang akan digunakan. Jenis-jenis material yang selama ini dikenal dalam dunia konstruksi antara lain kayu, bambu, baja, dan beton bertulang. Material baja sebagai bahan konstruksi telah digunakan sejak lama mengingat beberapa keunggulannya dibandingkan dengan material lainnya. Beberapa keunggulan baja sebagai material konstruksi sebagai berikut:

1. Mempunyai kekuatan yang tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta mengurangi pula berat sendiri dari struktur. Hal ini sangat menguntungkan bagi struktur-struktur jembatan yang panjang, struktur kuda-kuda, gedung yang tinggi, atau juga bangunan-bangunan yang berada pada kondisi tanah yang buruk.
2. Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti material beton bertulang yang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun, material baja jauh lebih seragam/homogen serta mempunyai tingkat keawetan yang jauh lebih tinggi jika prosedur perawatan dilakukan secara semestinya.
3. Sifat elastis, baja mempunyai perilaku yang cukup dekat dengan asumsi-asumsi yang digunakan untuk melakukan analisa, sebab baja dapat berperilaku elastis hingga tegangan yang cukup tinggi mengikuti Hukum Hooke. Momen inersia dari suatu profil baja juga dapat dihitung dengan pasti sehingga memudahkan dalam melakukan proses analisa struktur.

4. Daktilitas baja cukup tinggi, karena suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan tarik cukup besar sebelum terjadi keruntuhan.
5. Beberapa keuntungan lain pemakaian baja sebagai material konstruksi adalah kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan lainnya menggunakan alat sambung las atau baut. Pembuatan baja melalui proses gilas panas mengakibatkan baja menjadi mudah dibentuk menjadi penampang-penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja.

Selain keuntungan-keuntungan yang disebutkan diatas, material baja juga mempunyai kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan. Material baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air, secara periodik harus dicat. Perlindungan terhadap bahaya kebakaran juga harus menjadi perhatian yang serius, sebab material baja akan mengalami penurunan kekuatan secara drastis akibat kenaikan temperatur yang cukup tinggi, disamping itu baja juga merupakan konduktor panas yang baik, sehingga nyala api dalam suatu bangunan justru dapat menyebar dengan lebih cepat. Kelemahan lain dari struktur baja adalah masalah tekuk yang merupakan fungsi dari kelangsingan suatu penampang (Alfin, 2022).

#### 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 menghaluskan 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 presentase zat arang sedang (*medium carbon steel*) yakni 0.3% - 0.59%
4. Baja dengan presentase 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 200000 Mpa.
2. Modulus geser( $G$ ) dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.1 dibawah ini:

$$G = E/2 (1+\mu) \quad (2.1)$$

Dengan:

$\mu$  = Angka perbandingan poisson

Dengan mengambil  $\mu = 0.30$  dan  $E = 200000$  Mpa, akan memberikan

$G = 81000$  Mpa.

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

### 2.1.3 Jenis baja

Baja 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:

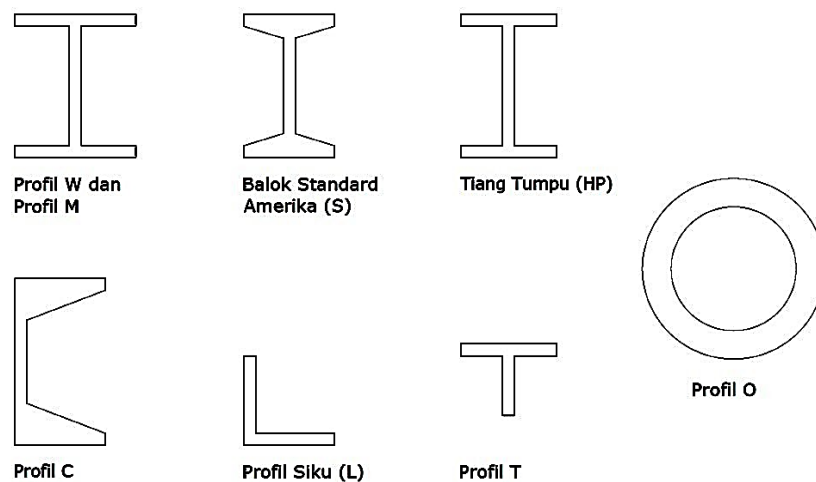
**Tabel 2.1** Kuat tarik batas dan tegangan leleh

Jenis baja	Tegangan putus minimum $f_u$ (MPa)	Tegangan leleh minimum $f_y$ (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	34	210	22
BJ 37	37	240	20
BJ 41	41	250	18
BJ 50	50	290	16
BJ 55	55	410	13

Sumber: SNI 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 (Husnah, 2019)

Profil IWF 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 bangunan 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 pondasi 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 kekuatannya 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, atau double angle. Profil ini sangat baik untuk digunakan pada struktur kuda-kuda. (Handono, 2017).

#### 2.1.5 Metode perhitungan

Metode perhitunga rangka baja sendiri diketahui ada beberapa metode yang biasa digunakan, yaitu:

1. Metode ASD (*Allowable Stress Design*) adalah satu metode desain dimana perencana 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. Menurut Setiawan, (2008) metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) dimana perencanaan ini berdasarkan kondisi batas/*limit states design*. Dalam 20 tahun terakhir prinsip perencanaan struktur baja mulai beralih ke konsep LRFD yang jauh lebih rasional dengan berdasarkan pada konsep probabilitas. Untuk lebih memahami latar belakang pengembangan metode LRFD dengan ilmu probabilitas, maka berikut akan dibahas mengenai prinsip-prinsip dasar dalam ilmu probabilitas. Ada beberapa tingkatan dalam desain probabilitas, antara lain:
  - 1) Metode probabilitas penuh (*fully probabilistic method*)  
Metode ini merupakan tingkat III, dan merupakan cara analisa yang paling kompleks. Metode probabilitas penuh memerlukan data-data tentang distribusi probabilitas dari tiap-tiap variabel acak (tahanan, beban, dan lain-lain) serta



korelasi antar variabel tersebut. Data-data ini biasanya tidak tersedia dalam jumlah yang cukup sehingga umumnya metode probabilitas penuh ini jarang digunakan dalam praktek.

2) Metode *first-order second moment* (FOSM)

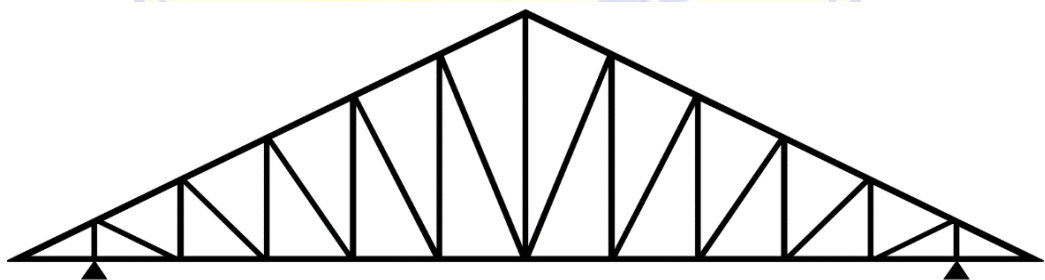
Metode ini dikenal juga dengan tingkat II, dalam desain probabilitas metode ini menggunakan karakteristik statik yang lebih mudah dari tahanan dan beban. Metode ini mengasumsikan bahwa beban Q dan tahanan R saling bebas secara statistik. Metode LRFD untuk perencanaan struktur baja yang diatur dalam SNI 03-1729-2002, berdasarkan pada metode FOSM ini.

2.1.6 Tipe-tipe struktur kuda-kuda yang di analisa

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

1. Struktur kuda-kuda tipe Howe

Struktur kuda-kuda tipe Howe biasanya banyak digunakan pada struktur jembatan rangka baja dan struktur kuda-kuda. Rangka kuda-kuda Howe terdiri dari batang vertikal, horizontal, dan diagonal, batang vertikal berperan menerima gaya tekan, batang horizontal berperan menerima gaya tarik, dan batang diagonal berperan menerima gaya tarik maupun tekan. Bentuk struktur kuda-kuda tipe Howe dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini:



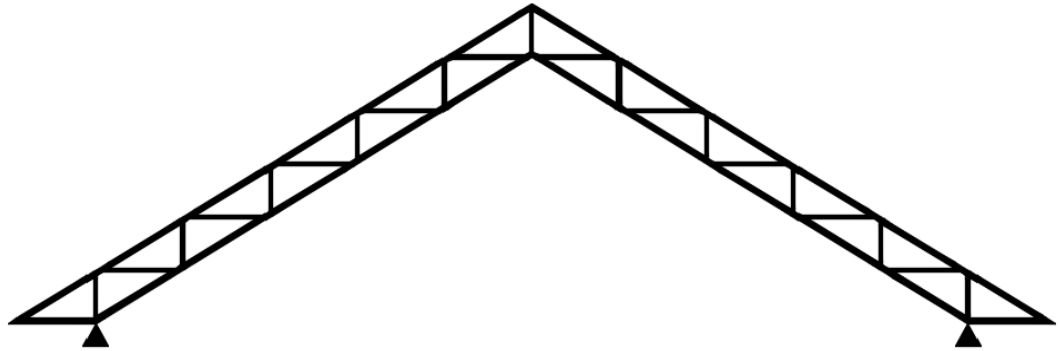
**Gambar 2.2** Struktur kuda-kuda tipe Howe

(Sumber: Data input Autocad, 2022)

2. Struktur kuda-kuda tipe Cremona

Struktur kuda-kuda tipe Cremona biasanya banyak digunakan pada struktur kuda-kuda. Pada struktur kuda-kuda Cremona susunan rangkanya sama dengan struktur kuda-kuda tipe Howe hanya saja yang membedakan batang tarik pada struktur kuda-kuda tipe Howe menggantung seperti balok, sedangkan pada struktur kuda-kuda tipe

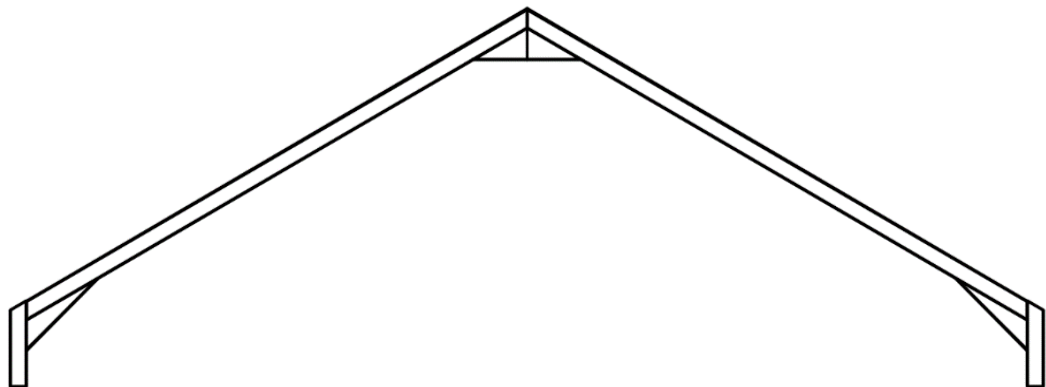
Cremona batang tarik mengikuti kemiringan batang tekan. Bentuk struktur kuda-kuda tipe Cremona dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini:



**Gambar 2.3** Struktur kuda-kuda tipe Cremona  
(Data input Autocad, 2022)

3. Struktur kuda-kuda tipe *Monobeam*

Struktur kuda-kuda tipe *Monobeam* 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 2.4 dibawah ini:



**Gambar 2.4** Struktur kuda-kuda tipe *Monobeam*  
(Data input Autocad, 2022)

Komponen struktur rangka kuda-kuda baja menggunakan profil baja double L untuk struktur kuda-kuda type Howe, dan Cremona, Profil baja IWF untuk struktur kuda-kuda *Monobeam*. Perencanaan dimensi awal dari komponen struktur kuda-kuda dilakukan menggunakan program *SAP2000*.

## 2.2 Landasan Teori

Tujuan perencanaan struktur kuda-kuda adalah untuk menghasilkan suatu struktur kuda-kuda yang stabil, kuat, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomis dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur kuda-kuda disebut stabil bila ia tidak mudah terguling, miring, atau tergeser, selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur kuda-kuda disebut cukup kuat dan mampu-layan bila kemungkinan kegagalan struktur dan kehilangan kemampuan layan selama masa hidup yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima. Suatu struktur kuda-kuda 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 Analisa pembebanan struktur kuda-kuda

Sebuah struktur kuda-kuda menjalankan fungsinya yaitu menahan suatu beban dari luar dan juga menahan beban struktur itu sendiri akibat pengaruh gravitasi. Berikut ini penjabaran pembebanan yang berlaku pada struktur kuda-kuda sesuai dengan peraturan yang berlaku;

#### 1. Beban mati

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja secara vertical pada struktur kuda-kuda. Berikut ini adalah beban minimal dari komponen-komponen konstruksi atap yang harus dipenuhi, menurut PPIUG 1983 pasal 2.2 sebagai berikut:

- 1) Berat baja  $7.850 \text{ kg/m}^3$
- 2) Penutup atap genting dengan reng dan usuk per  $\text{m}^2$  bidang atap  $50 \text{ kg/m}^2$
- 3) Penutup atap sirap dengan reng dan usuk per  $\text{m}^2$  bidang atap  $40 \text{ kg/m}^2$
- 4) Penutup atap seng gelombang per  $\text{m}^2$  bidang atap  $10 \text{ kg/m}^2$
- 5) Penutup atap semen asbes gelombang per  $\text{m}^2$  bidang atap  $11 \text{ kg/m}^2$
- 6) Plafon dan penggantung adalah  $20 \text{ kg/m}^2$

#### 2. Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang bekerja secara vertikal pada struktur kuda-kuda. Berikut ini adalah beban minimal dari komponen-komponen konstruksi atap yang harus dipenuhi, menurut PPIUG 1983 pasal 3.2 sebagai berikut:

- 1) Beban hidup pada atap atau bagian atap setara pada struktur tudung (canopy) yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimum sebesar 100 kg/m<sup>2</sup> bidang datar, menurut PPIUG 1983 pasal 3.2.
- 2) Beban hidup pada atap atau bagian atap yang tidak dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil yang paling menentukan diantara 2 macam beban menurut PPIUG 1983 pasal 3.2 sebagai berikut:
  - A. Beban terbagi rata per m<sup>2</sup> bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar (40 - 0,8 α) kg/m<sup>2</sup>, dimana α adalah kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m<sup>2</sup> dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya lebih besar dari 50 °
  - B. Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg
  - C. Pada balok tepi atau gording tepi dari atap yang tidak cukup ditunjang oleh dinding atau penunjang lainnya pada kantilever harus ditinjau kemungkinan adanya beban hidup terpusat sebesar minimum 200 kg
3. Beban angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya angin tekan dan angin hisap yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya beban akibat angin dinyatakan dalam kg/m<sup>2</sup>. PPIUG 1983 pasal 4.2 antara lain:

- 1) Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m<sup>2</sup>.
- 2) Tekanan tiup dilaut dan ditepi laut sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m<sup>2</sup>.
- 3) Untuk daerah-daerah di dekat laut dan daerah-daerah lain tertentu, dimana terdapat kecepatan-kecepatan angin yang mungkin menghasilkan tekanan tiup yang besar daripada yang ditentukan dalam ketentuan poin 1 dan 2, maka tekanan tiup ( $p$ ) dapat dihitung dengan persamaan 2.2

$$p = \frac{v^2}{16} \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (2.2)$$

dengan,

$p$  : Tekanan tiup

$v$  : Kecepatan angin dalam m/detik, yang harus ditentukan oleh instansi yang berwenang

### 2.2.2 Kombinasi pembebanan

Berdasarkan beban-beban tersebut diatas, maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan sesuai persamaan 2.3 sampai persamaan 2.8 di bawah ini:

$$1,4D \quad (2.3)$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5 (La \text{ atau } H) \quad (2.4)$$

$$1,2D + 1,6 (La \text{ atau } H) + (\gamma L L \text{ atau } 0,8W) \quad (2.5)$$

$$1,2D + 1,3W + \gamma L L + 0,5 (La \text{ atau } H) \quad (2.6)$$

$$1,2D \pm 1,0E + \gamma L L \quad (2.7)$$

$$0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E) \quad (2.8)$$

dengan,

- $D$  : Beban mati  
 $L$  : Beban hidup  
 $La$  : Beban pekerja  
 $H$  : Beban hujan  
 $W$  : Beban angin  
 $E$  : Beban gempa

### 2.2.3 Penempatan beban pada struktur kuda-kuda

#### 1. Beban mati

- 1) Berat sendiri struktur kuda-kuda, muatan ini dianggap bekerja pada tiap-tiap titik buhul (bagian atas atau, bawah).
- 2) Berat akibat penutup atap dan gording dianggap bekerja pada titik buhul bagian atas
- 3) Berat plafond + penggantung dianggap bekerja pada titik buhul bagian bawah

#### 2. Beban hidup

- 1) Beban terpusat berasal dari seorang pekerja dengan peralatan sebesar minimum 100 kg
- 2) Beban air hujan sebesar  $(40 (0,8 \times \acute{\alpha}))$  kg/m

#### 3. 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  $\alpha < 65^\circ$ .

#### 2.2.4 Perencanaan elemen struktur

##### 1. Komponen struktur untuk tarik aksial

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 IWF, H, I, ataupun boks dari susunan profil tunggal. Secara umum pemakaian profil tunggal akan lebih ekonomis, namun penampang tersusun diperlukan bila kapasitas tarik profil tunggal tidak memenuhi, kekakuan profil tunggal tidak memadai karena kelangsingannya, pengaruh gabungan dari lenturan dan tarikan membutuhkan kekakuan lateral yang lebih besar, dan 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 penampang *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.

Menurut SNI 1729-2015, kekuatan tarik desain  $\phi_t P_n$  dan kekuatan tarik tersedia  $P_n \Omega_t$  ditentukan dengan persamaan 2.9

$$P_u \leq \phi_t P_n \quad (2.9)$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 1,67 \text{ (DKI)}$$

dengan,

$\phi_t$  : Faktor ketahanan untuk tarik

$\Omega_t$  : Faktor keamanan untuk tarik

$P_u$  : Kekuatan aksial tekan yang diperlukan, kips (N)

$P_n$  : Kekuatan tekan nominal, in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

DFBK : Desain kekuatan berdasarkan desain faktor beban dan ketahanan

DKI : Desain kekuatan berdasarkan desain kekuatan izin

Kekuatan tarik desain  $\phi_t P_n$  dan kekuatan tarik tersedia  $P_n \Omega_t$  dari komponen struktur tarik, harus nilai yang terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang *bruto* dan keruntuhan tarik pada penampang *netto*.

1) Untuk leleh tarik pada penampang *bruto* dapat dilihat pada persamaan 2.10

$$P_n = F_y A_g \quad (2.10)$$

$$\phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 1,67 \text{ (DKI)}$$

dengan,

$\phi_t$  : Faktor ketahanan untuk tarik

$\Omega_t$  : Faktor keamanan untuk tarik

- $P_n$  : Kekuatan tekan nominal, in. <sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)  
 $A_e$  : luas *netto* efektif, in. <sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)  
 $A_g$  : Luas *bruto* dari komponen struktur, in. <sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)  
 $F_y$  : Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)  
 $F_u$  : Kuat tarik minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)  
DFBK : Desain kekuatan berdasarkan desain faktor beban dan ketahanan  
DKI : Desain kekuatan berdasarkan desain kekuatan izin

2) Untuk leleh tarik pada penampang *netto* dapat dilihat pada persamaan 2.11

$$P_n = F_u A_e \quad (2.11)$$

$$\phi_t = 0,75 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_t = 2,0 \text{ (DKI)}$$

dengan,

- $\phi_t$  : Faktor ketahanan untuk tarik  
 $\Omega_t$  : Faktor keamanan untuk tarik  
 $A_e$  : Luas *netto* efektif, in. <sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)  
 $A_g$  : Luas *bruto* dari komponen struktur, in. <sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)  
 $F_y$  : Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)  
 $F_u$  : Kuat tarik minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)  
DFBK : Desain kekuatan berdasarkan desain faktor beban dan ketahanan  
DKI : Desain kekuatan berdasarkan desain kekuatan izin

3) Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik dapat dilihat pada persamaan 2.12

$$A_e = A_n U \quad (2.12)$$

dengan,

- $A_e$  : luas *netto* efektif, in. <sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)  
 $A_n$  : Luas penampang *netto*, in. <sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)  
 $U$  : Faktor reduksi

## 2. Komponen struktur untuk tekan

Batang yang merupakan bagian dari suatu rangka batang, batang ini dibebani gaya tekan aksial searah panjang batangnya. Umumnya pada suatu rangka batang, batang-batang tepi atas merupakan batang tekan. Sementara kolom merupakan batang tekan tegak yang bekerja untuk menahan balok-balok loteng, balok lantai, 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 berangsurangsur, 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.

Menurut SNI 1729-2015, kekuatan tekan desain  $\phi_c P_n$  dan kekuatan tekan tersedia  $P_n \Omega_c$  ditentukan dengan persamaan 2.13

$$P_u \leq \phi_c P_n \quad (2.13)$$

$$\phi_c = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_c = 1,67 \text{ (DKI)}$$

dengan,

$\phi_c$  : Faktor ketahanan untuk tekan

$\Omega_c$  : Faktor keamanan untuk tekan

$P_u$  : Kekuatan aksial tekan yang diperlukan, kips (N)

$P_n$  : Kekuatan tekan nominal, kips (N)

DFBK : Desain kekuatan berdasarkan desain faktor beban dan ketahanan

DKI : Desain kekuatan berdasarkan desain kekuatan izin

1) Panjang efektif untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif dapat dilihat dengan persamaan 2.14

$$\frac{KL}{r} < 200 \quad (2.14)$$

dengan,

$L$  : Panjang tanpa dibreising leteral dari komponen struktur

$R$  : Radius girasi, in. (mm)

Catatan: Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif  $KL/r$ , sebaiknya tidak melebihi 200.

- 2) Kekuatan tekan nominal  $P_n$  harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur dengan persamaan 2.15

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (2.15)$$

dengan,

$P_n$  : Kekuatan tekan nominal, kips (N)

$F_{cr}$  : Tegangan kritis, ksi (MPa)

$A_g$  : Luas *bruto* dari komponen struktur, in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

- 3) Tegangan kritis  $F_{cr}$  ditentukan dengan persamaan 2.16 sampai dengan persamaan 2.18

A. Bila  $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (atau  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$ )

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] f_y \quad (2.16)$$

dengan,

$KL/r$  : kelangsingan komponen struktur

$E$ : Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$F_e$  : Tegangan tekuk elastis (MPa)

$F_{cr}$  : Tegangan kritis, ksi (MPa)

B. Bila  $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (atau  $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$ )

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (2.17)$$

dengan,

$KL/r$  : kelangsingan komponen struktur

$E$  : Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$F_e$  : Tegangan tekuk elastis (MPa)

$F_{cr}$  : Tegangan kritis, ksi (MPa)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (2.18)$$

dengan,

$KL/r$  : kelangsingan komponen struktur

$E$  : Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

$F_e$  : Tegangan tekuk elastis (MPa)

### 3. Komponen struktur untuk lentur

Berdasarkan SNI 1729-2015, tata cara perencanaan struktur untuk lentur dijelaskan sebagai sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor,  $M_u$  harus direncanakan berdasarkan persamaan 2.19

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (2.19)$$

$$\phi_b = 0,9 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_b = 1,67 \text{ (DKI)}$$

dengan,

$\phi_b$  : Faktor ketahanan untuk lentur

$\Omega_b$  : Faktor keamanan untuk lentur

$M_u$  : Kekuatan lentur perlu yang menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm)

$M_n$  : Kekuatan lentur nominal, kip-in. (N-mm)

DFBK : Desain kekuatan berdasarkan desain faktor beban dan ketahanan

DKI : Desain kekuatan berdasarkan desain kekuatan izin

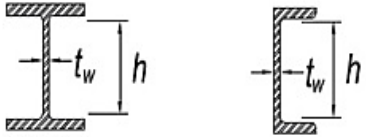
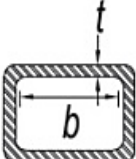
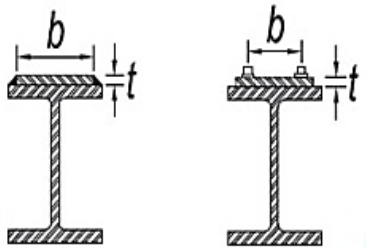
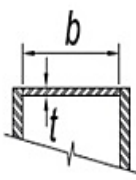
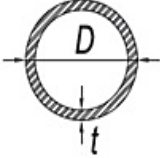
#### 1) Syarat kekompakan

Pada SNI 1729-2015, untuk kondisi lentur penampang diklasifikasikan sebagai penampang kompak, non kompak atau penampang elemen-langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dan rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya  $\lambda_p$ . Jika rasio tebal terhadap lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi  $\lambda_p$ , tetapi tidak boleh melebihi  $\lambda_r$ , penampang disebut nonkompak. Jika rasio tebal terhadap lebar dari setiap elemen tekan melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen-langsing. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.2 dan tabel 2.3

**Table 2.2** Rasio tebal terhadap lebar untuk menahan tekan aksial

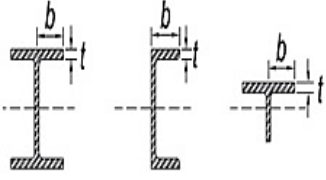
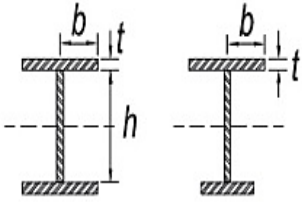
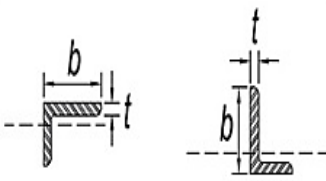
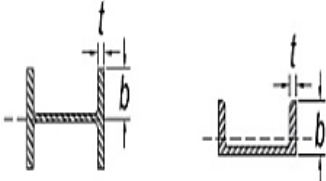
	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal-terhadap-lebar	Batasan rasio tebal-terhadap-lebar	Contoh
Elemen tanpa pengaku	1	Sayap dari Profil I canai panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I canai panas; kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap dari kanal, dan sayap dari T	$b/t$	$0,56\sqrt{E/F_y}$	
	2	Sayap dari profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	$b/t$	$0,64\sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}^{[a]}$	
	3	Kaki dari siku tunggal, kaki dari siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen tak-diperkaku lainnya	$b/t$	$0,45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	stem dari T	$b/t$	$0,75\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Lanjutan Tabel 2.2

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal-terhadap-lebar	Batasan rasio tebal-terhadap-lebar	Contoh
Elemen yang diperkaku	5	badan dari profil I simetris ganda dan kanal	$blt$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	dinding PSB persegi dan boks dari ketebalan merata	$blt$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambung atau las	$blt$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Semua elemen diperkaku lainnya	$blt$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	PSB bulat	$Dlt$	$0,11 \frac{E}{F_y}$	

Sumber: SNI 1729-2015

**Table 2.3** Rasio tebal terhadap lebar untuk menahan lentur

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio Ketebalan-terhadap-Lebar	Batasan Rasio Tebal-Lebar		Contoh
				$\lambda_p$ (kompak)	$\lambda_r$ (nonkompak)	
Elemen tanpa pengaku	10	Sayap dari profil I canai panas, kanal, dan T	$blt$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	sayap dari profil tersusun bentuk I simetris ganda dan tunggal	$blt$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$ [a] [b]	
	12	kaki dari siku tunggal	$blt$	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	sayap dari semua profil I dan kanal dalam lentur pada sumbu lemah	$blt$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Badan dari T	$dlt$	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Lanjutan Tabel 2.3

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio Ketebalan-terhadap-Lebar	Batasan Rasio Tebal-Lebar		Contoh
				$\lambda_p$ (kompak)	$\lambda_r$ (nonkompak)	
Elemen yang diperkaku	15	Badan dari profil I simetris ganda dan kanal	$h/t_w$	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	Badan dari profil I simetris tunggal	$k_c t_w$	$\frac{h_c \sqrt{\frac{E}{F_y}}}{h_p \sqrt{\frac{E}{F_y}}}$ [c] $\left( 0,54 \frac{M_p}{M_y} - 0,0 \right)$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	Sayap dari PSB persegi dan boks ketebalan merata	$b/t$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambun g atau las	$b/t$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Badan dari PSB persegi dan boks	$h/t$	$2,42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	PSB bulat	$D/t$	$0,07 \frac{E}{F_y}$	$0,31 \frac{E}{F_y}$	

<sup>[a]</sup>  $k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ , tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 maupun lebih besar dari 0,76 untuk tujuan perhitungan.

<sup>[b]</sup>  $F_L = 0,7F_y$  untuk lentur sumbu major dari badan kompak dan nonkompak komponen struktur profil I tersusun  $S_{xt}/S_{xc} \geq 0,7$ ;  $F_L = F_y S_{xt}/S_{xc} \geq 0,5F_y$  untuk lentur sumbu major dari badan kompak dan nonkompak komponen struktur profil I tersusun dengan  $S_{xt}/S_{xc} < 0,7$ .

<sup>[c]</sup>  $M_y$  = momen pada leleh serat terluar.  $M_p$  = momen lentur plastis, kip-in. (N-mm)

$E$  = modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

Sumber: SNI 1729-2015

## 2) Kelangsingan penampang

Kelangsingan penampang dari komponen struktur yang mengalami lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya.

### A. Penampang kompak

Untuk penampang-penampang yang memenuhi  $\lambda \leq \lambda_p$  kuat lentur nominal penampang dapat dilihat pada persamaan 2.20

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (2.20)$$

dengan,

$M_n$  : Kekuatan lentur nominal, kip-in. (N-mm)

$M_p$  : Momen lentur plastis, kip-in (N-mm)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$Z_x$  : Modulus penampang plastis pada sumbu  $x$ , in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

### B. Penampang non kompak

Untuk penampang yang memenuhi  $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$  kuat lentur nominal penampang dapat dilihat pada persamaan 2.22

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,75F_y Z_x) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq M_p \quad (2.21)$$

dengan,

$M_n$  : Kekuatan lentur nominal, kip-in. (N-mm)

$C_b$  : Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak merata

$M_p$  : Momen lentur plastis, kip-in (N-mm)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$Z_x$  : Modulus penampang plastis pada sumbu  $x$ , in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$\lambda$  : Parameter kelangsingan

$\lambda_p$  : Parameter batas kelangsingan untuk elemen kompak

$\lambda_r$  : Parameter batas kelangsingan untuk elemen nonkompak

### C. Penampang langsing

Untuk pelat sayap yang memenuhi  $\lambda_r \leq \lambda$  kuat lentur nominal penampang dapat dilihat pada persamaan 2.23 sampai dengan persamaan 2.24

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (2.22)$$



dengan,

$M_n$  : Kekuatan lentur nominal, kip-in. (N-mm)

$M_p$  : Momen lentur plastis, kip-in (N-mm)

$F_{cr}$  : Tegangan kritis, ksi (MPa)

$S_x$  : Modulus penampang elastis pada sumbu  $x$ , in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

dengan,

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{\lambda}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{JC}{S_x h_o} \left(\frac{\lambda}{r_{ts}}\right)^2} \quad (2.23)$$

dengan,

$F_{cr}$  : Tegangan kritis, ksi (MPa)

$E$  : Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

$C_b$  : Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak merata

$\lambda$  : Parameter kelangsingan

$C$  : Konstanta torsi PSB

$J$  : Konstanta torsi, in.<sup>4</sup> (mm<sup>4</sup>)

$h_o$  : Jarak antara titik-titik berat sayap, in. (mm)

$S_x$  : Modulus penampang elastis pada sumbu  $x$ , in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$r_{ts}$  : Radius girasi efektif, in. (mm)

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1ht_w}{6b_f t_f}\right)}} \quad (2.24)$$

dengan,

$r_{ts}$  : Radius girasi efektif, in. (mm)

$b_f$  : Lebar sayap, in. (mm)

$h$  : Jarak bersih antara sayap dikurangi sudut atau radius sudut profil canai panas, (mm)

$t_w$  : Tebal badan, in. (mm)

$t_f$  : Tebal sayap yang dibebani, in. (mm)

### 3) Kuat lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral

Faktor pengali momen  $C_b$  ditentukan berdasarkan persamaan 2.25

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks}+3M_A+4M_B+3M_C} \quad (2.25)$$

dengan,

$M_{maks}$  : nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, kip-in.  
(Nmm)

$M_A$  : nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising,  
kip-in.(N-mm)

$M_B$  : nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, kip-in.(N-mm)

$M_C$  : nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat segmen tanpa dibreising,  
kip-in.(N-mm)

#### 4. Komponen struktur untuk geser

Pelat badan yang memikul gaya geser  $V_u$  harus memenuhi persamaan 2.26

$$V_u \leq \phi V_n \quad (2.26)$$

dengan,

$V_u$  : Kekuatan geser perlu (N)

$V_n$  : Kekuatan geser nominal, kips (N)

$\phi$  : Faktor reduksi

Untuk kekuatan geser nominal  $V_n$ , dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser dapat dihitung dengan persamaan 2.27

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \quad (2.27)$$

dengan,

$V_n$  : Kekuatan geser nominal, kips (N)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$A_w$  : Luas badan, tinggi keseluruhan dikalikan tebal badan,  $dt_w$ , in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

$C_v$  : Konstanta pembengkokan, in.<sup>6</sup> (mm<sup>6</sup>)

Untuk badan dari semua profil simetris ganda dan simetris tunggal serta kanal lainnya, kecuali PSB bundar, koefisien geser badan ( $C_v$ ) ditentukan dengan persamaan 2.28 sampai dengan persamaan 2.34

- 1) Leleh pada pelat badan  $\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}$

dengan,

$h$  : Tinggi elemen geser, in. (mm)

$t_w$  : Tebal badan, in. (mm)

$k_v$  : Koefisien tekuk geser pelat badan

$E$  : Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$$C_v = 1,0 \quad (2.28)$$

dengan,

$C_v$  : Koefisien geser badan

$$V_n = 0,6F_yA_w \quad (2.29)$$

dengan,

$V_n$  : Kekuatan geser nominal, kips (N)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$A_w$  : Luas badan, tinggi keseluruhan dikalikan tebal badan,  $dt_w$ , in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

2) Tekuk inelastik pada pelat badan  $1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}$

dengan,

$h$  : Tinggi elemen geser, in. (mm)

$t_w$  : Tebal badan, in. (mm)

$k_v$  : Koefisien tekuk geser pelat badan

$E$  : Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (2.30)$$

dengan,

$C_v$  : Koefisien geser badan

$h$  : Tinggi elemen geser, in. (mm)

$t_w$  : Tebal badan, in. (mm)

$k_v$  : Koefisien tekuk geser pelat badan

$E$  : Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$$V_n = 0,6F_y A_w \left( C_v + \frac{1-C_v}{1,15\sqrt{1+(\frac{a}{h})^2}} \right) \quad (2.31)$$

dengan,

$V_n$  : Kekuatan geser nominal, kips (N)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$A_w$  : Luas badan, tinggi keseluruhan dikalikan tebal badan,  $dt_w$ , in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

$C_v$  : Koefisien geser badan

$a$  : jarak bersih antara pengaku transversal, in. (mm)

$h$  : Tinggi elemen geser, in. (mm)

- 3) Tekuk elastik pada pelat badan  $\frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}$

dengan,

$h$  : Tinggi elemen geser, in. (mm)

$t_w$  : Tebal badan, in. (mm)

$k_v$  : Koefisien tekuk geser pelat badan

$E$  : Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$$C_v = \frac{1,51K_v E}{(\frac{h}{t_w})^2 F_y} \quad (2.32)$$

dengan,

$C_v$  : Koefisien geser badan

$h$  : Tinggi elemen geser, in. (mm)

$t_w$  : Tebal badan, in. (mm)

$k_v$  : Koefisien tekuk geser pelat badan

$E$  : Modulus elastisitas baja = 29 000 ksi (200 000 Mpa)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$$V_n = 0,6F_y A_w \left( C_v + \frac{1-C_v}{1,15\sqrt{1+(\frac{a}{h})^2}} \right) \quad (2.34)$$

dengan,

$V_n$  : Kekuatan geser nominal, kips (N)

$F_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

$A_w$  : Luas badan, tinggi keseluruhan dikalikan tebal badan,  $dt_w$ , in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

$C_v$  : Koefisien geser badan

$a$  : jarak bersih antara pengaku transversal, in. (mm)

$h$  : Tinggi elemen geser, in. (mm)

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (2.34)$$

dengan,

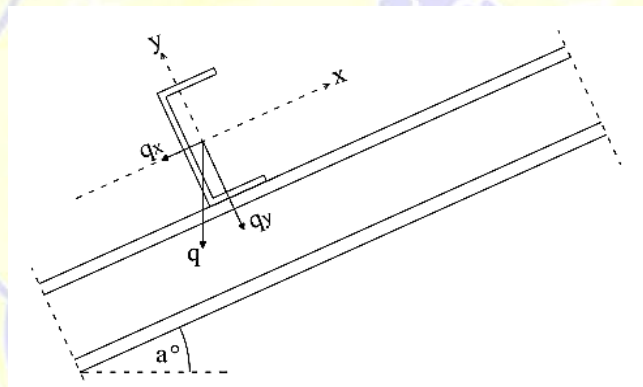
$K_v$  : Koefisien tekuk geser pelat badan

$a$  : jarak bersih antara pengaku transversal, in. (mm)

$h$  : Tinggi elemen geser, in. (mm)

### 2.2.5 Perencanaan gording

Adapun arah-arah gaya yang bekerja pada pembebanan gording dapat dilihat sepereti pada gambar 2.5 dibawah ini,



**Gambar 2.5** 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 2.35 sampai persamaan 2.42 seperti dibawah ini:

1. Beban terbagi merata  $q$  diuraikan menjadi:

$$q_x = q \cdot \sin \alpha \quad (2.35)$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_x \cdot l^2 \quad (2.36)$$

$$q_y = q \cdot \cos \alpha \quad (2.37)$$

$$M_x = 1/8 \cdot q_y \cdot l^2 \quad (2.38)$$

2. Beban terpusat  $P$  diuraikan menjadi

$$P_x = q \cdot \sin \alpha \quad (2.39)$$

$$M_y = 1/4 \cdot P_x \cdot l \quad (2.40)$$

$$P_y = q \cdot \cos \alpha \quad (2.41)$$

$$M_x = 1/4 \cdot P_y \cdot l \quad (2.42)$$

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 ( $\alpha$ ), 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, meliputi:

$$\text{Beban angin tekan} = \text{Koef} \times qW \times \text{jarak gording}$$

$$\text{Beban angin hisap} = \text{Koef} \times qW \times \text{jarak gording}$$

dengan,

$$\text{Koefisien tekan (+)} = ((0,2 \cdot \alpha) - 0,4) \quad (2.43)$$

$$\text{Koefisien tekan (+)} = 0,4 \quad (2.44)$$

- 4) Perhitungan momen dilakukan dengan beberapa kombinasi dengan dua arah yang berbeda sesuai persamaan 2.45 sampai persamaan 2.54 dibawah ini:

Arah X

$$M_x \text{ komb. 1} = MD_x + MP_x \quad (2.45)$$

$$M_x \text{ komb. 2} = MD_x + MP_x + MW_{xt} \quad (2.46)$$

$$M_x \text{ komb. 3} = MD_x + MP_x + MW_{xh} \quad (2.47)$$

$$M_x \text{ komb. 4} = MD_x + MR_x + MW_{xt} \quad (2.48)$$

$$M_x \text{ komb. 5} = MD_x + MR_x + MW_{xh} \quad (2.49)$$

Arah Y

$$M_y \text{ komb. 1} = MD_y + MP_y \quad (2.50)$$

$$M_y \text{ komb. 2} = MD_y + MP_y + MW_{yt} \quad (2.51)$$

$$M_y \text{ komb. 3} = MD_y + MP_y + M_{wyh} \quad (2.52)$$

$$M_y \text{ komb. 4} = MD_y + MR_y + MW_{yt} \quad (2.53)$$

$$M_y \text{ komb. 5} = MD_y + MR_y + M_{wyh} \quad (2.54)$$

Dari kombinasi tersebut diambil nilai momen yang maksimum.

5) Kontrol terhadap tegangan

Tegangan yang terjadi ( $\sigma$ ) harus lebih kecil dari tegangan arah y ( $\sigma_y$ ), dapat dihitung menggunakan persamaan 2.55 dibawah ini:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_y \quad (2.55)$$

dengan,

$f$  : lendutan yang terjadi

$M_x$  : momen arah x

$M_y$  : momen arah y

$W_x$  : momen arah x

$W_y$  : momen arah x

$\sigma_y$  : tegangan arah y

6) Kontrol terhadap lendutan

Lendutan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan lendutan ijin, kontrol terhadap lendutan dapat di tentukan dengan persamaan 2.56 sampai 2.61 dibawah ini:

$$f \leq f_{ijin}$$

$$f_{ijin} = 1/240 \times L \quad (2.56)$$

$$q_x = qD_x + qW_x \quad (2.57)$$

$$q_y = qD_y + qW_y \quad (2.58)$$

$$f_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot L^4}{384 \cdot El_x} + \frac{P_x \cdot L^4}{48 \cdot El_x} \quad \text{untuk arah x} \quad (2.59)$$

$$f_y = \frac{5 \cdot q_y \cdot L^4}{384 \cdot El_y} + \frac{P_y \cdot L^4}{48 \cdot El_y} \quad \text{untuk arah y} \quad (2.60)$$

$$f = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} \quad (2.61)$$

dengan,

$M$  : momen

$D$  : beban mati

$P$  : beban terpusat

$q$  : beban merata

$f_x$  : factor tekuk arah x

$f_y$  : factor tekuk arah y

$L$  : bentang kuda-kuda

$El$  : kekakuan lentur

#### 2.2.6 Perencanaan dimensi struktur kuda-kuda

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

1. Menentukan syarat-syarat batas tumpuan panjang bentang dan dimensi profil yang akan digunakan
2. Melakukan analisa pembebanan, pembebanan yang dilakukan pada struktur rangka kuda-kuda sama dengan beban yang diterima pada saat perencanaan gording, hanya ada penambahan pada berat sendiri konstruksi rangka kuda-kuda, sedangkan kombinasi beban yang diberikan pada analisis struktur kuda-kuda sesuai persamaan 2.62 dan persamaan 2.63 dibawah ini:

Kombinasi I: Beban Mati + Beban Hidup

Kombinasi II: Beban Mati + Beban Hidup + Beban Angin

$$w = 1,2 D + 1,6 L \quad (2.62)$$

$$w = 1,2 D + 0,5 L \pm 1,3 W \quad (2.63)$$

dengan,

$D$  : Beban mati

$L$  : Beban hidup (akibat pekerja dan air hujan)

$W$  : Beban angin

$w$  : Beban *ultimate*

3. Melakukan pengecekan kekuatan pada profil majemuk

Profil majemuk ialah gabungan dari 2 profil atau lebih yang dapat di hitung menggunakan persamaan 2.64 dibawah ini:

$$A_g = 2 \times A \quad (2.64)$$

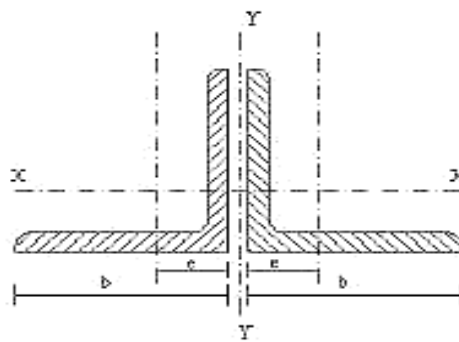


dengan,

$A$  : Luas penampang tunggal

$A_g$  : Luas penampang bruto

Adapun profil majemuk yang penulis gunakan ialah profil *double angle* seperti pada gambar 2.6 dibawah ini:



**Gambar 2.6** Penampang profil siku 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.

4. Melakukan pengecekan terhadap batang tarik

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor  $N_u$  harus memenuhi syarat sesuai dengan persamaan 2.65 dibawah ini:

$$N_u \leq \phi N_n \quad (2.65)$$

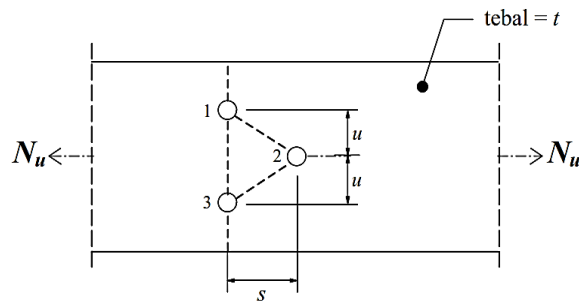
dengan,

$N_u$  : gaya aksial (tarik atau tekan) terfaktor,  $N$

$N_n$  : kuat nominal penampang,  $N$

$\phi$  : factor reduksi kekuatan

Adapun batang yang mengalami gaya tarik hanya disalurkan oleh baut seperti pada gambar 2.7 Dibawah ini:



**Gambar 2.7** Batang yang mengalami gaya tarik  
(Sumber: SNI 1729-2002)

Untuk menentukan tata letak baut sesuai dengan persamaan 2.66 dan 2.67 seperti dibawah ini: (SNI 1729-2002)

$$A = A_{nt}$$

$$\text{Potongan 1-3} : A_{nt} = A_g - n.d.t \quad (2.66)$$

$$\text{Potongan 1-2-3} : A_{nt} = A_g - n.d.t + \sum \frac{s^2 t}{4u} \quad (2.67)$$

dengan,

$A_g$  : Luas penampang bruto,  $\text{mm}^2$

$t$  : Tebal penampang, mm

$d$  : diameter lubang, mm

$n$  : Banyaknya lubang dalam garis potongan

$s$  : jarak antar sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur, mm

$u$  : jarak antara sumbu lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur

#### 5. Penampang efektif

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan menggunakan persamaan 2.68 sebagai berikut: (SNI 1729-2002)

$$A_e = A.U \quad (2.68)$$

dengan,

$A_e$  : Luas penampang efektif

$A$  : Luas penampang batang tunggal

$U$  : faktor reduksi

#### 6. Melakukan pengecekan terhadap batang tekan

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai  $\lambda_r$ , daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung

menggunakan persamaan 2.69 sampai dengan persamaan 2.72 seperti dibawah ini:

(SNI 1729-2002)

$$N_n = A_g \times f_{cr} = A_g = \frac{fy}{\omega} \quad (2.69)$$

$$\text{untuk } (\lambda_c \leq 0.25) \quad \text{maka, } \omega = 1 \quad (2.70)$$

$$\text{untuk } (0.25 \leq \lambda_c \leq 1.2) \quad \text{maka, } \omega = \frac{1.43}{1.6-0.67\lambda_c} \quad (2.71)$$

$$\text{untuk } (\lambda_c \leq 1.2) \quad \text{maka, } \omega = 1.25\lambda_c^2 \quad (2.72)$$

dengan,

$A_g$  : Luas penampang bruto, mm<sup>2</sup>

$\omega$  : Faktor tekuk

$\lambda_c$  : Parameter kelangsingan batang tekan

$f_y$  : Tegangan leleh baja (MPa)

Untuk mengetahui kestabilan batang majemuk dilakukan dengan syarat sesuai dengan persamaan 2.73 sampai persamaan 2.75 seperti dibawah ini: (SNI 1729-2002)

$\lambda_{iy} < \lambda_x$  (tekuk terjadi pada sumbu x)

$\lambda_{iy} < \lambda_y$  (tekuk terjadi pada sumbu y)

$$\lambda_x \geq 1.2 \lambda_l \quad (2.73)$$

$$\lambda_{iy} \geq 1.2 \lambda_l \quad (2.74)$$

dan,

$$\lambda_l \leq 50 \quad (2.75)$$

dengan,

$\lambda_{iy}$  : Kelangsingan ideal

$\lambda_x$  : Kelangsingan arah sumbu x bebas bahan

$\lambda_y$  : Kelangsingan arah sumbu y bebas bahan

Menurut SNI 1729-2002 menentukan estimasi jarak kopel minimum dengan persamaan 2.76 sampai persamaan 2.78 seperti dibawah ini:

$$\frac{kLi}{i \min} = 0.75 \frac{kLk}{ix} \quad (2.76)$$

$$\frac{Li}{i \min} = 0.75 \frac{Lk}{ix} \quad (2.77)$$

$$Li = \frac{Lk}{\text{jumlah bentang}} \quad (2.78)$$

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 SNI 1729-2002) dibawah ini:

Untuk kelangsingan pada arah tegak lurus sumbu  $x-x$  dihitung dengan persamaan

2.79

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{r_x} \quad (2.79)$$

dengan,

$L_{kx}$  : panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu  $x-x$ , dengan memperhatikan pengekang lateral yang ada, dan kondisi jepitan ujung-ujung komponen struktur, mm

$r_x$  : jari-jari girasi komponen struktur tersusun terhadap sumbu  $x-x$ , mm

Pada arah tegak lurus sumbu bebas bahan  $y-y$ , harus dihitung kelangsingan ideal  $\lambda_{iy}$  dengan persamaan 2.80 sampai 2.82 seperti dibawah ini:

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_l^2} \quad (2.80)$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{r_y} \quad (2.81)$$

$$\lambda_l = \frac{L_l}{r_{min}} \quad (2.82)$$

dengan,

$m$  : Konstanta

$L_{ky}$  : Panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu  $y-y$ , dengan memperhatikan pengekang leteral yang ada dan kondisi jepit ujung-ujung struktur, mm

$r_x$  : Jari-jari girasi komponen struktur tersusun terhadap sumbu  $x-x$ , mm

$L_l$  : spasi antar pelat kopel pada arah komponen struktur tekan, mm

$r_{min}$  : Jari-jari girasi elemen komponen struktur terhadap sumbu yang memberikan nilai yang terkecil (sumbu  $l-l$ ), mm

Menentukan daya dukung nominal tekan, cek apakah perbandingan lebar terhadap tebal penampang lebih (kelangsingan plat) kecil dari  $\lambda_r$  sesuai dengan persamaan 2.83 dan persamaan 2.84 SNI 1729-2002 seperti dibawah ini:

$$\lambda_f = \frac{b}{t} \quad (2.83)$$

$$\lambda_r = \frac{200}{\sqrt{f_y}} \quad (2.84)$$

dengan,

$b$  : Lebar profil siku

$t$  : Tebal plat

$\lambda_f$  : Kelangsingan plat

$\lambda_r$  : Kuat lentur nominal

### 2.2.7 Perencanaan sambungan baut

Menurut Setiawan (2008), setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang selain las yaitu baut terutama baut mutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keling, seperti jumlah tenaga kerja yang sedikit, kemampuan menerima gaya yang lebih besar, dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya konstruksi.

Suatu baut yang memikul beban terfaktor  $R_u$  sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi persamaan 2.85 seperti dibawah ini:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2.85)$$

dengan,

$R_u$  : Beban terfaktor

$R_n$  : Tahanan nominal baut

$\phi$  : Faktor reduksi yang diambil sebesar 0,75

#### 1. Tahanan geser baut

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser harus memenuhi persamaan 2.86 seperti dibawah ini:

$$R_n = m r_l f_u^b A_b \quad (2.86)$$

dengan,

$R_n$  : Tahanan nominal baut

$m$  : Jumlah bidang geser

$r_l$  : 0,5 untuk baut tanpa ulir

$r_l$  : 0,4 untuk baut dengan ulir

$f_u^b$  : Kuat tarik baut

$A_b$  : Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

## 2. Tahanan tarik baut

Baut yang memikul gaya tarik tahanan nominalnya dihitung berdasarkan persamaan 2.87 seperti dibawah ini:

$$R_n = 0,75 f_u^b A_b \quad (2.87)$$

dengan,

$R_n$  : Tahanan nominal baut

$f_u^b$  : Kuat tarik baut

$A_b$  : Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

## 3. Tahanan tumpu baut

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung, dapat dihitung dengan persamaan 2.88 seperti dibawah ini:

$$R_n = 2,4 d_b t_p f_u \quad (2.88)$$

dengan,

$d_b$  : Diameter baut pada daerah tak berulir

$t_p$  : Tebal pelat

$f_u$  : Kuat tarik putus terendah dari baut atau pelat

## 4. Jumlah baut

Perhitungan jumlah baut berdasarkan persamaan 2.89 seperti dibawah ini:

$$n = \frac{Vu}{\phi R_n} \quad (2.89)$$

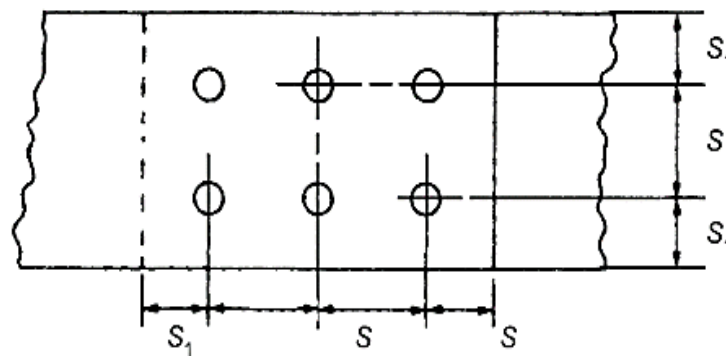
dengan,

$n$  : Jumlah baut

$Vu$  : Gaya geser

$\phi R_n$  : Tahanan tumpu pada bagian web balok

Jarak antar pusat lubang baut harus diambil tidak kurang dari 3 kali diameter nominal baut, dan jarak anatar baut tepi dengan ujung pelat harus sekurang-kurangnya 1,5 diameter nominal baut. Dan jarak maksimum antar pusat lubang baut tak boleh melebihi  $15 t_p$  (dimana  $t_p$  adalah tebal pelat lapis tertipis pada sambungan) atau 200 mm, sedangkan jarak tepi maksimum harus tidak melebihi  $(4t_p+100 \text{ mm})$  atau 200 mm. Untuk lebih jelasnya tata letak baut dapat dilihat pada gambar 2.8



**Gambar 2.8** Tata letak baut  
(Sumber: Setiawan, 2008)

### 2.2.8 Plat landas (*base plate*)

Menurut Dewobroto, (2016), *base plat* yang biasa, umumnya terdiri dari pelat landasan dan baut angkur. Adapun pelat landasan tersambung ke kolom baja dengan las. Agar terjadi kontak merata antara pelat landasan dan struktur beton pondasi, diberi jarak dan diisi semen grout tipe tidak susut (*non shrink grout*). Secara teoritis bisa saja baut angkur tidak diperlukan, tetapi dalam pelaksanaan harus dipasang. Minimal dua buah, untukantisipasi momen tidak terduga selama masa konstruksi. Fungsi baut angkur bisa untuk leveling dan yang pasti adalah untuk menahan gaya geser.

Didalam perencanaan pelat landasan (*base plate*) harus diperhitungkan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan serta dimensi pelat dasar diantaranya eksentrisitas beban, tegangan tumpu nominal beton, panjang bidang tekan beton dan lain sebagainya. Untuk perhitungan pada dimensi *base plate* dapat dilihat pada persamaan 2.90

#### 1. Dimensi *base plate*

$$A l = B . N \quad (2.90)$$

dengan,

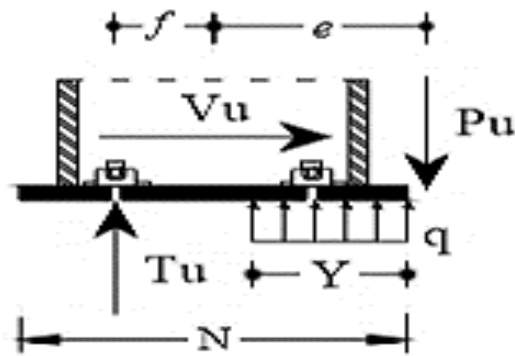
$A_l$  : Luas permukaan *base plate*

$B$  : Lebar *base plate*

$N$  : Panjang *base plate*

2. Perhitungan eksentrisitas

*Base plate* dengan eksentrisitas beban dapat dilihat pada gambar 2.9



**Gambar 2.9** *Base plate* dengan eksentrisitas beban

(Sumber: Dewobroto, 2016)

Untuk perhitungan eksentrisitas dapat dilihat pada persamaan 2.91

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (2.91)$$

dengan,

$e$  : Jarak Eksentrisitas

$M_u$  : Momen yang terjadi

$P_u$  : Gaya tekan yang terjadi

3. Perhitungan tegangan tumpu pada beton dapat dilihat pada persamaan 2.92 sampai dengan persamaan 2.94

$$q = \phi c 0,85 f' c B \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.92)$$

$$Y = \left( f + \frac{N}{2} \right) \pm \sqrt{\left( -\left( f + \frac{N}{2} \right) \right)^2 - \frac{2P_u(f+e)}{q}} \quad (2.93)$$

$$T_u = q Y - P_u \quad (2.94)$$

dengan,

$\phi c$  : Faktor reduksi 0,65



- $f'c$  : Kuat tekan beton  
 $B$  : Lebar base plate  
 $T_u$  : Gaya tarik pada angkur  
 $q$  : Gaya merata pada plat  
 $A1$  : Luas base plate  
 $A2$  : Luas maksimum base plate yang menahan beban konsentrik

#### 4. Perhitungan angkur

Angkur yang direncanakan untuk memikul gaya geser dan tarik

- 1) Kontrol geser dapat dilihat pada persamaan 2.95

$$V_{ub} \leq \phi f_{nv} \cdot A_b \quad (2.95)$$

- 2) Kontrol tarik dapat dilihat pada persamaan 2.96

$$T_{ub} \leq \phi f_{nt} \cdot A_b \quad (2.96)$$

dengan,

$V_{ub}$  : Gaya geser yang terjadi

$\phi$  : Faktor reduksi 0,75

$f_{nv}$  : Tegangan geser

$T_{ub}$  : Gaya tarik yang terjadi

$f_{nt}$  : Tegangan tarik nominal

$A_b$  : Luas tubuh angkur

#### 5. Tebal base plate

Untuk perhitungan tebal base plate dapat dilihat pada persamaan 2.97 sampai dengan persamaan 2.101

$$m = \frac{(N - 0,95 d)}{2} \quad (2.97)$$

$$n = \frac{(B - 0,8 b_f)}{2} \quad (2.98)$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} \quad (2.99)$$

$$f = \frac{N}{2} - \text{Jarak as angkur dengan sisi terluar plat} \quad (2.100)$$

maka,

$$t_p = 2,11 \sqrt{\frac{P_u m - \left(\frac{Y}{2}\right)}{B f_y}} \quad (2.101)$$

dengan,

$tp$  : Tebal base plate

$f_y$  : Tegangan leleh baja

$B$  : Lebar base plate

$d$  : Diameter angkur baut

#### 6. Kontrol terhadap momen

Kontrol terhadap momen dapat dilihat pada persamaan 2.102 sampai dengan persamaan 2.104

$$Mn \geq Mpl \quad (2.102)$$

$$Mpl = \frac{T_u x}{B} \quad (2.103)$$

$$Mn = Mp = \frac{tp^2}{4} f_y \quad (2.104)$$

dengan,

$Mn$  : Momen nominal pada base plate

$Mpl$  : Momen lentur terfaktor pada base plate

### 2.2.9 SAP2000 (*Structural Analysis Program*)

#### 1. Sejarah dan perkembangan SAP2000

SAP2000 dikembangkan berdasarkan program SAP<sup>1</sup>, suatu program computer yang diciptakan oleh Prof. Edward L. Wilson, guru besar University of California, Berkeley, USA, sekitar tahun 1970. Versi komersil program tersebut dilansir tahun 1975 oleh perusahaan Computer and Structural Inc (CSI), yang dipimpin oleh Ashraf Habibullah, yang sampai sekarang masih eksis, dan dikenal di dunia sebagai pionir dibidang *software* rekayasa struktur dan kegempaan. Sebagai *software* yang tumbuh di lingkungan perguruan tinggi, tidak heran jika *source code*-nya banyak yang mempelajari dan menjadi cikal bakal program analisa struktur serupa lainnya. Saat ini *software* CSI telah dipakai lebih dari 160 negara dan dipakai untuk perencanaan pada proyek-proyek besar. Program SAP2000 awalnya dibuat untuk main-frame. Tahun 1980 ada versi PC-nya, yaitu SAP80, dan tahun 1990 menjadi versi SAP2000, semuanya dalam system oprasi DOS. Ciri-cirinya memakai file untuk memasukkan input data. Ketika PC beralih dari DOS (teks) ke Windows (grafis), versi SAP2000 dikeluarkan. Saat ini versi PC yang terakhir adalah SAP2000 v 15. Versi ini cukup

canggih, karena dapat digunakan untuk melakukan analisa non-linier (deformasi besar, gap/ kontak), kabel, beban ledak, tahapan konstruksi. Tetapi untuk kasus-kasus sederhana (umum) misalnya level S1, antara program versi lama dan baru tidak memberi suatu perbedaan yang signifikan, bahkan cenderung persis sama (Dewobroto, 2013).

## 2. Sistem koordinat

Setiap model struktur menggunakan koordinat yang berbeda untuk menentukan joint dan arah berbeda, *displacements*, gaya dalam dan tegangan. Pengetahuan tentang sistem koordinat ini sangat penting bagi pengguna, karena untuk menentukan model dan menginterpretasikan hasil-hasil keluaran dari program, pengguna harus memahami sistem koordinat ini.

Semua sistem koordinat pada model ditentukan dengan mematuhi satu sistem koordinat *Global X-Y-Z*. Setiap bagian dari model misalnya *Joint* elemen atau *constraint*, masing-masing mempunyai sistem koordinat *local 1-2-3*. Semua sistem koordinat ditunjukkan dengan sumbu tiga dimensi, menggunakan aturan tangan kanan dan menggunakan sistem *Cartesian* (segi-empat).

*SAP2000* selalu mengasumsikan sumbu *Z* ialah sumbu vertikal dengan *Z+* mengarah ke atas. Arah ke atas digunakan sebagai bantuan untuk menentukan sistem koordinat lokal, walaupun sistem koordinat lokal itu sendiri tidak mempunyai sumbu arah vertikal (Dewobroto, 2013).

### 1) Sistem koordinat global

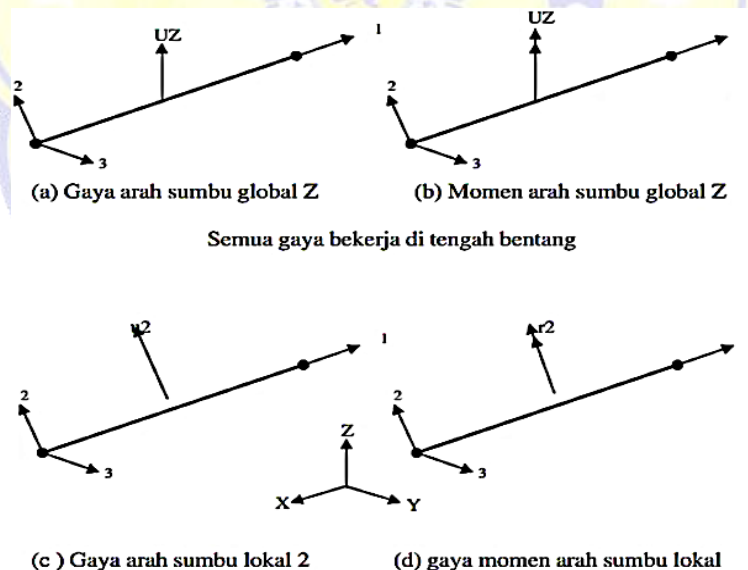
Sistem koordinat global merupakan koordinat dalam tiga dimensi, mengikuti aturan tangan kanan (*right handed*), dan merupakan koordinat *Cartesian* (segi-empat). Tiga sumbu dengan notasi *X*, *Y*, dan *Z* ialah sumbu yang saling tegak lurus sesuai dengan aturan tangan kanan. Letak dan orientasi sumbu global tersebut dapat berubah-ubah, asalkan sesuai dengan aturan tangan kanan. Lokasi pada sistem koordinat global dapat ditentukan menggunakan variable *x*, *y* dan *z*. Vektor dalam sistem koordinat global dapat ditentukan dengan memberikan lokasi dua titik, sepasang sudut atau dengan memberikan arah koordinat, arah koordinat ditunjukkan dengan nilai *X+*, *Y+*, dan *Z+*. Sebagai contoh *X+* menunjukkan vektor sejajar dan searah dengan sumbu *X* positif.

Semua sistem koordinat yang lain pada model ditentukan berdasarkan sistem koordinat global ini.

SAP2000 selalu mengasumsikan sumbu Z arahnya vertikal, dengan Z+ arah ke atas. Sistem koordinat lokal untuk joint, elemen, dan gaya percepatan tanah ditentukan berdasarkan arah ke atas tersebut. Behan berat sendiri arahnya selalu ke bawah, pada arah Z-. Bidang X-Y merupakan bidang horizontal, dengan sumbu X+ merupakan sumbu utama, Sudut pada bidang horisontal diukur dari sumbu positif X, dengan sudut positif ialah berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam (Dewobroto, 2013).

2) Sistem koordinat lokal

Pada setiap elemen frame mempunyai system koordinat lokal yang digunakan untuk menentukan potongan property, beban dan gaya gaya keluaran. Sumbu-sumbu koordinat lokal ini dinyatakan dengan simbol 1, 2 dan 3. Sumbu 1 arahnya ialah searah sumbu elemen, dua sumbu yang lain tegak lurus dengan elemen tersebut dan arahnya dapat ditentukan sendiri oleh pengguna, disajikan pada gambar 2.10 berikut.



**Gambar 2.10** Menentukan sudut putar *angle*

(Sumber: Dewobroto, 2013)

Yang perlu diketahui pengguna ialah bagaimana menentukan koordinat lokal 1-2-3 dan hubungannya dengan koordinat global X-Y-Z. Kedua sistem koordinat ini menggunakan aturan tangan kanan. Untuk koordinat

local pengguna bebas menentukan arahnya selama hal tersebut memudahkan dalam memasukan data dan menginterpretasikan hasilnya. Untuk menentukan sistem koordinat lokal elemen yang umumnya dapat menggunakan orientasi *default* dan sudut koordinat elemen *frame*, yang dapat dijelaskan sebagai berikut: (Dewobroto, 2013).

- A. Sumbu lokal 1 arahnya selalu memanjang arah sumbu elemen, arah positif ialah dari ujung i ke ujung j.
- B. Orientasi *default* sumbu lokal 2 dan 3 ditentukan oleh hubungan diantara sumbu lokal 1 dan sumbu global Z sebagai berikut:
  - a. Jika sumbu lokal 1 arahnya horizontal, maka bidang 1-2 dibuat sejajar dengan sumbu Z.
  - b. Jika sumbu lokal 1 arahnya ke atas (Z+), maka arah sumbu lokal 2 sejajar dengan sumbu global X+.
  - c. Sumbu lokal 3 arahnya selalu horizontal searah bidang X-Y.
- C. Sudut koordinat *ang* digunakan untuk menentukan orientasi elemen yang berbeda dengan orientasi *default*. Sudut ini memutar sumbu lokal 2 dan 3 terhadap sumbu 1 dari posisi orientasi *default*. Rotasi positif ialah arah berlawanan jarum jam apabila sumbu 1 menuju ke arah pengamat.

Untuk elemen vertikal sudut *ang* ialah sudut antara sumbu lokal 2 dan sumbu X+ horisontal. Dengan kata lain *ang* ialah sudut antara sumbu lokal 2 dan bidang vertikal yang dilalui sumbu lokal 1. Untuk jelasnya lihat gambar

### 3. Beban pada struktur

Beban yang bekerja pada struktur ada beberapa macam, diantaranya ialah berat sendiri struktur, beban yang bekerja pada elemen, beban yang bekerja pada join, dan beban dinamik. Untuk beban yang bekerja pada elemen struktur dapat dijelaskan sebagai berikut: (Dewobroto, 2013)

#### 1) Berat sendiri

Berat beban sendiri dapat ditentukan untuk beberapa kondisi pembebanan (*load*

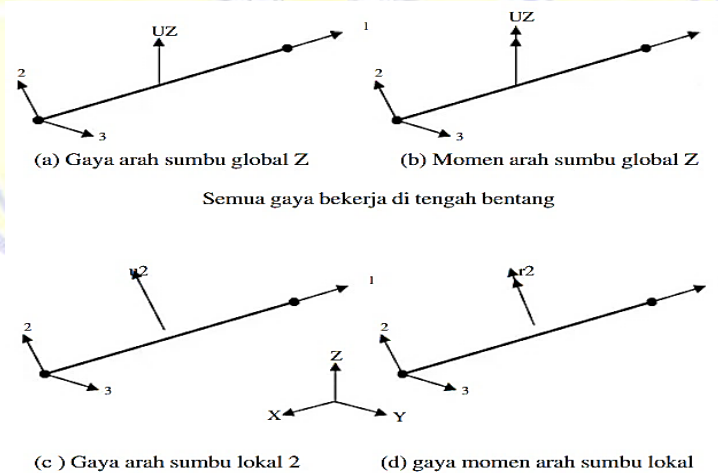
case), sehingga berat sendiri pada semua elemen struktur menjadi aktif. Pada elemen frame berat sendiri ialah gaya yang terdistribusi pada sepanjang elemen. Besarnya beban berat sendiri sama dengan berat volume  $w$  dikalikan dengan luas penampang  $a$ .

Berat sendiri arahnya selalu ke bawah, searah dengan sumbu  $-Z$ , berat sendiri ini dikalikan dengan faktor skalayang ditentukan untuk seluruh struktur.

2) Beban terpusat pada elemen

Beban terpusat pada elemen digunakan untuk menentukan gaya terpusat dan momen yang bebas dikerjakan pada sepanjang elemen. Arah beban dapat ditentukan dengan system koordinat global maupun system koordinal lokallokasi beban dapat ditentukan dengan salah satu cara dibawah ini:

- A. Dengan jarak relatif  $rd$ , yang diukur dari join  $i$ . Jarak relative ini nilainya ialah  $0 \leq rd \leq 1$ . Jarak relative ini merupakan pembagian dengan panjang elemen.
- B. Dengan jarak absolut  $d$ , yang diukur dari join  $i$ . Jarak absolut ini nilainya ialah  $0 \leq rd \leq L$ , dengan  $L$  ialah panjang elemen, disajikan pada gambar 2.11 berikut.



**Gambar 2.11** Menentukan beban terpusat elemen

(Sumber: Dewobroto, 2013)

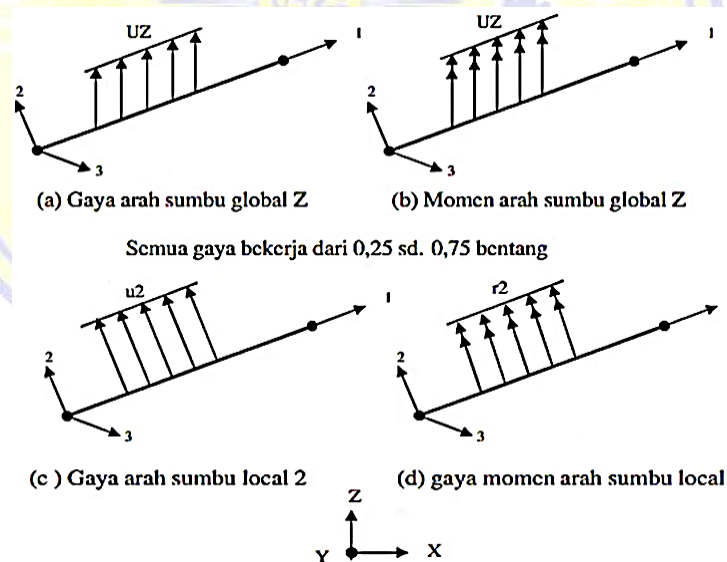
Beberapa beban terpusat dapat dikerjakan pada tiap elemen. Beban yang diberikan pada sistem koordinat global akan di transfer ke sistem koordinat lokal elemen.

3) Beban merata pada elemen

Beban merata pada elemen digunakan untuk menentukan gaya dan momen yang bekerja sepanjang elemen *frame*. Intensitas beban dapat berupa beban merata atau trapezium. Arah beban dapat ditentukan dengan sistem koordinat global maupun sistem koordinat lokal.

Beban dapat dikerjakan pada sepanjang elemen atau sebagian panjang *frame* elemen saja. Mengulang beban dapat dilakukan pada satu elemen, dengan panjang beban dapat overlap, dengan cara menambahkan beban. Panjang beban dapat ditentukan melalui salah satu cara sebagai berikut:

- A. Dengan menentukan dua jarak relatif  $rda$  dan  $rdb$ , yang diukur dari join  $i$ . kedua jarak tersebut harus  $0 \leq rda \leq rdb \leq 1$ . Jarak relatif ini merupakan pembagian dengan panjang elemen.
- B. Dengan menentukan dua jarak absolut  $da$  dan  $db$ , yang diukur dari join  $i$ . Kedua jarak tersebut harus  $0 \leq da \leq db \leq L$ , dengan  $L$  ialah panjang elemen.
- C. Menentukan panjang beban jarak nol, hal ini berarti beban bekerja pada sepanjang elemen, disajikan pada gambar 2.12 berikut.

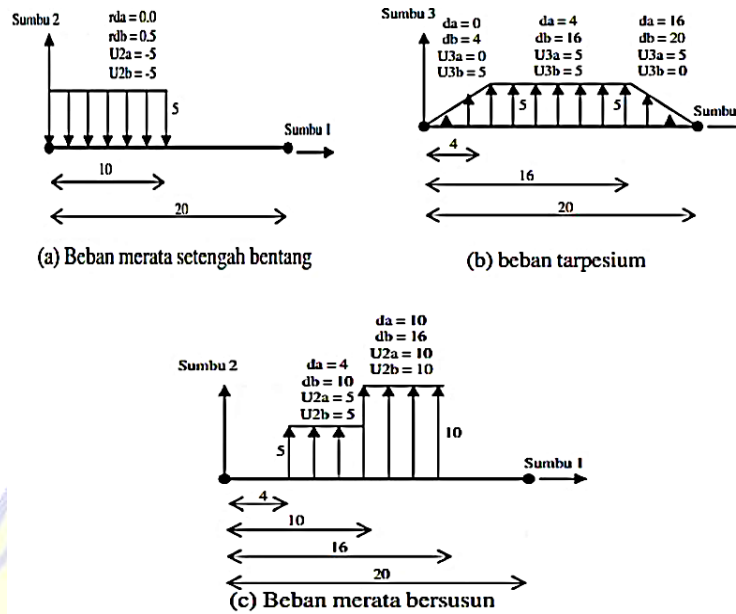


**Gambar 2.12** Menentukan beban merata pada elemen

(Sumber: Dewobroto, 2013)

Intensitas beban merupakan gaya atau momen persatuan panjang. Untuk setiap komponen gaya atau momen yang dikerjakan, sebuah nilai beban diperlukan jika

beban merupakan beban merata. Apabila intensitas beban bervariasi linier di atas daerah yang dikerjakan (beban trapesium), maka diperlukan dua nilai beban, untuk jelasnya lihat gambar 2.12 dan 2.13.



**Gambar 2.13** Menentukan beban trapesium pada elemen  
(Sumber: Dewobroto, 2013)

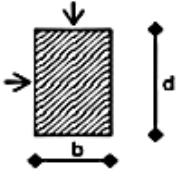
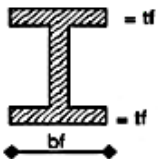
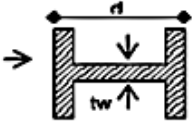
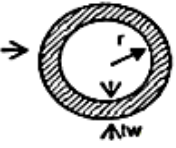

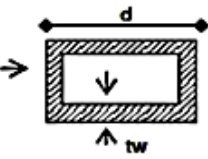
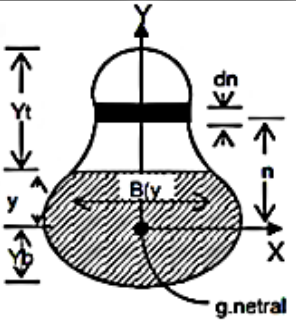
#### 4. Property penampang

Property elemen pada *frame* merupakan satu kesatuan data material dan property geometrik yang menggambarkan potongan penampang dari satu atau beberapa elemen frame. Data potongan penampang ini ditentukan tersendiri dari elemen frame, dan potongan ini akan digunakan untuk masing-masing elemen.

Property potongan ditentukan terhadap sistem koordinat lokal yang mengikuti aturan tertentu. Arah sumbu 1 ialah sepanjang sumbu elemen, dan sumbu 1 ini merupakan garis normal dari bidang potongan elemen, yang bertemu pada kedua garis netral potongan. Sumbu 2 dan 3 sejajar dengan bidang potongan elemen, biasanya arah sumbu 2 searah dengan tinggi potongan atau merupakan sumbu minor, dan arah sumbu 3 searah dengan lebar potongan atau merupakan sumbu mayor, dapat dilihat pada tabel 2.4 (Wigroho, 2004)



Tabel 2.4 Rumus untuk menentukan *shear area*

Bentuk Pot.	Keterangan	Shear area Efektif
	<p>Potongan bentuk segi-empat Gaya geser sejajar b atau d</p>	$5/6 d b$
	<p>Potongan bentuk WF Gaya geser sejajar sayap</p>	$3/5 tf bf$
	<p>Potongan bentuk WF Gaya geser sejajar badan</p>	$tw d$
	<p>Potongan bentuk pipa berdinding tipis Gaya geser dari gaya mana saja</p>	$\pi r t$
	<p>Potongan bentuk lingkaran solid Gaya geser dari arah mana saja</p>	$0,9 \pi r^2$
	<p>Potongan bentuk tube berdinding tipis Gaya geser sejajar arah d</p>	$2 t d$
	<p>Potongan yang umum Gaya geser sejajar arah sumbu Y Ix = momen inersia terhadap sumbu X Yt <math>Q(Y) = \int_Y n b(n) dn</math></p>	$\frac{IX^2}{\int_{yb}^{yt} \frac{Q^2(y)}{b(y)} dy}$

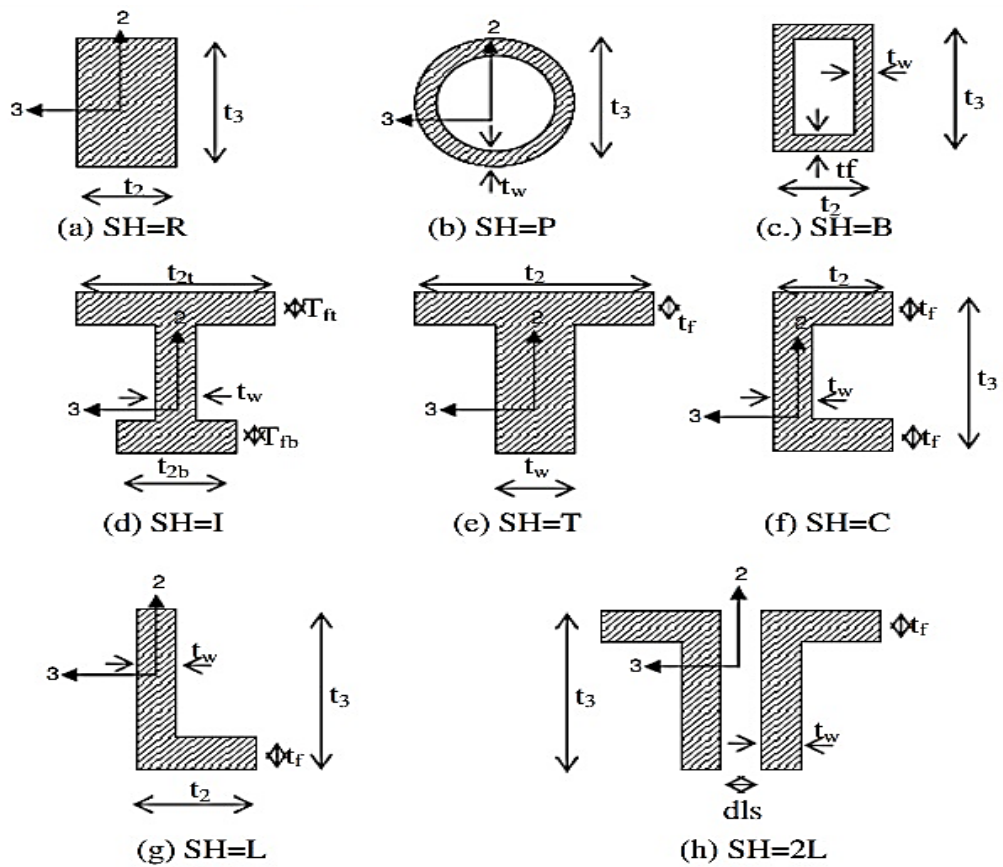
Sumber: Wigroho, 2004

Property material yang akan digunakan untuk penampang ditentukan sebelum potongan penampang ditentukan. Property material yang akan digunakan ini meliputi:

- 1) Modulus elastisitas  $e_1$  untuk kekakuan aksial dan lentur.
- 2) Modulus geser  $g_{12}$  untuk kekakuan torsi dan kekakuan geser melintang, dihitung dari  $e_1$  dan angka *Poisson*  $u_{12}$
- 3) Kerapatan massa per-unit volume  $m$  untuk menghitung massa elemen.
- 4) Berat sendiri per unit volume  $w$  untuk menghitung berat sendiri struktur.
- 5) Tipe indikator desain *ides* yang digunakan untuk menentukan tipe perancangan penampang misalnya baja, beton, atau tanpa disain.

Property geometric elemen frame terdiri 6 macam, bersama-sama dengan property, material geometrik ini digunakan untuk menentukan kekakuan potongan sebagai berikut:

- 1) Potongan penampang  $a$ . merupakan kekuatan aksial potongan yang dinyatakan dengan  $a(e_1)$
  - 2) Momen inersia  $i_{33}$  terhadap sumbu 3 untuk lentur pada bidang 1-2, dan momen inersi  $i_{22}$  terhadap sumbu 2 untuk lentur pada bidang 1-3. Hubungan kekakuan lentur dan potongan penampang dinyatakan dengan  $i_{33}(e_1)$  dan  $i_{22}(e_1)$ .
  - 3) Konstanta torsi  $j$ , yang dinyatakan dengan  $j(g_{12})$
  - 4) Shear area  $as_2$  dan  $as_3$  untuk transfer geser pada bidang 1-2 dan 1-3. Hubungan kekakuan geser potongan dinyatakan dengan  $as_2(g_{12})$  dan  $as_{13}(g_{12})$ .
5. Bentuk penampang
- Pada setiap penampang potongan, ke-enam property ( $a$ ,  $j$ ,  $i_{33}$ ,  $as$ , dan  $as_3$ ) akan dihitung langsung sesuai dengan bentuk dan dimensi potongan, atau diambil dari file data base yang disediakan. Tipe bentuk penampang ini ditentukan dengan  $sh$ , yang dipilih oleh pengguna
- 1) Jika  $sh = G$  (*general section*), ke-enam geometrik property harus ditentukan sendiri oleh pengguna.
  - 2) Jika  $sh = R, P, B, C, T, L$  atau  $2L$ , ke-enam geometrik property secara otomatis dihitung dari data dimensi potongan yang diberikan.
  - 3) Jika  $sh$  adalah nilai yang lain, misalnya W27X94 atau 2L4X3X1/4, ke-enam geometric property diambil dari file database, dapat dilihat pada gambar 2.14.



**Gambar 2.14** Bentuk penampang geometric property-nya dihitung otomatis oleh program SAP2000  
(Sumber: Wigroho, 2004)

Geometrik property potongan juga dapat diperoleh dari file database. Tiga file yang diberikan oleh program SAP2000 ialah:

- 1) *AISC>PRO*, ialah profil yang sesuai dengan standar *American Institute of Steel Construction*.
- 2) *CISC.PRO*, ialah profil yang sesuai dengan standar *Canadian Institute Of Steel Construction*.
- 3) *SECTION.PRO* yang merupakan copy-an dari *AISC.PRO*

Untuk menambah sendiri file database dapat dilakukan dengan program *PROPER* yang telah disiapkan oleh komputer and structures, inc. Pada directory utility. Satuan yang digunakan pada geometric property harus ditentukan apabila pengguna ingin membuat file database sendiri. Unit ini oleh *SAP2000* akan dikonversi secara

otomatis yang nantinya akan digunakan dengan unit lainnya. Setiap bentuk penampang pada file database menggunakan satu atau dua label referensi. Misalnya label bentuk penampang W36X300 (satuan in) atau W920X446 (satuan SI). Bentuk penampang yang disimpan pada file *CISC.PRO* hanya menggunakan satu label referensi (Wigroho, 2004).

#### 6. *End Offset*

Element *frame* dimodelkan sebagai elemen garis yang dihubungkan pada *joint* (titikumpul/pertemuan). Padahal sebenarnya penampang elemen yang digunakan mempunyai dimensi potongan tertentu. Apabila dua buah elemen bertemu, misalnya balok dan kolom, pada pertemuan tersebut akan terjadi *overlap* potongan penampangnya. Untuk beberapa struktur yang dimensi penampangnya cukup besar, maka panjang *overlap* tersebut cukup signifikan untuk diperhitungkan.

Pada setiap elemen dapat ditentukan dua *end offset* dengan menggunakan parameter  $i_{off}$  dan  $j_{off}$  yang berhubungan dengan ujung  $i$  dan  $j$ . *End offset*  $i_{off}$  ialah panjang *overlap* pada elemen yang ditinjau terhadap elemen terhadap elemen yang lain pada *joint*  $i$ . *End offset*  $i_{off}$  ini merupakan jarak dari *joint* ke sisi muka elemen yang lain.

*End offset* dapat dihitung secara otomatis oleh SAP2000 untuk pilihan elemen yang didasarkan pada dimensi penampang maksimum untuk semua elemen lain yang berhubungan dengan elemen tersebut pada salah satu *joint* yang ditinjau.

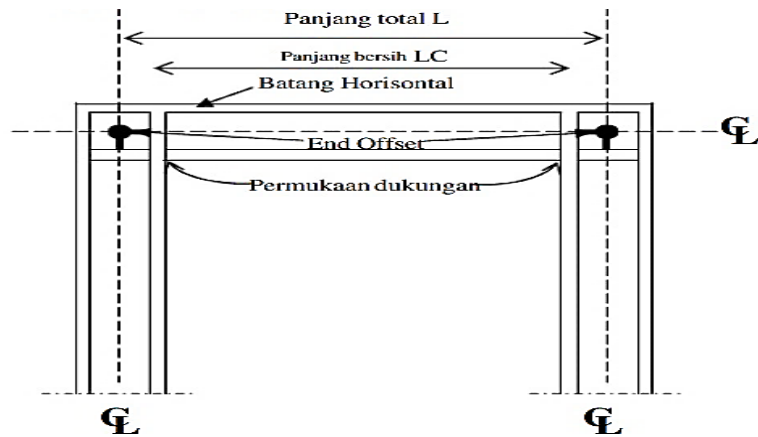
Panjang bersih  $L_c$  ialah panjang diantara *end offset* (permukaan dukungan) yang dihitung sesuai persamaan 2.105 berikut:

$$L_c = L - (i_{off} + j_{off}) \quad (2.105)$$

dengan,

$L$  : Panjang total elemen

Jika *end offset* yang diberikan menyebabkan panjang bersih elemen kurang dari 1% panjang total elemen, program akan memberikan peringatan dan akan mereduksi *end offset* sesuai proporsi dengan memberikan panjang bersih elemen sebesar 1% dari panjang total elemen. Kondisi normalnya, besarnya *end offset* ini harus lebih kecil dari proporsi panjang totalnya, disajikan pada gambar 2.15 berikut.



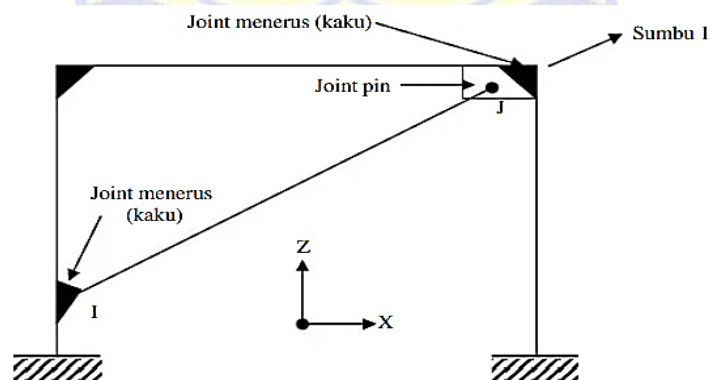
**Gambar 2.15** *End Offset* pada elemen *frame*

(Sumber: Wigroho, 2004)

Pengaruh dari pemberian end offset ini ialah semua keluaran gaya-gaya dalam dan momen diberikan pada permukaan dukungan dan pada epanjang bentang bersih elemen (Wigroho, 2004).

#### 7. *End Release*

Pada kondisi normal, tiga derajat kebebasan translasi dan tiga kebebasan rotasi pada setiap ujung elemen *frame* dihubungkan dengan *joint*-nya, dan karena itu elemen tersebut dihubungkan dengan elemen yang lain. Hal ini memungkinkan untuk *release* (tidak menghubungkan) satu atau lebih derajat kebebasan dari *joint* apabila diketahui hubungan gaya-gaya atau momennya nol. Untuk *release* ini digunakan sistem koordinat lokal elemen, dan tidak akan mempengaruhi elemen lain yang dihubungkan pada *joint* tersebut, disajikan pada gambar 2.16 berikut.



**Gambar 2.16** *End Release* pada elemen *frame*

(Sumber: Wigroho, 2004)

Beberapa kombinasi untuk me-*release* ujung yang ditentukan pada elemen *frame* harus tetap menjamin bahwa elemen tetap dalam keadaan stabil, hal ini terutama pada beban-beban yang dikerjakan pada elemen yang ditransfer pada struktur lainnya. Beberapa *release* yang dikemukakan di bawah ini tidak stabil, baik di-*release* secara sendiri atau kombinasinya, dan hal ini sebaiknya dihindari (Wigroho, 2004).

- 1) Me-*release* *U1* pada kedua ujung
- 2) Me-*release* *U2* pada kedua ujung
- 3) Me-*release* *U3* pada kedua ujung
- 4) Me-*release* *R1* pada kedua ujung
- 5) Me-*release* *R2* pada kedua ujung dan *U3* pada kedua ujung
- 6) Me-*release* *R3* pada kedua ujung dan *U2* pada kedua ujung

#### 8. *Joint* dan derajat kebebasan

*Joint* memainkan peran dasar pada analisis struktur. *Joint* merupakan titik kumpul yang menghubungkan antara elemen, dan merupakan titik pada struktur yang displacementsnya diketahui atau akan dihitung. Komponen displacement pada *joint* tersebut macamnya ialah translasi dan rotasi, dan disebut dengan derajat kebebasan (*Degree of Freedom*).

Elemen *frame* yang normal mempunyai enam derajat kebebasan pada kedua *joint*-nya. Pada elemen yang diinginkan tidak mempunyai kekuatan pada *joint*-nya, maka ketiga derajat kebebasan rotasi dapat tidak diaktifkan.

*Joint* sering juga disebut sebagai titik nodal atau node dan merupakan bagian penting pada model struktur, dan memainkan beberapa fungsi penting antara lain:

- 1) Semua elemen pada struktur dihubungkan dengan *joint*.
- 2) Struktur didukung pada *joint* dengan menggunakan *restrain* atau *spring*.
- 3) Perilaku struktur kaku (*rigid body*) dan kondisi simetris dapat ditentukan dengan memberikan *Constrain* pada *joint*.
- 4) Beban terpusat dapat langsung dikerjakan pada *joint*, dan pengaruh *displacement* tanah dapat dikerjakan secara tak langsung pada dukungan *spring*.
- 5) Massa terkelompok (*lumped masses*) dan inersia rotasi dapat ditentukan pada *joint*.
- 6) Semua beban dan massa dikerjakan pada element ditransfer ke *joint*.

7) *Joint* merupakan titik utama pada struktur yang displacemen-nya diketahui (pada dukungan) atau akan dihitung.

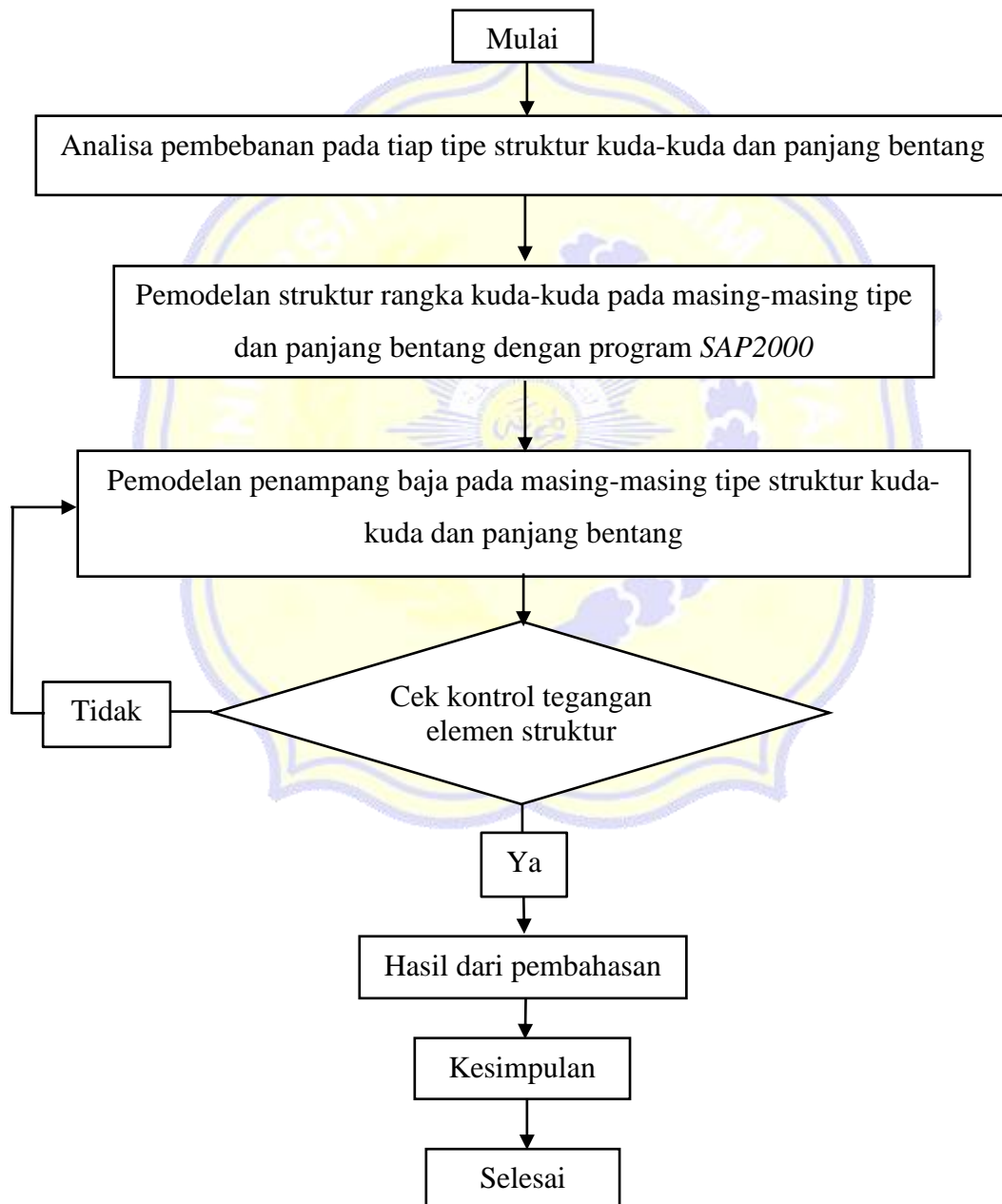
Pada *SAP2000 joint* secara otomatis digambarkan pada ujung elemen *frame* dan pada sudut-sudut elemen *shell*. *Joint* dapat juga ditentukan tidak tergantung dengan elemen, dan *joint* ini tidak harus selalu dihubungkan dengan elemen (Wigroho, 2004).



### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini melalui 5 tahap yaitu analisa beban yang bekerja pada struktur kuda-kuda, pemodelan struktur pada program SAP200, pemodelan penampang baja, cek kontrol tegangan elemen struktur, hasil pembahasan, dan kesimpulan, bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



**Gambar 3.1** Bagan alir penelitian



### 3.2 Pengumpulan Data

Untuk data-data perencanaan antara lain sebagai berikut:

Data perencanaan struktur kuda-kuda

Tipe kuda-kuda	: Howe, Cremona, dan <i>Monobeam</i>
Bentang kuda-kuda	: 10 – 15 – 20 - 25 - 30 meter
Jarak antar kuda-kuda	: 6.00 m
Sudut kemiringan	: 30°
Penutup atap	: zinalume
Struktur Utama	: Struktur baja

### 3.3 Perencanaan Kuda-kuda

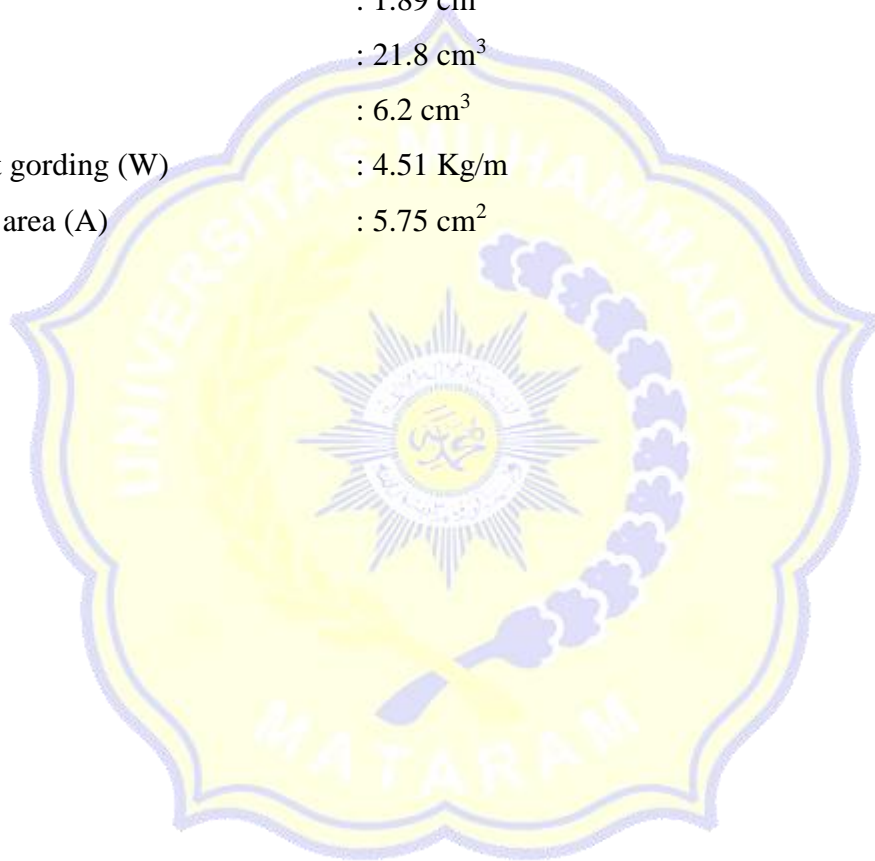
#### 3.3.1. Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 10 meter

##### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 10 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zinalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafound dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>



### 3.3.2. Data perencanaan kuda-kuda tipe Cremona bentang 10 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 10 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zinalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafound dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.3. Data perencanaan kuda-kuda tipe *Monobeam* bentang 10 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 10 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zinalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafound dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: IWF

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.4. Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 15 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 15 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zinalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.5. Data perencanaan kuda-kuda tipe Cremona bentang 15 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 15 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zincalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.6. Data perencanaan kuda-kuda tipe *Monobeam* bentang 15 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 15 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zinalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafound dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: IWF

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.7. Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 20 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 20 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zincalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>



### 3.3.8. Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 20 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 20 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: $30^\circ$
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zincalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafound dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.9. Data perencanaan kuda-kuda tipe *Monobeam* bentang 20 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 20 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zinalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafound dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: IWF

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.10. Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 25 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 25 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: $30^\circ$
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zincalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.11. Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Cremona bentang 25 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 25 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zinalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafound dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.12. Data perencanaan kuda-kuda tipe *Monobeam* bentang 25 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 25 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zinalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafound dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: IWF

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.13. Data perencanaan struktur kuda-kuda tipe Howe bentang 30 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 30 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: $30^\circ$
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zinalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafound dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.14. Data perencanaan kuda-kuda tipe Cremona bentang 30 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 30 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: $30^\circ$
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zincalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: <i>Double Angle</i>

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>

### 3.3.15. Data perencanaan kuda-kuda tipe *Monobeam* bentang 30 meter

#### 1. Data perencanaan struktur kuda-kuda:

Panjang bentang	: 30 meter
Panjang overlap (konsol)	: 1.25 meter
Jarak antara kuda-kuda	: 6 meter
Sudut kemiringan ( $\alpha$ )	: 30°
Jarak gording	: 1.4434 meter
Jenis penutup atap zincalume	: 10 Kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond dan penggantung	: 18 Kg/m <sup>2</sup>
Jenis baja	: BJ 37
Berat per unit volume baja	: 7850 Kg/m <sup>3</sup>
Tegangan leleh minimum ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tegangan putus minimum ( $f_u$ )	: 370 MPa
Peregangan minimum	: 20%
Beban hidup bekerja	: 100 kg
Baban air hujan	: $(40 - (0.8 \times 30)) = 16$ Kg/m <sup>2</sup>
Tekanan angin	: 25 Kg/m <sup>2</sup>
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	: 200000 Kg/m <sup>3</sup>
Profil baja	: IWF

#### 2. Data perencanaan awal gording lipped channel: C 125. 50. 20. 2,3 mm

h	: 125 mm
b	: 50 mm
c	: 20 mm
t	: 2.30 mm
I <sub>x</sub>	: 136 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	: 21 cm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	: 4.87 cm
r <sub>y</sub>	: 1.89 cm
Z <sub>x</sub>	: 21.8 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	: 6.2 cm <sup>3</sup>
Berat gording (W)	: 4.51 Kg/m
Luas area (A)	: 5.75 cm <sup>2</sup>



### 3.4 Pembebanan Pada Permodelan Kuda-kuda

Pembebanan pada permodelan kuda-kuda ialah seluruh beban yang bekerja pada struktur kuda-kuda baik itu beban terpusat ataupun beban merata yang membebani di setiap batang kuda-kuda. Adapun bentuk pembebanan yang terjadi yaitu beban terdistribusi merata, beban air hujan, beban angin, namun kedua jenis beban ini dijadikan beban terpusat dan dikerjakan pada titik-titik pertemuan batang gording, beban terdistribusi linier yaitu beban berat sendiri atau beban hidup pada gording, dan beban terpusat yaitu beban pekerja

Adapun tipe-tipe pembebanan sebagai berikut:

#### 1. Beban mati

Beban mati adalah seluruh bagian dari komponen struktur bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan tersebut selama masa layannya. Beban mati yang diperhitungkan untuk struktur rangka kuda-kuda ini antara lain.

- 1) Beban penutup atap = 10 kg/
- 2) Beban plafond dan penggantung = 18 kg/
- 3) Baja = 7850 kg/

#### 2. Beban hidup

3) Beban hidup pada atap atau bagian atap setara pada struktur tudung (canopy) yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimum sebesar 100 kg/m<sup>2</sup> bidang datar, menurut PPIUG 1983.

4) Beban hidup pada atap atau bagian atap yang tidak dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil yang paling menentukan diantara 2 macam beban menurut PPIUG 1983 pasal 3.2 sebagai berikut:

A. Beban terbagi rata per m<sup>2</sup> bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar  $(40 - 0,8 \alpha)$  kg/m<sup>2</sup>, dimana  $\alpha$  adalah kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20kg/m<sup>2</sup> dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya lebih besar dari 50°

$$\begin{aligned} \text{Beban air hujan: } & (40 - (0.8 \times \alpha)) \\ & : (40 - (0.8 \times 30)) = 16 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

B. Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg

- C. Pada balok tepi atau gording tepi dari atap yang tidak cukup ditunjang oleh dinding atau penunjang lainnya pada kantilever harus ditinjau kemungkinan adanya beban hidup terpusat sebesar minimum 200 kg

3. Beban angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya angin tekan dan angin hisap yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya beban akibat angin dinyatakan dalam kg/ Ditentukan dengan mengalihkan tekanan tiup yang di tentukan dalam PPIUG 1983 pasal 4.2 dengan koefisien angin yang ditentukan pada pasal 4.3 antara lain:

1) Tekanan tiup

- A. Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/.
- B. Tekanan tiup dilaut dan ditepi laut sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/

2) Koefisien angin

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

Atap segi-tiga dengan kemiringan sudut ( $\alpha$ ):

A. Di pihak angin

Koefisien :  $\alpha < 65^\circ$

$$: (0.02 (30)-0.4) = 0.20$$

Beban :  $25 \times 0.20 = 5 \text{ Kg/m}^2$  (untuk tekanan tiup minimum)

Beban :  $40 \times 0.20 = 8 \text{ Kg/m}^2$  (untuk tekanan tiup di tepi laut)

B. Di belakang angin, untuk semua sudut kemiringan ( $\alpha$ ):

Koefisien : -0.4

Beban : - 0.4 (untuk tekanan tiup minimum)

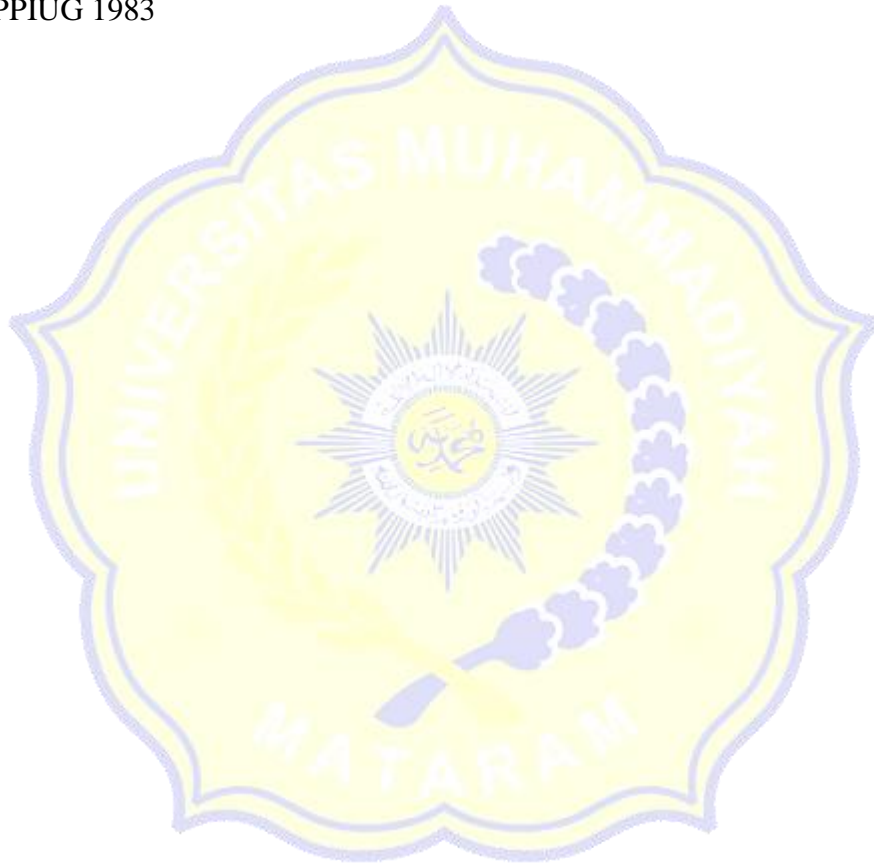
Beban : - 0.4 (untuk tekanan tiup di tepi laut)

Sesuai dengan PPIUG 1983 pasal 4.2 maka tekanan tiup minimum yang dapat digunakan dalam perencanaan ini adalah 25 kg/m<sup>2</sup> dengan ketentuan tidak terletak ditepi pantai. Adapun koefisien angin dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini:

**Table 3.1** Koefisien angin untuk bidang atap

Kemiringan atap	Bidang atap di pihak angin	Bidang atap lain
$0^\circ < \alpha < 20^\circ$	- 1.2	- 0.4
$\alpha < 20^\circ$	- 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	$(-0.4 - \alpha/360)$

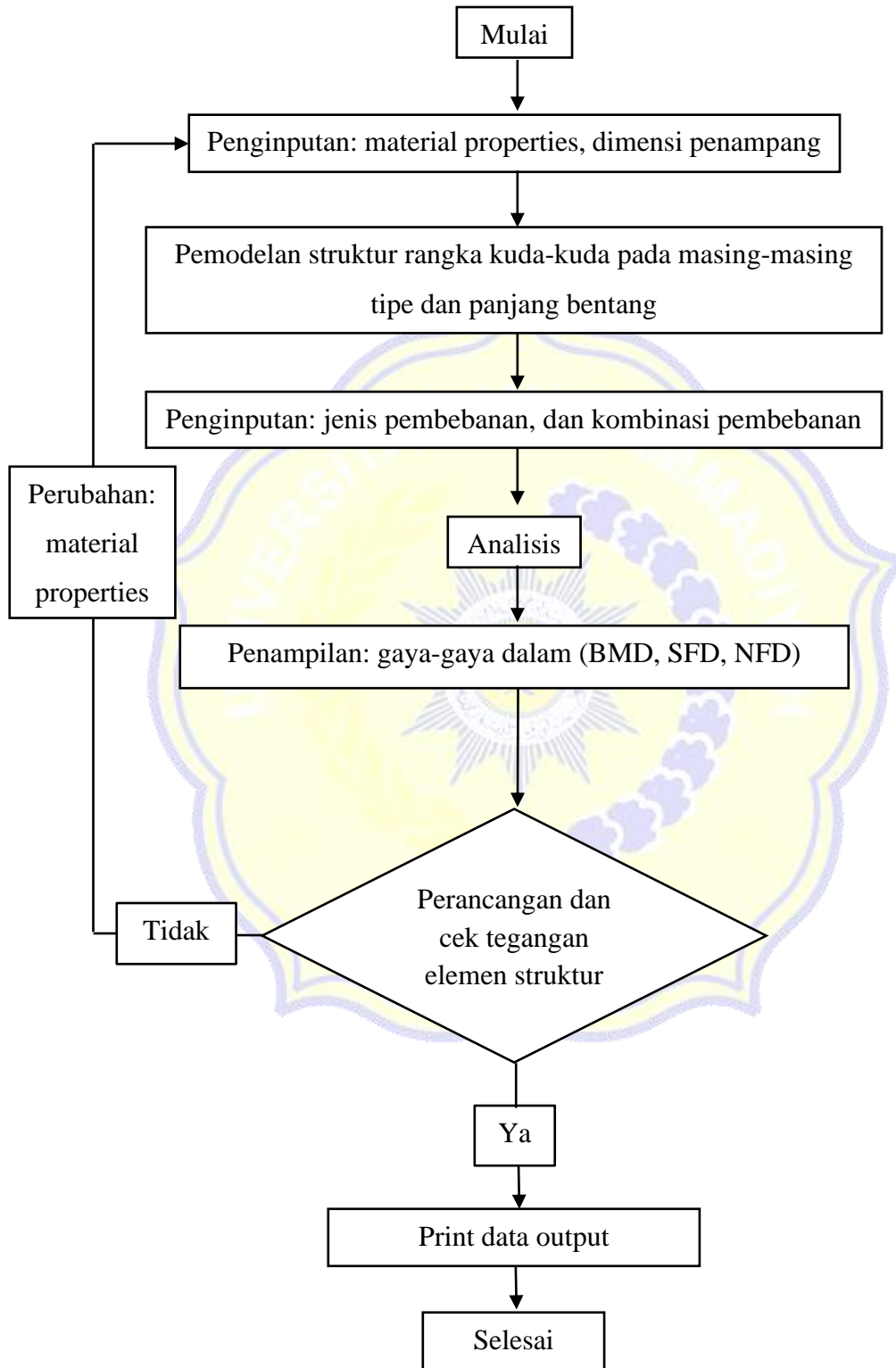
Sumber: PPIUG 1983



### 3.5 Proses Penginput Data Pada SAP2000

#### 3.5.1. Bagan alir penginputan data SAP2000

Tahap penginputan data pada program SAP2000 dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut:

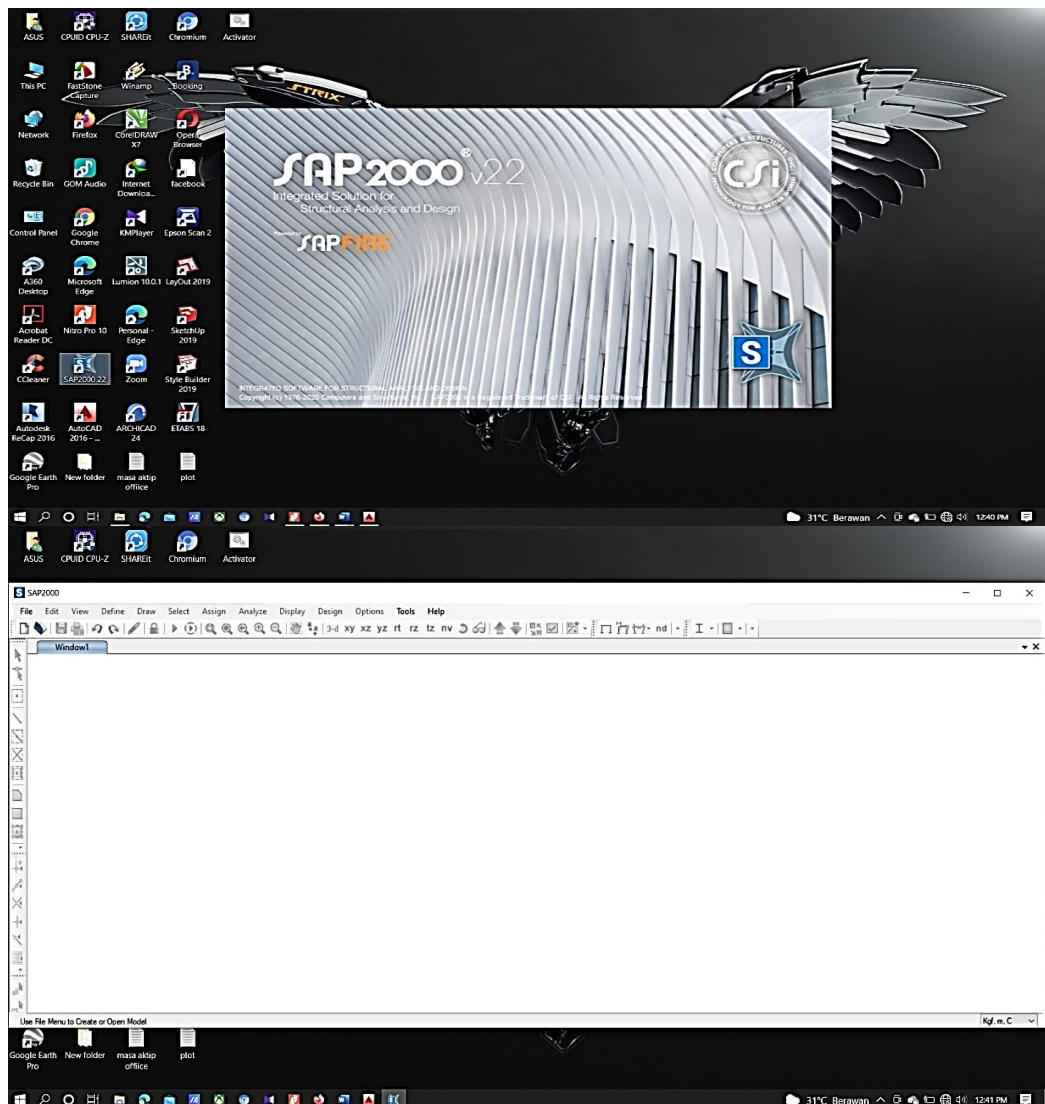


**Gambar 3.2** Bagan alur penginputan data SAP2000

### 3.5.2. Tahapan penginputan data SAP2000

#### 1. Membuka aplikasi *SAP2000*

- 1) Buka program *SAP2000* hingga muncul tampilan layar seperti pada gambar 3.3 berikut:



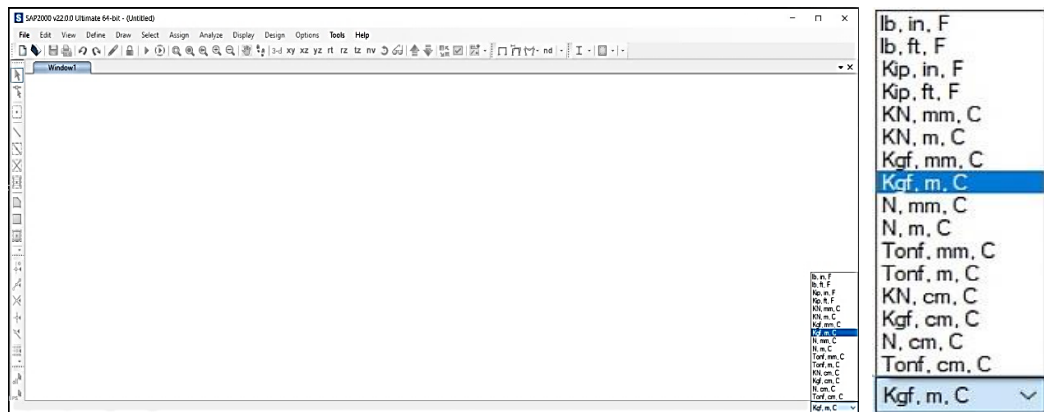
**Gambar 3.3** Tahap membuka program *SAP2000*

(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

- 2) Pada tampilan awal lembar kerja akan terlihat kosong, untuk itu perlu membuat lembar kerja baru sesuai dengan model yang akan digunakan.

## 2. Membuat lembar kerja

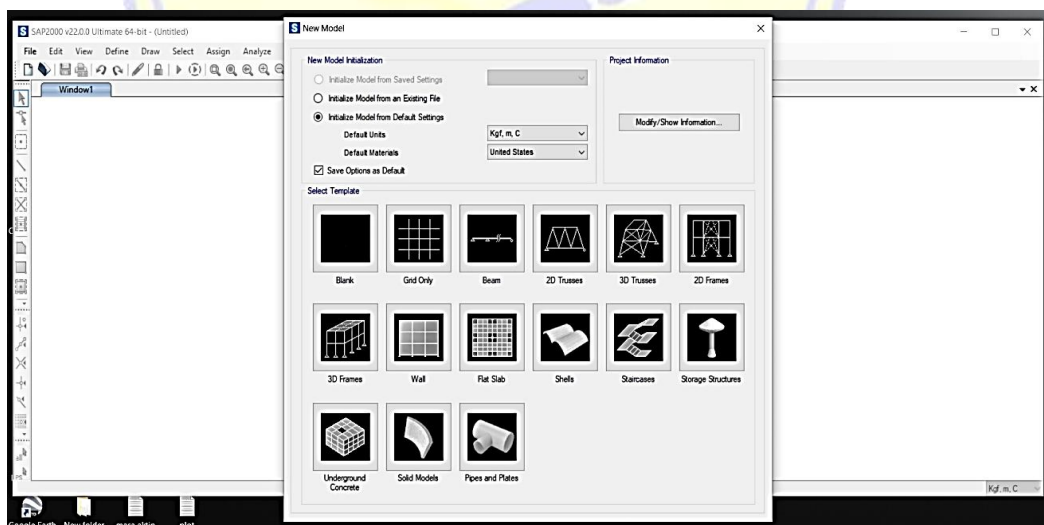
- 1) Untuk membuat lembar kerja baru, perlu diperhatikan satuan yang akan digunakan pada model struktur. Oleh karena itu, satuan harus diatur terlebih dahulu. Pada menu ini, satuan yang ditetapkan meliputi satuan berat, panjang, dan suhu, yang terdapat pada sudut kanan bawah seperti pada gambar 3.4 berikut:



**Gambar 3.4** Tampilan awal program *SAP2000*

(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

- 2) Buat lembar kerja baru dengan menekan *ctrl + N* atau melalui menu *File* dan pilih *New Model*, maka akan muncul jendela *New Model* yang didalamnya terdapat pilihan jenis model yang akan digunakan. Jika jendela *New Model* telah keluar, didalamnya terdapat 3 bagian utama, seperti pada gambar 3.5 berikut:



**Gambar 3.5** Tahap membuat lembar kerja *SAP2000*

(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

- A. *New Model Initialization*, merupakan menu yang berfungsi untuk mengatur jenis satuan yang akan digunakan di model struktur. Dengan memilih *Initialize Model From Defaults with Units* berarti mengatur atau memilih satuan yang akan digunakan pada analisis disajikan pada gambar 3.6 berikut:

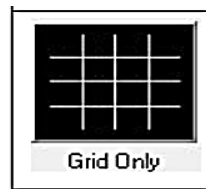
**Gambar 3.6** Tahap pemilihan satuan yang digunakan pada SAP2000  
(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)

- B. *Project Information*, merupakan menu yang berfungsi untuk memberikan lampiran data informasi struktur yang dibuat, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah dan memberikan informasi struktur yang dibuat secara sistematis dan jelas. Untuk dapat menampilkan *form* data informasi, klik *modif/show info*, dan akan muncul jendela seperti pada gambar 3.7 berikut:

Item	Item	Data
1	Company Name*	
2	Client Name*	
3	Project Name*	
4	Project Number*	
5	Model Name*	
6	Model Description	
7	Revision Number*	
8	Frame Type	
9	Engineer	
10	Checker	
11	Supervisor	
12	Issue Code	
13	Design Code	

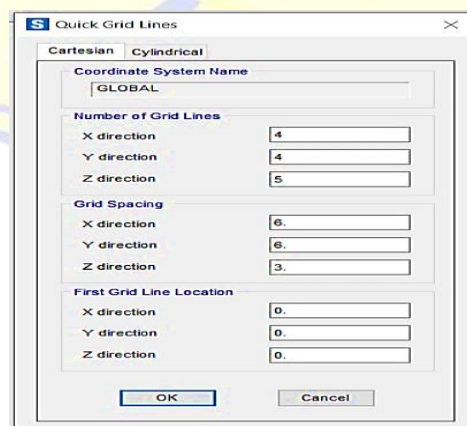
**Gambar 3.7** Tampilan *modif/ show information* pada SAP2000  
(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)

C. *Select Template*, merupakan menu yang berfungsi untuk memilih jenis template desain yang akan digunakan, template yang dipilih tergantung pada model struktur yang digunakan. Untuk menggambarkan struktur yang akan dibuat saat ini digunakan pilihan *Grid Only* seperti pada gambar 3.8 berikut:



**Gambar 3.8** Tahap pemilihan *Template* yang digunakan pada *SAP2000*  
(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

3) Setelah memilih jenis *Template* yang akan digunakan, maka akan muncul menu *Quick Grid Lines* untuk memasukkan dimensi. Pada menu *Quick Grid Lines* terdapat 2 pilihan *Grid*, yakni *Cartesian* untuk membuat garis garis koordinat kartesius, sedangkan pada pilihan *Cylindrical* akan membuat garis koordinat berbentuk lingkaran atau silinder. Pada desain model ini menggunakan pilihan *Cartesian* isikan jumlah *Grid* pada bagian *Number of Grid Lines* sesuai dengan sumbu yang akan digunakan dan jarak pada bagian *Grid Spacing* sesuai dengan sumbu yang akan digunakan. sedangkan pada bagian *First Grid Line Location* merupakan koordinat awal dimulainya titik acuan yang akan digunakan seperti pada gambar 3.9 berikut:



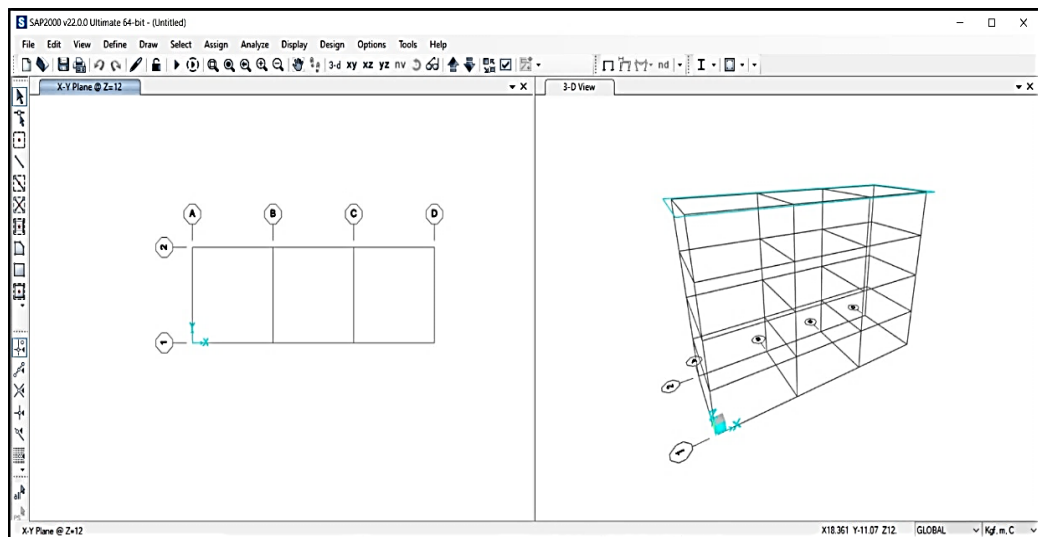
**Gambar 3.9** Tampilan input data *Grid* pada *SAP2000*  
(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)



Catatan:

Pada *Y direction Number Of Grid Lines* dan *Grid Spacing* haruslah tetap diisi walaupun pada penggambaran modelnya tidak digunakan. untuk *Number Of Grid Lines* minimal 1 sedangkan untuk *grid spacing* harus 0>.

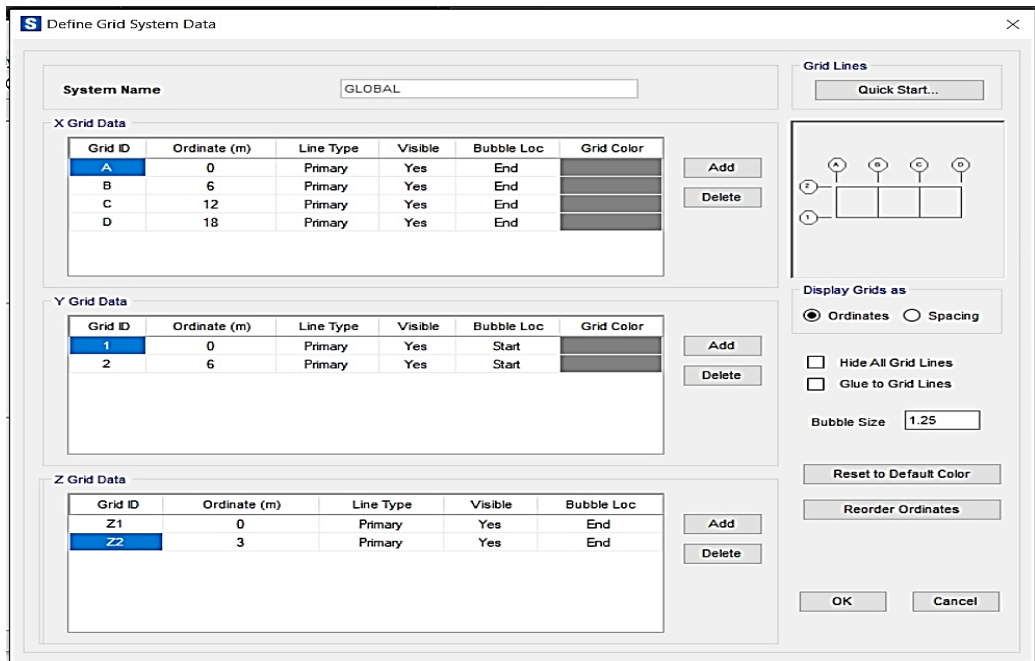
- 4) Pada lembar kerja terbagi menjadi 2, hal ini bertujuan untuk mempermudah akses pengguna melihat model struktur 2D dan 3D seperti pada gambar 3.10 berikut:



**Gambar 3.10** Tampilan model struktur pada SAP2000

(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)

- 5) Ukuran spasi yang dimasukkan pada *Template Grid Only* haruslah seragam untuk setiap jarak spasinya, apabila model dengan rangka yang memiliki jarak yang berbeda-beda, maka perlu mengubah jaraknya sesuai dengan model yang akan di analisa. Proses mengedit *Grid* dengan cara melakukan *double* klik dengan *cursor* mengarah ke *Grid* yang ada sehingga akan tampil menu *Define Grid System data*. Isikan jarak yang akan digunakan pada model struktur, untuk penentuan jaraknya dapat dipilih pada *Display Grid As*, untuk menentukan jarak antar *Grid* menggunakan sistem koordinat dapat memilih *Ordinates* sedangkan penentuan jarak antar *Grid* menggunakan spasi tiap titik dapat memilih *Spacing* seperti pada gambar 3.11 berikut:

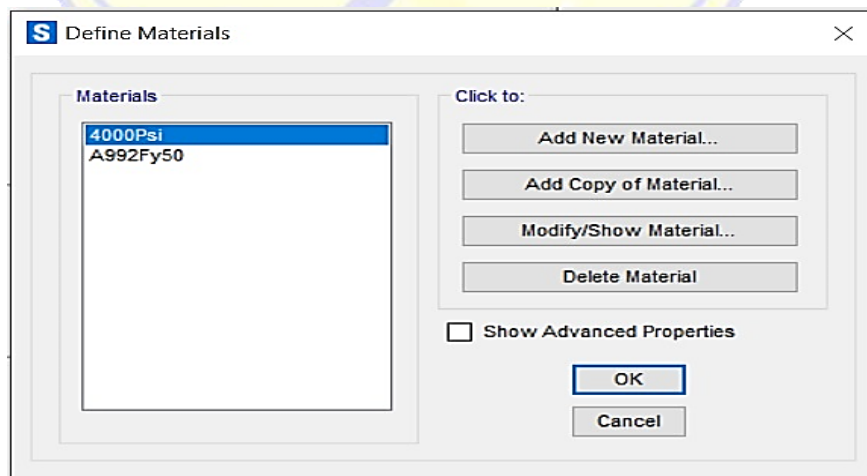


**Gambar 3.11** Tampilan edit *Grid* pada *SAP2000*  
(Data input *SAP2000* v.22, 2022)

3. Penginputan material properties

Penginputan material perlu dilakukan untuk mendefinisikan material yang akan digunakan sebelum melakukan penginputan data *Section Properties* pada *SAP2000*. Pada model ini akan digunakan material baja mutu Bj 37.

- 1) Untuk mengatur material yang akan dipakai, masuk ke menu *Define* dan pilih *Materials* seperti pada gambar 3.12 berikut:



**Gambar 3.12** Tampilan *Define Materials* pada *SAP2000*  
(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

Dalam jendela *Define Materials*, akan ditampilkan beberapa bagian lainnya seperti:

- A. *Materials*, pada bagian ini akan ditampilkan nama material yang telah ada.
  - B. *Click to*: pada bagian ini terdapat beberapa pilihan, antara lain:
    - a. *Add New Material Quick*, berfungsi untuk membuat material yang telah tersedia di program sesuai dengan atura aturan yang berlaku.
    - b. *Add New Material*, berfungsi untuk menambahkan material baru sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh pengguna.
    - c. *Add Copy of Material*, berfungsi untuk meniru material yang telah ada sebelumnya, dan pada beberapa komposisinya dapat dimodifikasi jika perlu.
    - d. *Modify /Show Material*, berfungsi untuk menampilkan dan mengubah material yang telah ada sebelumnya.
    - e. *Delete Material*, berfungsi untuk menghapus material yang telah dibuat.
- 2) Pada jendela *Define Materials*, pilih *Add New Material* untuk membuat material baru sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan disajikan seperti pada gambar 3.13 berikut:

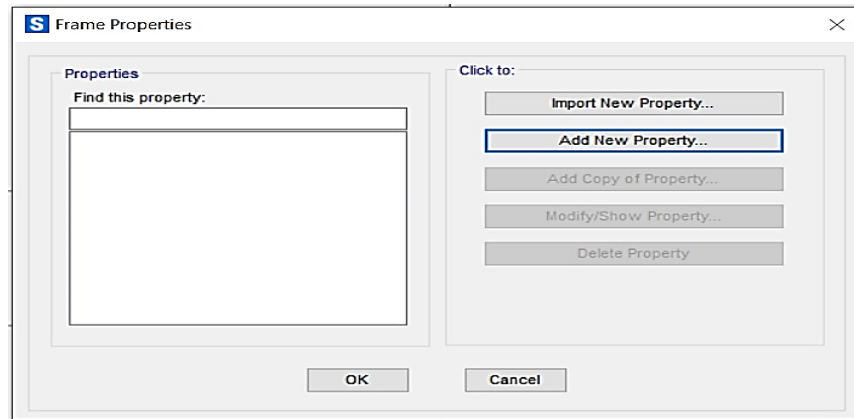
Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	BJ37
	Material Type	Steel
	Material Grade	Grade 50
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	7849.0476
	Mass per Unit Volume	800.3801
Isotropic Property Data	Modulus Of Elasticity, E	2.039E+10
	Poisson, U	0.3
	Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
	Shear Modulus, G	7.842E+09
Other Properties For Steel Materials	Minimum Yield Stress, Fy	35153481
	Minimum Tensile Stress, Fu	45699526
	Expected Yield Stress, Fye	38668829
	Expected Tensile Stress, Fue	50269478

**Gambar 3.13** Tahap membuat material baja BJ37 pada *SAP2000*

(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

- 3) Setelah membuat material baja BJ37, selanjutnya menentukan bentuk penampang atau jenis profil baja yang akan digunakan pada analisa. Penentuan profil ini dapat

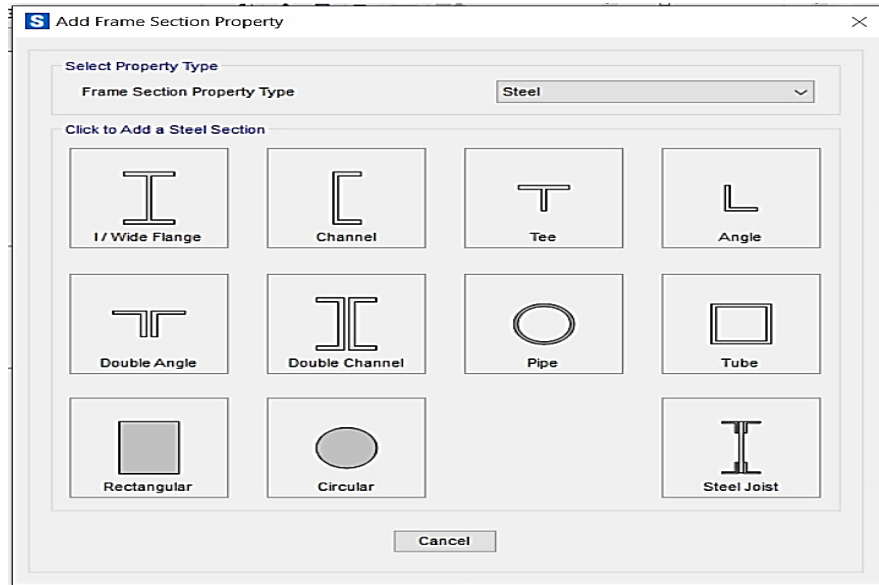
dilakukan dengan memilih menu *Define*, pada pilihan *Section Properties* klik *Frame Section* untuk masuk ke jendela *Frame Properties*. Dalam jendela *Frame Properties* akan ditampilkan beberapa bagian lainnya seperti pada gambar 3.14 berikut:



**Gambar 3.14** Tahap membuat *Section Properties* SAP2000

(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)

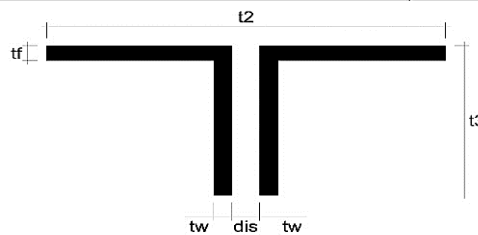
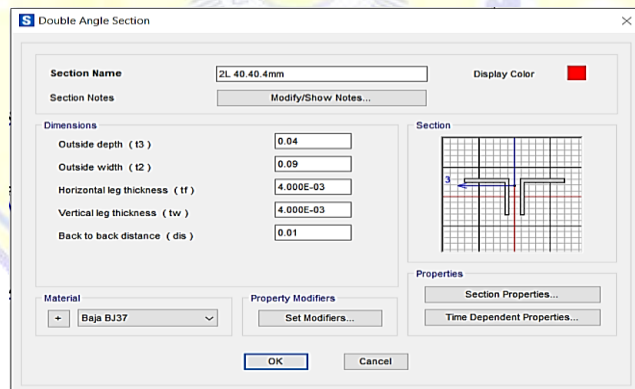
- A. *Properties*, pada bagian ini akan ditampilkan nama properties.
  - B. *Click to:* pada bagian ini terdapat beberapa pilihan, antara lain:
    - a. *Import New Property*, berfungsi untuk membuat material yang telah tersedia di program sesuai dengan atura aturan yang berlaku.
    - b. *Add New Property*, berfungsi untuk menambahkan material baru sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh pengguna.
    - c. *Add Copy of Property*, berfungsi untuk meniru material yang telah ada sebelumnya, dan pada beberapa komposisinya dapat dimodifikasi jika perlu.
    - d. *Modify / Show Property*, berfungsi untuk menampilkan dan mengubah material yang telah ada sebelumnya.
    - e. *Delete Property*, berfungsi untuk menghapus material yang telah dibuat.
- 4) Penampang yang akan digunakan adalah profil baja *double angle* dan IWF. Pilih *Add New Property* agar dapat masuk ke pilihan model penampang, pastikan *Frame Section Property Type* nya adalah *Steel* karena material yang akan digunakan saat ini adalah baja, selanjutnya pilih penampang *double angle* pada pilihan bentuk penampang yang tersedia seperti pada gambar 3.15 berikut:



**Gambar 3.15** Tahap pemilihan bentuk penampang yang akan digunakan pada analisa *SAP2000*

(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

- 5) Pada jendela *Double Angle Section*, akan ditampilkan dimensi dan spesifikasi materialnya seperti pada gambar 3.16 berikut:



**Gambar 3.16** Tahap penginputan data penampang baja yang digunakan pada *SAP2000*

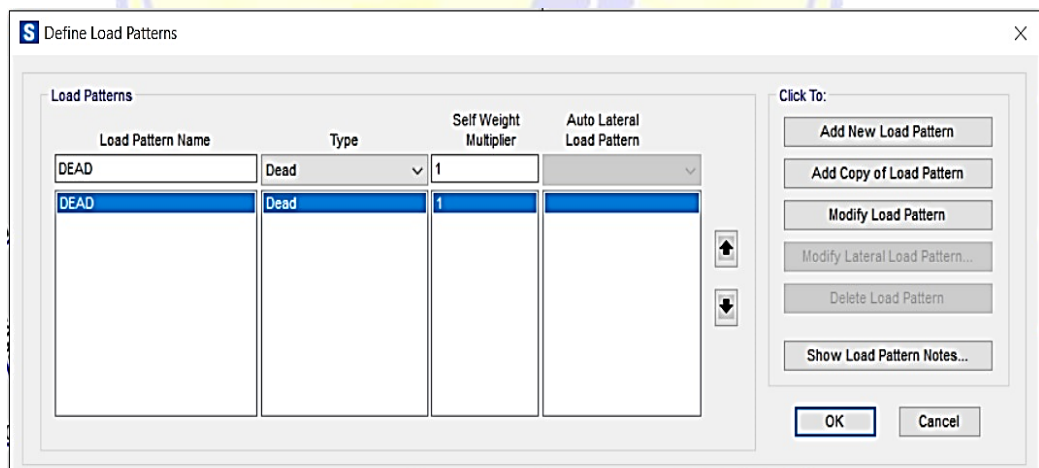
(Sumber: Data input *SAP200* v.22, 2022)

<i>Outside dept</i>	(t3)
<i>Outside width</i>	(t2)
<i>Horizontal leg thickness</i>	(tf)
<i>Vertical leg thickness</i>	(tw)
<i>Back to back distance</i>	(dis)

Pada bagian Section Name semisal diberikan nama 2L 40.40.4 sesuai dengan dimensi yang dipakai. Sehingga  $t_3 = 40$  mm,  $t_2 = 90$  mm,  $t_f = 4$  mm,  $t_w = 4$  mm,  $dis = 10$  mm. Apabila semua bagian telah diatur sesuai dengan dimensi dan spesifikasi penampang, klik *Ok*. maka secara otomatis penampang yang telah dibuat akan ditampilkan pada *Frame Properties*.

#### 4. Penginputan jenis beban dan kombinasi pembebanan

- 1) Jika ingin mendesain suatu model, salah satu hal penting yang perlu diatur adalah pembebanannya, baik itu berupa jenis beban terpusat, merata dan kombinasi beban yang akan digunakan pada struktur. Dengan memilih menu *Define*, lalu klik pada pilihan *Load Pattern* untuk menginput jenis beban apa saja yang akan digunakan dalam analisa.
- 2) Setelah jendela *Define Load Pattern* ditampilkan, maka akan muncul beberapa bagian dari jendela tersebut. Berikut merupakan bagian yang dimaksud disajikan pada gambar 3.17 berikut:



**Gambar 3.17** Tahap penginputan jenis beban pada *SAP2000*

(Sumber: Data input *SAP200 v.22*, 2022)

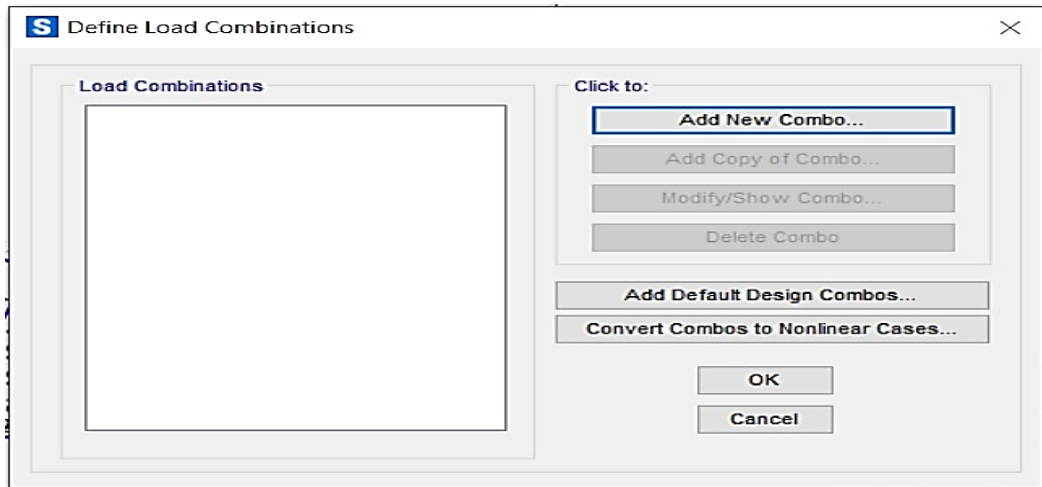
A. *Load Pattern*

- a. *Load Pattern Name*, merupakan kotak perintah yang berfungsi untuk memberi/mengganti nama dari beban yang akan dipakai.
- b. *Type*, merupakan jenis beban yang akan digunakan. seperti *Dead* (Mati), *Live* (Hidup), *Wind* (Angin), *Quake* (Gempa), dan masih banyak lagi.
- c. *Self Weight Multiplier*, merupakan perintah untuk mengatur nilai pengali pembebanan yang dipakai. Sebagai contoh apabila beban yang akan dipakai telah dihitung secara manual diluar program, maka nilai yang dipakai adalah 0, sedangkan apabila kita memasukkan nilai pada lebih besar dari 0, maka program akan menghitung beban tersebut secara otomatis sesuai dengan faktor pengali yang dimasukkan.
- d. *Auto Lateral Load Pattern*, merupakan pilihan untuk mencari aturan yang dipakai pada pembebanan yang memiliki nilai pada beban lateral seperti beban *Wind* (Angin), *Quake* (Gempa), dll.

B. *Click to:*

- a. *Add New Load Pattern*, merupakan perintah yang digunakan untuk menambahkan beban baru yang telah diatur di *Load Pattern*.
- b. *Modify Load Pattern*, merupakan perintah yang digunakan untuk mengganti/ merubah beban yang telah ada sebelumnya.
- c. *Modify Lateral Load Pattern*, merupakan perintah yang dipakai untuk mengganti/mengubah nama pembebanan yang memiliki nilai pada beban lateralnya seperti beban *Wind* (Angin), *Quake* (Gempa), *Wave* (ombak), dll.
- d. *Delete Load Pattern*, merupakan perintah yang dipakai untuk menghapus beban yang telah dibuat.
- e. *Show Load Pattern Notes*, merupakan perintah yang dipakai untuk memberikan catatan khusus pada beban jika diperlukan.

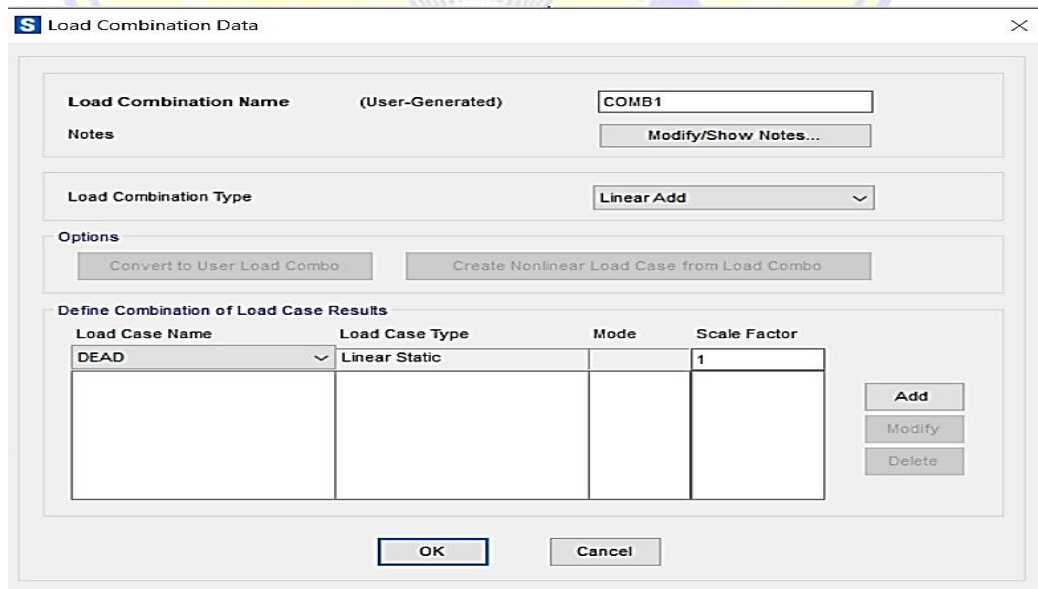
3) Setelah seluruh jenis beban dibuat, maka untuk pembebanannya harus diberikan kombinasi. Penginputan kombinasi beban dapat dilakukan dengan masuk ke menu *Define* dan pilih pada *Load Combinations*, Pada jendela *Define-Load Combinations* yang ditampilkan, kemudian pilih *Add New Combo* untuk menampilkan jendela *Load Combination Data* seperti pada gambar 3.18 berikut:



**Gambar 3.18** Tahap membuat kombinasi beban SAP2000

(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)

- 4) Saat jendela *Load Combinations Data* ditampilkan, masukan kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai perencanaan seperti pada gambar 3.19 berikut:

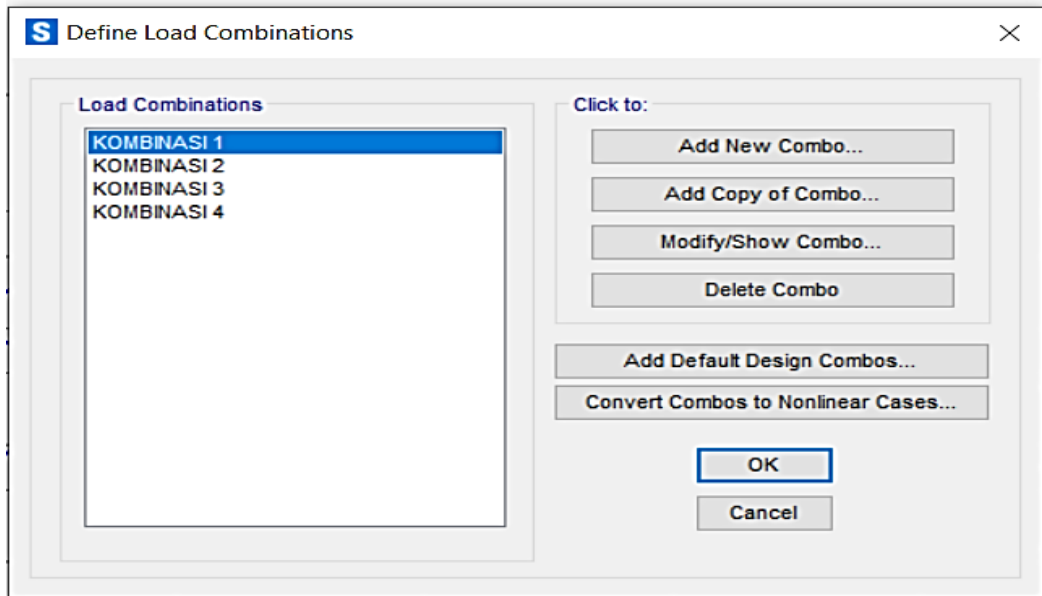


**Gambar 3.19** Tahap penginputan kombinasi beban SAP2000

(Data input SAP2000 v.22, 2022)

- 5) Kombinasi pembebanan yang telah dibuat sesuai perencanaan secara otomatis akan ditampilkan jendela *Define Load Combinations* seperti pada gambar 3.20 berikut:





**Gambar 3.20** Tampilan kombinasi beban yang sudah dibuat pada *SAP2000*  
(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

#### 5. Permodelan struktur kuda-kuda

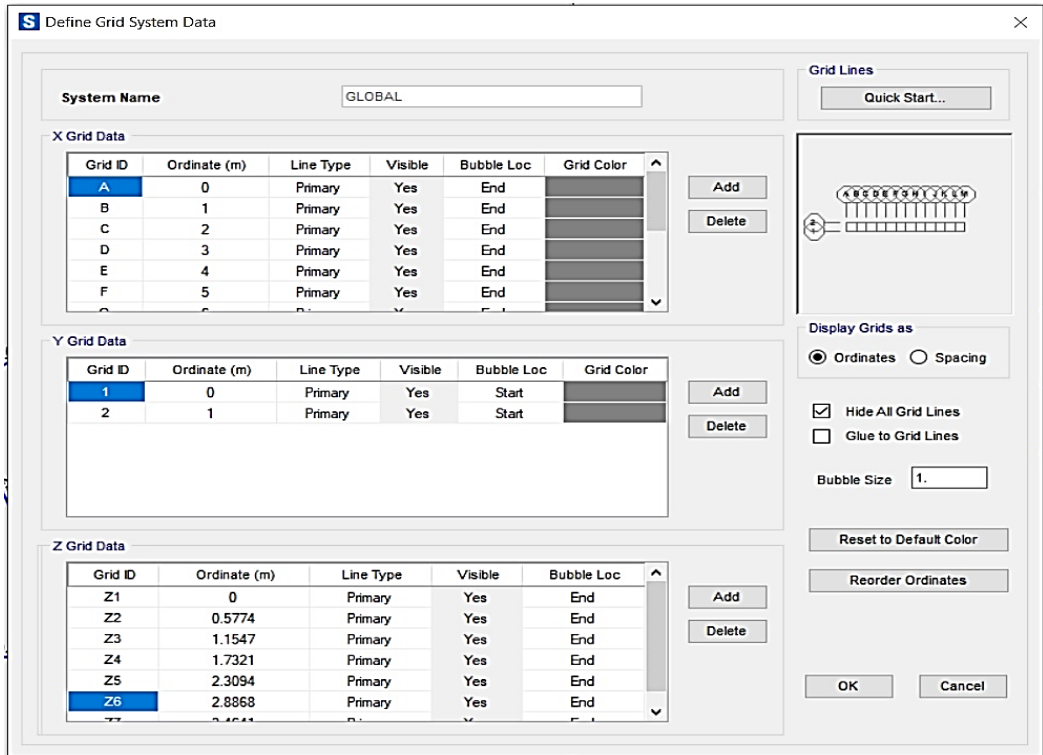
Setelah proses penginputan data-data yang telah dilakukan sebelumnya telah selesai maka dilakukan permodelan kuda-kuda yang akan dianalisis. Sebelumnya perlu diketahui asumsi-asumsi yang digunakan dalam permodelan ini yaitu:

- 1) Kuda-kuda diasumsikan sebagai *frame*
- 2) Batang rangka penyusun kuda-kuda diasumsikan sebagai *truss*

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

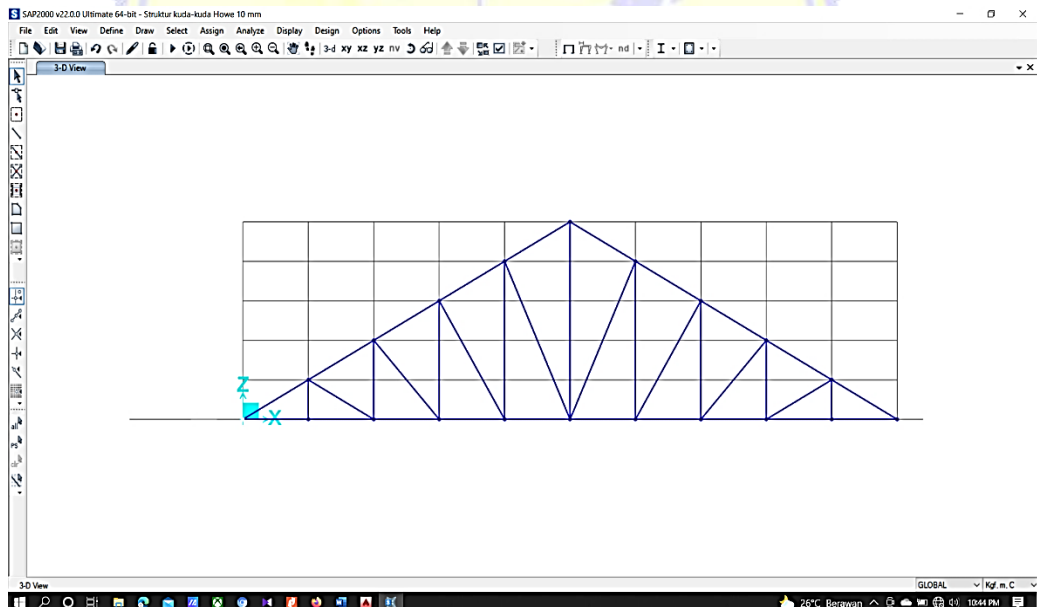
- A. Menentukan koordinat-koordinat dalam arah x, y, dan z
  - a. Sumbu X merupakan jarak bentangan antar tumpuan
  - b. Sumbu Y merupakan jarak antar kuda-kuda yang pertama dengan yang lainnya
  - c. Sumbu Z merupakan jarak vertikal

Salah satu contoh proses permodelan struktur kuda-kuda tipe Howe dengan bentangan 10 meter seperti pada gambar 3.21 di bawah ini:



**Gambar 3.21** Tahap edit data *Grid* pemodelan struktur pada *SAP2000*  
(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

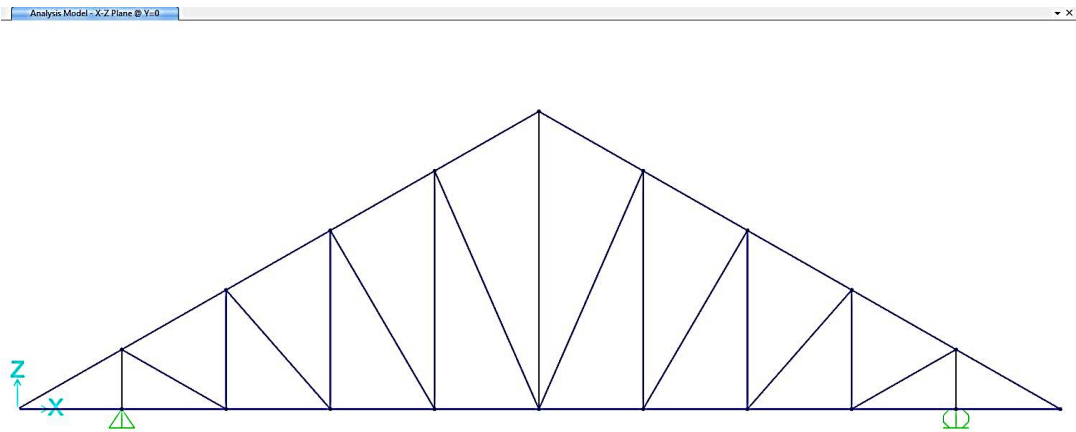
B. Melakukan pemodelan kuda-kuda dalam arah 2 dimensi seperti pada gambar 3.22 dibawah ini:



**Gambar 3.22** Tahap penggambaran model struktur pada *SAP2000*  
(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

6. Menentukan tumpuan pada permodelan struktur kuda-kuda.

Masuk menu *Assign*, pilih *Joints-Restraints*, untuk tipe kuda-kuda Howe dan Cremona tumpuan yang digunakan adalah sendi dan roll, sedangkan tipe kuda-kuda *Monobeam* menggunakan tumpuan jepit. Seperti pada gambar 3.23 sampai dibawah ini:



**Gambar 3.23** Penggunaan tumpuan pada model struktur kuda-kuda pada *SAP2000*

(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

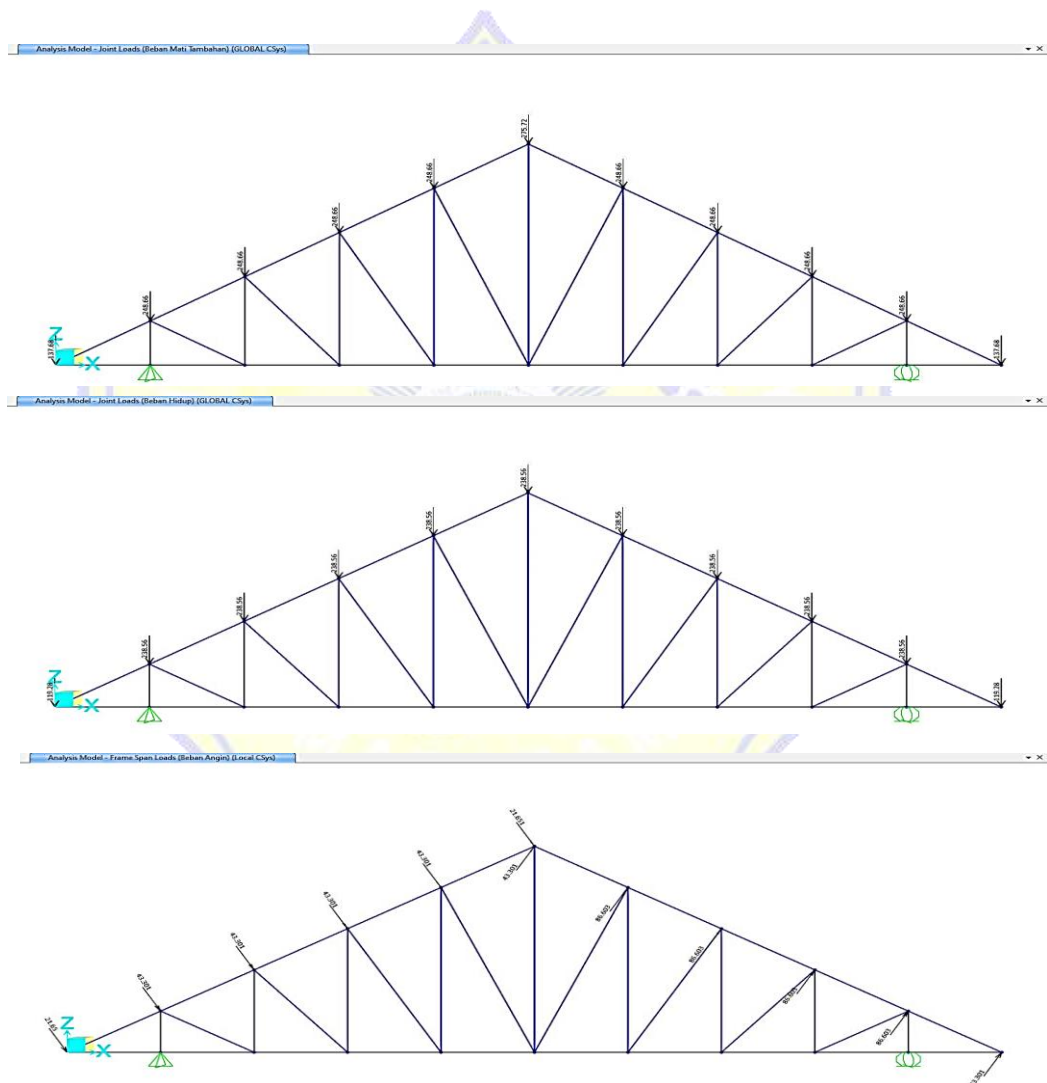
7. Penginputan beban terpusat pada masing-masing model struktur kuda-kuda.

- 1) Pilih menu *Assign*, pada *Joint Load* masuk ke menu *Forces*. Penambahan beban dapat diberikan di *joint* dan *frame*, namun karena pada model ini kita hanya menggunakan *joint* dan memilih *joint* sehingga menu *Frame Load* tidak aktif.
- 2) Jendela *Joint Forces* akan ditampilkan, terdapat beberapa bagian pada jendela ini yang harus diatur sesuai dengan beban yang akan kita pakai. Adapun bagian tersebut dan juga urutan kerjanya adalah sebagai berikut:
  - A. *Load Pattern Name*, berfungsi untuk memilih jenis beban yang akan digunakan, pilihan beban yang tersedia adalah beban yang telah dibuat di *Load Pattern* sebelumnya.
  - B. *Units*, berfungsi untuk menentukan jenis satuan yang akan kita pakai.
  - C. *Coordinate System*, merupakan sistem koordinat yang dapat dipilih untuk memberikan arah pembebanannya. Untuk model ini kita gunakan koordinat *GLOBAL*.

- D. *Loads*, menu ini terbagi atas beberapa bagian sebagai berikut:
- a. *Force Global X*, berfungsi untuk memberikan gaya searah sumbu *X* pada koordinat *GLOBAL*.
  - b. *Force Global Y*, berfungsi untuk memberikan gaya searah sumbu *Y* pada koordinat *GLOBAL*.
  - c. *Force Global Z*, berfungsi untuk memberikan gaya searah sumbu *Z* pada koordinat *GLOBAL*. Pada model ini sumbu yang berfungsi sebagai arah vertikal adalah *Z*, sehingga kita memberikan nilai pada arah sumbu ini. Umumnya penggunaan angka positif didefinisikan sebagai arah atas, karena pada pembebanan ini kita menginginkan arah kebawah (menekan) dari beban tersebut, maka kita menggunakan tanda negatif (-) untuk memberikan arah gaya.
  - d. *Moment About Global X*, berfungsi untuk memberikan nilai momen pada arah sumbu *X* koordinat *GLOBAL*.
  - e. *Moment About Global Y*, berfungsi untuk memberikan nilai momen pada arah sumbu *Y* koordinat *GLOBAL*.
  - f. *Moment About Global Z*, berfungsi untuk memberikan nilai momen pada arah sumbu *Z* koordinat *GLOBAL*.
- E. *Options*, pada options terbagi menjadi 3 yakni:
- a. *Add To Existing Load*, apabila kita ingin menambahkan beban pada *Joint* yang telah dipilih, sehingga apabila pada *Joint* tersebut telah ada beban sebelumnya dan ditambahkan lagi maka secara otomatis beban pada *Joint* tersebut akan terakumulasi. Pilihan ini juga dapat dipakai jika sebelumnya belum terdapat beban dan kita baru akan menambahkannya pada *Joint*. Untuk model kita memakai pilihan ini agar dapat memberikan beban pada *Joint* yang dipilih.

- b. *Replace Existing Load*, jika kita ingin mengganti beban yang telah ada sebelumnya menjadi beban baru yang kita buat pada *Joint* yang sama.
- c. *Delete Existing Load*, berfungsi untuk menghapus beban yang ada pada *Joint* terpilih.

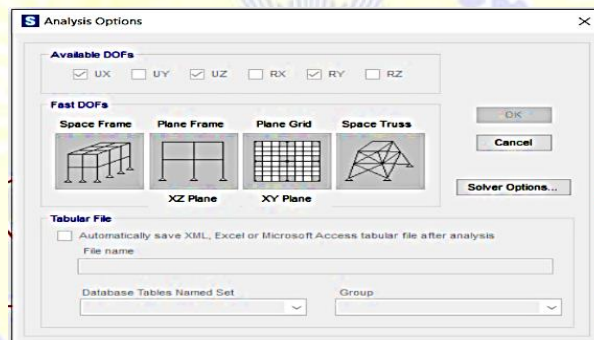
3) Input beban-beban yang bekerja pada model struktur analisis sesuai peraturan penempatan beban pada masing tipe beban yaitu beban mati, beban hidup, beban angin seperti pada gambar 3.24 berikut:



- 4) Untuk mengecek apakah jenis beban yang dimasukkan telah sesuai, kita dapat melakukannya dengan memblok seluruh struktur dan masuk ke menu *Display*, setelah itu pilih *Show Load Assigns* dan pilih *Joint* (karena kita memberi beban pada joint-nya). Apabila telah muncul jendela *Show Load Joints*, pilih beban yang akan ditampilkan pada *Load Pattern Name* dan klik *OK*. Secara otomatis lembar kerja akan menampilkan nilai dari beban yang dipilih, hal ini dilakukan untuk mencegah tertukarnya nilai beban atau tercampur akibat kurang teliti pada saat memasukkan beban.

## 8. Memulai running

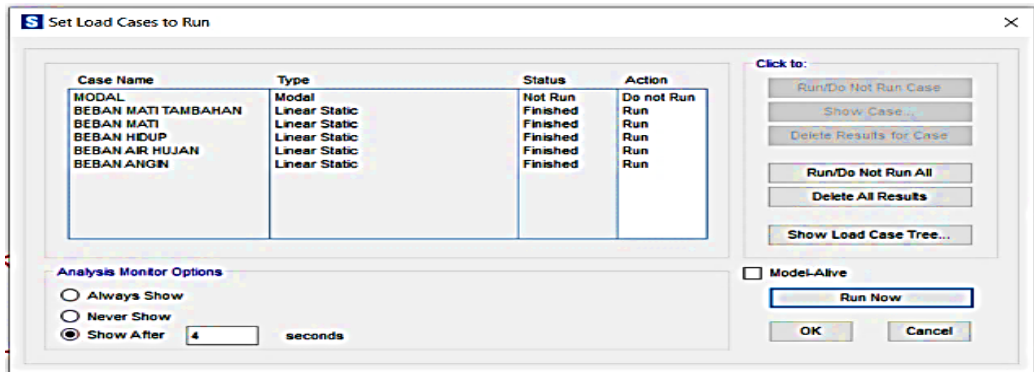
- 1) Untuk melakukan *running* dapat memilih menu *Analysis* untuk kemudian pada *opsi* yang muncul klik pada *Set Analysis Option*.
- 2) Di jendela *Analysis Options*, terdapat beberapa pilihan model struktur. Karena kita menggunakan *2D* dan *Plane XZ*, maka pilih *Plane Frame* dengan *XZ Plane*, lalu klik *OK* seperti pada gambar 3.25 berikut:



**Gambar 3.25** Tahap *running* struktur pada SAP2000

(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)

- 3) Selanjutnya masuk ke *Set Load Cases To Run*, caranya dapat melalui menekan tombol *F5*, mengklik perintah pada toolbar atau masuk ke menu *Analysis* dan pilih *Set Load Cases To Run*.
- 4) Klik modal pada *Case Name*, dan pilih *Run/ Do Not Run* agar *MODAL* tidak ikut terhitung pada saat pembebanan. Untuk menampilkan hasil monitor analisis, kita dapat mencentang pada bagian *Always Open*. Hal ini bertujuan untuk memberikan informasi terkait dengan struktur kita, apabila terjadi keanehan pada struktur maka akan ditampilkan di hasil analisisnya. Klik *Run Now* untuk menjalankan analisis seperti pada gambar 3.26 berikut:



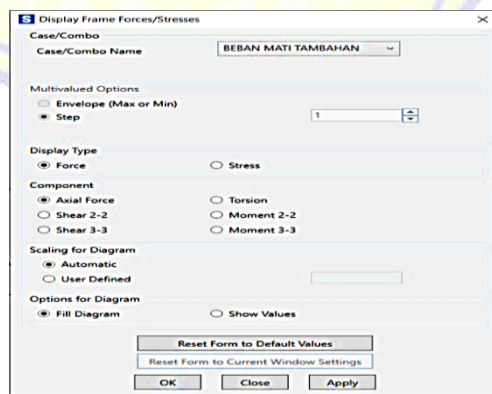
**Gambar 3.26** Tahap *running* struktur pada SAP2000

(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)

### 3.5.3. Tahapan pengecekan hasil analisis SAP2000

#### 1. Mencari nilai gaya batang yang terjadi.

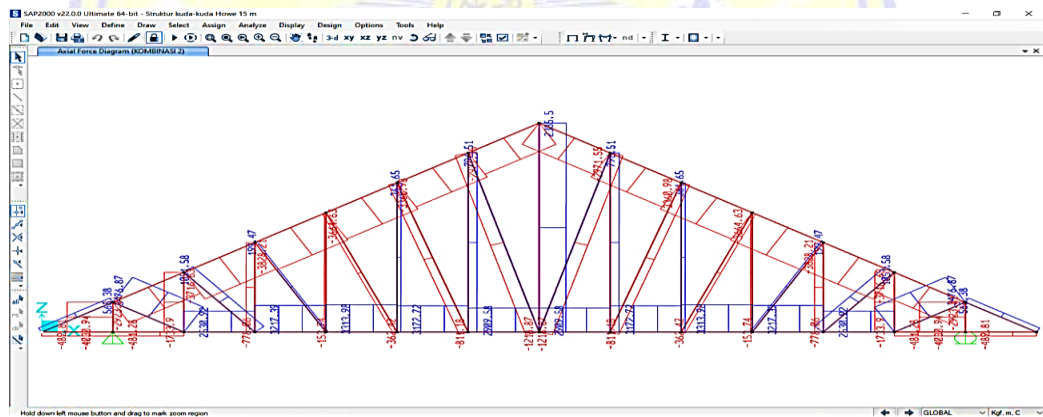
- 1) Gaya batang merupakan gaya yang terjadi akibat beban yang diberakan pada batang yang dimaksud. Gaya tersebut dapat berupa gaya tarik dan gaya tekan. Secara manual, gaya batang dapat dianalisis dengan beberapa metode perhitungan maupun grafis seperti cremona. Sedangkan untuk di SAP2000 kita cukup masuk ke menu *Display*, kemudian pilih *Show Forces/ Stresses*. Kemudian klik pada opsi *Frame* untuk menampilkan gaya pada batangnya, sedangkan jika kita ingin menampilkan gaya yang terjadi pada tumpuan dapat memilih *Joint*.
- 2) Selanjutnya akan ditampilkan jendela *Member Forces Diagram For Frame Forces* untuk *Diagram For Frame*, yang didalamnya terdapat beberapa bagian seperti pada gambar 3.27 berikut:



**Gambar 3.27** Tahap pengecekan hasil analisa struktur untuk gaya-gaya dalam pada SAP2000

(Data input SAP2000 v.22, 2022)

- A. *Case/Combo Name*, digunakan untuk memilih nama atau jenis kombinasi yang akan digunakan.
  - B. *Component*, digunakan untuk menampilkan jenis gaya reaksi yang akan ditampilkan. Karena pada model ini adalah rangka batang, dan kita ingin menampilkan gaya tarik/tekannya maka dapat memilih *Axial Force*.
  - C. *Scaling*, merupakan perintah untuk mengatur jenis skala yang digunakan. didalamnya terdapat pilihan *Auto* jika ingin skala yang digunakan menyesuaikan sendiri dengan struktur yang akan dianalisis. Sedangkan
  - D. *Scale Factor*, digunakan bila kita menginginkan nilai perubahan struktur menggunakan skala tertentu.
  - E. *Options*, digunakan untuk menampilkan bentuk gaya. Dapat memilih *Show Values On Diagram* untuk menampilkan model diagram dengan nilai gaya yang terjadi, sedangkan pilih *Fill Diagram* untuk menampilkan bentuk diagramnya saja tanpa tampilan nilai.
- 3) Klik *OK* untuk menampilkan gaya yang telah dipilih seperti pada gambar 3.28 berikut:



**Gambar 3.28** Tampilan gaya aksial hasil analisa struktur pada SAP2000

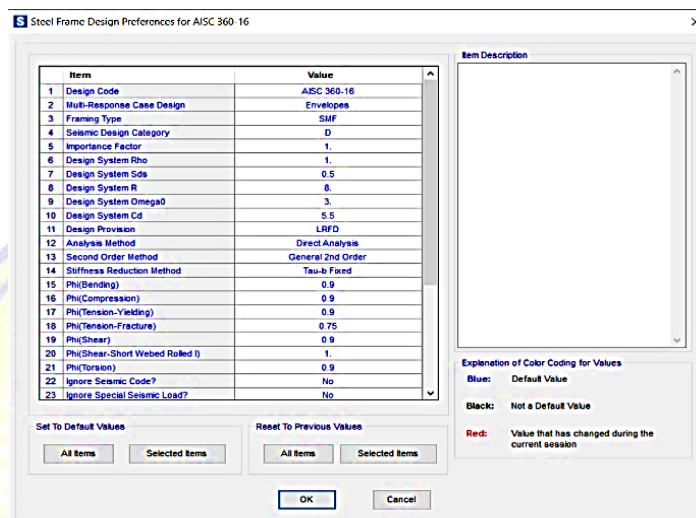
(Sumber: Data input *SAP2000 v.22*, 2022))

## 2. Pengecekan design penampang

- 1) Pengecekan desain dimensi penampang digunakan untuk mengetahui apakah penampang yang digunakan sudah aman atau belum untuk dipasang pada struktur.

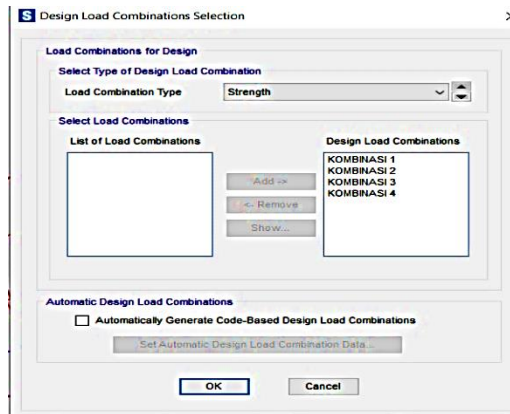


- 2) Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara masuk ke menu *Design*, lalu pilih jenis bahan yang digunakan. Karena pada model ini kita memakai baja, maka pilih *Steel Frame Design*. Kemudian pilih *View/ Revise Preferences*.
- 3) Pada jendela yang muncul, dibagian *Design Code* ubah menjadi *AISC-360-16*. Yang merupakan aturan/standar internasional yang berlaku dan mendekati dengan SNI desain struktur baja (SNI tidak terdapat di program ini). Kemudian klik *OK* seperti pada gambar 3.29 berikut:



**Gambar 3.29** Tahap pemilihan acuan *Design* yang digunakan pada *SAP2000*  
(Sumber: Data input *SAP2000* v.22, 2022)

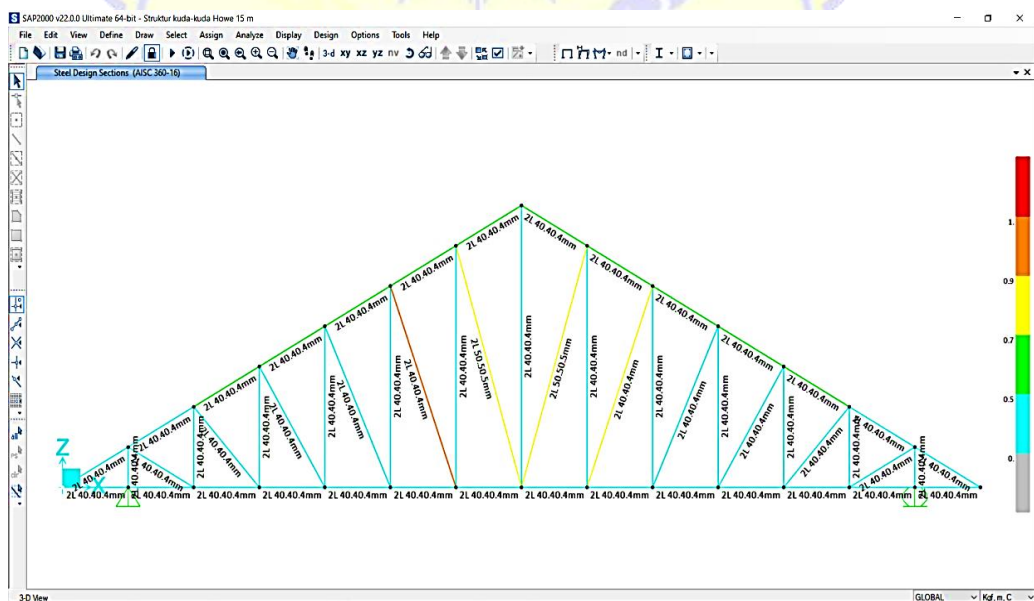
- 4) Tahapan selanjutnya adalah memilih jenis kombinasi yang akan dipakai dengan cara masuk ke menu *Design*, pilih *Steel Frame Design*, dan kemudian klik pada *Select Design Combos*.
- 5) Selanjutnya akan ditampilkan jendela *Design Load Combination Selection*. Klik pada jenis kombinasi yang akan dipake dan tekan perintah *add* agar kombinasi berpindah ke kotak disebelahnya. Pastikan pada bagian *Automatic Design Load Combinations* tidak tercentang agar tidak terjadi pembebanan kombinasi secara otomatis yang akan menambahkan jenis beban pada struktur. Karena pada model ini kita hanya akan menggunakan kombinasi yang dipilih. Jika sudah klik *OK* seperti pada gambar 3.30 berikut:



**Gambar 3.30** Tahap pengecekan hasil analisa struktur pada SAP2000  
(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)

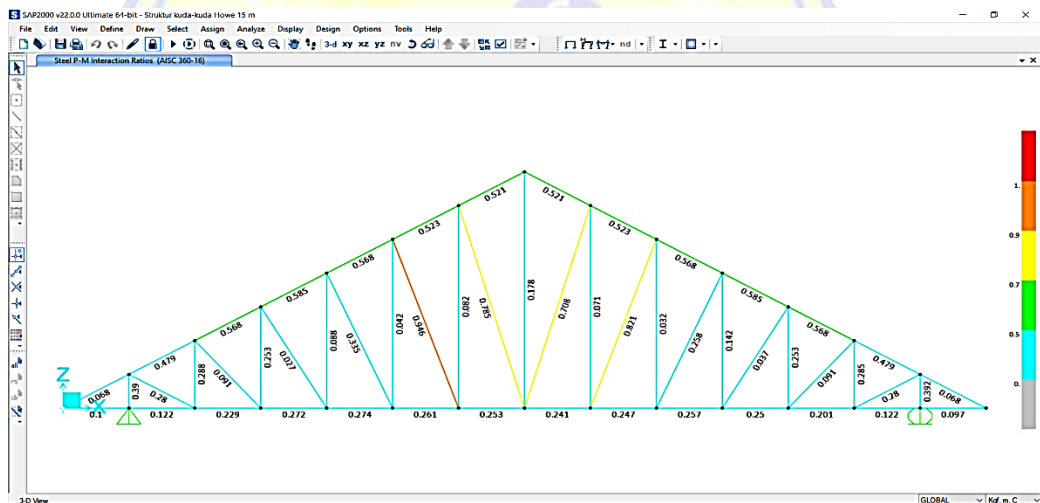
Jika kita telah memilih peraturan yang digunakan dan memilih kombinasi bebannya, maka kita bisa memulai untuk mengecek desainnya dengan cara memilih menu *Design*.

- 6) Lalu pada *Steel Frame Design* pilih *Start Design/Check Of Structure*, Pada saat kita telah memilih *Start Design/ Check Of Structure* maka secara otomatis ditampilkan nilai desainnya pada setiap bagian frame seperti pada gambar 3.31 berikut:



**Gambar 3.31** Tampilan *Steel Design Section* pada SAP2000  
(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)

- 7) Untuk dapat menampilkan nilai rasio kekuatan yang terjadi maka kita dapat masuk ke menu *Design*, pilih *Steel Frame Design*, dan klik pada *Display Design Info* sehingga akan tampil jendela *Display Steel Design Results*. Karena kita ingin melihat rasio yang dihasilkan pada penampang, maka pada design *Output Pilih P-M Ratio Colors And Values*. Klik *OK*.
- 8) Kemudian secara otomatis pada lembar kerja akan tampil model struktur lengkap dengan rasio kekuatan dan warnanya. Rasio yang dimaksud adalah perbandingan kemampuan penampang dengan gaya yang terjadi. Pada penampang ini terlihat beberapa batang mendekati keruntuhan, karena penampangnya hampir berwarna merah atau rasionya mencapai nilai 1. Sehingga kita sebaiknya memilih dimensi pemanpang yang lain untuk dipakai sehingga aman dan lebih ekonomis seperti pada gambar 3.32 berikut:



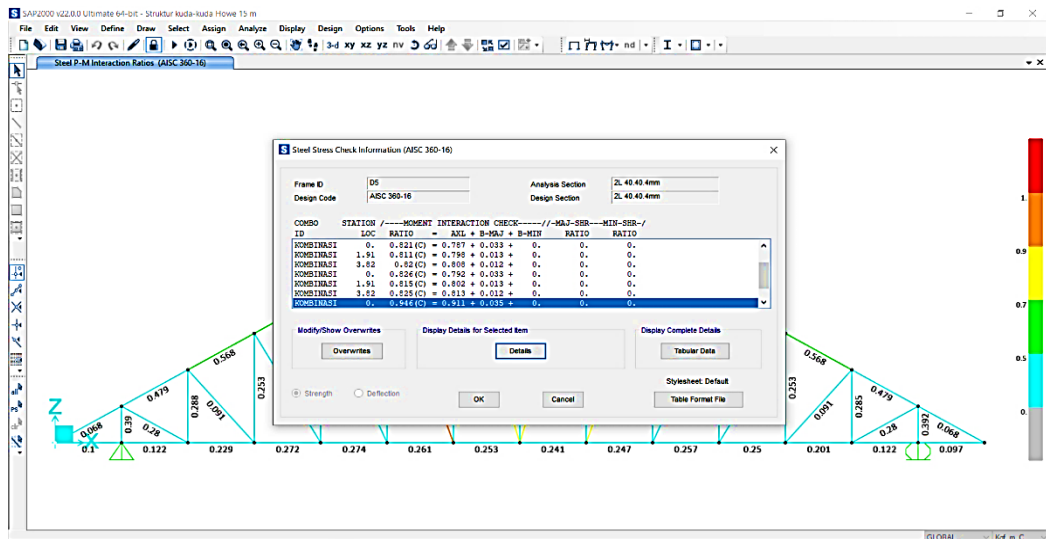
**Gambar 3.32** Tahap pengecekan nilai rasio tegangan elemen hasil analisa struktur pada *SAP2000*

(Sumber: Data input *SAP2000 v.22*, 2022)

Dimana:

- Biru (0,00-0,50) : Sangat aman
- Hijau (0,50-0,70) : Aman
- Kuning (0,70-0,90) : Mendekati aman
- Orange (0,90-1,00) : Mendekati keruntuhan/ kritis
- Merah (1,00) : Sangat tidak aman

- 9) Apabila kita ingin melihat detail informasi hasil design penampang, dapat dilakukan dengan memilih frame yang ingin diamati lalu klik kanan. Setelah itu akan tampil jendela *Steel Stress Check Information*. Klik pada *Detail* untuk masuk ke jendela selanjutnya seperti pada gambar 3.33 berikut:



**Gambar 3.33** Tahap pengecekan hasil analisa struktur pada SAP2000  
(Sumber: Data input SAP2000 v.22, 2022)