

# **SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS PERBANDINGAN BAJA PROFIL WF (WIDE FLANGE)  
MENGUNAKAN METODE ALLOWABLE STRESS DESIGN (ASD) DAN  
LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) DENGAN MODEL  
STRUKTUR GABLE FRAME PADA RELOKASI  
PASAR BLIMBING MALANG**



Disusun Oleh :

**HAKIM RAMADHAN  
NIM 10.21.071**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2014**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS PERBANDINGAN BAJA PROFIL WF (*WIDE FLANGE*)  
MENGUNAKAN METODE *ALLOWABLE STRESS DESIGN* (ASD) DAN  
*LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN* (LRFD) DENGAN MODEL  
STRUKTUR GABLE FRAME PADA RELOKASI PASAR BLIMBING  
MALANG**

*Dipertahankan Dihadapan Dewan Penguji Ujian Skripsi Jenjang Srata Satu (S-1)*

*Pada Hari Jum'at 22 Agustus 2014*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar*

*Sarjana Teknik Sipil*

disusun oleh :

**Hakim Ramadhan**

**10.21.071**

Disahkan Oleh :

**Panitia Ujian Skripsi :**

**Ketua**

**Sekretaris**

**(Ir. A. Agus Santoso, MT)**

**(Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT)**

**Anggota Penguji :**

**Penguji I**

**Penguji II**

**(Ir. Ester Priskasari, MT.)**

**(Ir. Munasih, MT.)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2014**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS PERBANDINGAN BAJA PROFIL WF (*WIDE FLANGE*)  
MENGUNAKAN METODE *ALLOWABLE STRESS DESIGN* (ASD) DAN  
*LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN* (LRFD) DENGAN MODEL  
STRUKTUR GABLE FRAME PADA RELOKASI PASAR BLIMBING  
MALANG**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun oleh :

**Hakim Ramadhan**

**10.21.071**

Disetujui oleh :

**Desen Pembimbing I**

**Desen Pembimbing II**

**(Ir. H. Sudirman Indra., M.Sc.)**

**(Ir. A. Agus Santosa., MT.)**

Mengetahui :

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S- 1**

**(Ir. A. Agus Santosa., MT.)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASINAL MALANG**

**2014**



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1**

Kampus 1 : Jl. Bendungan Sigura-gura, No.2, Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145

Kampus 2 : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636, Fax, (0341) 417634 Malang

---

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hakim Ramadhan  
NIM : 10.21.071  
Program Studi : Teknik Sipil S-1  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“STUDI ANALISIS PERBANDINGAN BAJA PROFIL WF (*WIDE FLANGE*)  
MENGUNAKAN METODE *ALLOWABLE STRSS DESIGN (ASD)* DAN  
*LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD)* DENGAN MODEL  
STRUKTUR *GABLE FRAME* PADA RELOKASI PASAR BLIMBING  
MALANG”**

Adalah skripsi hasil karya saya sendiri, dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip ataupun tidak menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya.

Malang 11 September 2014  
**Yang Membuat Pernyataan**

**(Hakim Ramadhan)**

Studi Analisis Perbandingan Baja Profil WF (*Wide Flange*) Menggunakan Metode *Allowable Stress Design (ASD)* dan *Load and Resistance Factor Design (LRFD)* Dengan Model Struktur Gable Frame Pada Relokasi Pasar Blimbing Malang

Oleh : Hakim Ramadhan (10.21.071)

Pembimbing : Ir. Sudirman Indra., M.Sc, Ir. A. Agus Santosa., MT

### ABSTRAKSI

Dijaman yang semakin berkembang ini kemajuan struktur modern dalam perkembangan konstruksi juga ikut mengalami perkembangan. Hal inilah yang membuat para perencana khususnya dalam bidang konstruksi baja berlomba-lomba untuk memberikan inovasi hingga memodifikasi untuk mendapatkan kekuatan yang lebih besar dan juga memiliki nilai estetika, serta tentunya juga ditinjau dari segi ekonomis.

Tugas Akhir ini bertujuan untuk membandingkan dua metode yaitu *Allowable Stress Design (ASD)* dan *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*, yang penekanannya pada dimensi profil baja yang digunakan dan berat keseluruhan konstruksi bangunan sehingga dapat ditinjau dari segi ekonomisnya. Sehingga dapat diketahui seberapa besar perbandingan yang akan dihasilkan dari kedua metode tersebut.

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa metode *Load and Resistance Factor Design (LRFD)* lebih irit untuk penerapannya jika dibandingkan dengan metode *Allowable Stress Design (ASD)*.

Kata Kunci : ASD, LRFD

## KATA PENGANTAR

Atas hidayah dan ridho Allah S.W.T yang telah memberikan kesempatan dan semangat yang membara sehingga terselesaikannya Skripsi ini dengan judul **“Studi Analisis Perbandingan Baja Prodil WF (*Wide Flange*) Menggunakan metode *Allowable Stress Design (ASD)* dan *Load and Resistance Factor Design (LRFD)* Dengan Model Struktur Gable Frame Pada Relokasi Pasar Blimbing Malang”** Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyelesaian Skripsi akhir ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu tak lupa kiranya penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, M.T selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr.Ir. Kustamar, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang sekaligus sebagai Dosen Pembimbing II.
4. Ibu Lila Ayu Ratna W., S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1.
5. Bapak Ir. H. Sudirman Indra., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu dengan segala kerendahan hati penyusun mohon maaf yang sebesar-besarnya jika masih banyak terdapat kekurangan di dalamnya. Untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan, diakhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penyusun

Hakim Ramadhan  
Nim. 10.21.071

## DAFTAR ISI

### COVER

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	x

### BAB I

#### PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan.....	4
1.4 Lingkup Pembahasan.....	4
1.5 Manfaat Analisa.....	5

### BAB II

#### LANDASAN TEORI

2.1 Material Baja.....	6
2.1.1 Sifat Utama Baja.....	6
2.1.2 Sifat Mekanis Baja.....	7
2.2 Pembebanan.....	7
2.3 Balok.....	8
2.3.1 Struktur Lentur.....	9
2.4 Batang Tekan.....	10
2.4.1 Kekuatan Kolom Dasar.....	11

2.4.2 Panjang Tekuk Kolom.....	12
2.5 Sambungan.....	14
2.5.1 Sambungan Baut.....	15
2.5.2 Sambungan Las.....	15
2.5.3 Sambungan Balok Kolom.....	16
2.5.4 Sambungan Siku.....	16
2.6 Plat Landas ( <i>Base Plate</i> ).....	18
2.7 <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> .....	21
2.7.1 Konsep Dasar.....	23
2.7.2 Balok.....	26
2.7.2.1 Balok dengan Tumpuan Lateral <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> .....	26
2.7.3 Batang Tarik <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> .....	29
2.7.4 Kolom.....	30
2.7.4.1 Batang Tekan <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> ....	30
2.7.5 Sambungan Baut <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> .....	30
2.7.6 Sambungan Las <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> .....	31
2.7.7 Perhitungan Plat Landas ( <i>Base Plate</i> ) <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> .....	32
2.8 Load and Resistance Factor Design (LRFD).....	32
2.8.1 Faktor Keamanan <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i> .....	34
2.8.2 Faktor Tahanan.....	35
2.8.3 Balok.....	37
2.8.3.1 Balok dengan Tumpuan Lateral <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i> .....	37
2.8.4 Batang Tarik Lateral <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i> .....	39
2.8.5 Kolom.....	41
2.8.5.1 Batang Tekan <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i> .....	40
2.8.6 Sambungan Baut <i>Load and Resistance Factor Design</i>	



(LRFD).....	42
2.8.7 Sambungan Las <i>Load and Resistance Factor Design</i> (LRFD).....	45
2.8.8 Perhitungan <i>Base Plate</i> metode <i>Load and Resistance Factor Design</i> (LRFD).....	45

### **BAB III**

#### **BAGAN ALIR**

3.1 Bagan Alir Analisis.....	48
------------------------------	----

### **BAB IV**

#### **PERENCANAAN BALOK KOLOM WF (*WIDE FLANGE*)**

4.1 Data Perencanaan.....	50
4.2 Pembebanan Metode <i>Allowable Stress Design</i> (ASD).....	52
4.2.1 Beban Mati (D).....	52
4.2.2 Beban Hidup (L).....	53
4.2.3 Beban Angin (W).....	54
4.2.4 Penguraian Beban.....	55
4.2.5 Kombinasi Pembebanan Metode ASD.....	57
4.3 Pembebanan Metode <i>Allowable Stress Design</i> (ASD).....	65
4.3.1 Beban Mati (D).....	65
4.3.2 Beban Hidup (L).....	66
4.3.3 Beban Angin (W).....	67
4.3.4 Beban Air Hujan (R).....	68
4.3.5 Penguraian Beban.....	69
4.3.6 Kombinasi Pembebanan Metode ASD.....	71
4.4 Perhitungan Konstruksi Untuk Metode <i>Allowable Stress Design</i> (ASD).....	80
4.4.1 Perhitungan Momen Portal <i>Gable Frame</i> .....	80
4.4.2 Perhitungan Balok dan Kolom.....	80
4.5 Perhitungan Konstruksi Untuk Metode <i>Load and Resistance Factor Design</i> (LRFD).....	87

4.5.1 Perhitungan Momen Portal <i>Gable Frame</i> .....	87
4.5.2 Perhitungan Balok dan Kolom.....	87
4.6 Perhitungan Sambungan Untuk Metode <i>Allowable Stress Design (ASD)</i> .....	95
4.6.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom.....	95
4.6.2 Perhitungan Sambungan Balok Balok.....	101
4.6.3 Perhitungan Plat Landas ( <i>Base Plate</i> ).....	107
4.7 Perhitungan Sambungan Untuk Metode <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i> .....	113
4.7.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom.....	113
4.7.2 Perhitungan Sambungan Balok Balok.....	120
4.7.3 Perhitungan Plat Landas ( <i>Base Plate</i> ).....	125
4.8 Perhitungan Berat Struktur.....	130

## **BAB V**

### **PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	131
---------------------	-----

DAFTAR PUSTAKA .....	132
----------------------	-----

### LAMPIRAN

### GAMBAR KERJA

## DAFTAR NOTASI

- $A$  : Luas penampang (cm)
- $A_b$  : Luas penampang angkur, ( $\text{mm}^2$ )
- $A_b$  : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut tak berulir, ( $\text{cm}^2$ )
- $A_g$  : Luas penampang kotor ( $\text{cm}^2$ )
- $A_n$  : Luas penampang netto, ( $\text{mm}^2$ )
- $A_{bc}$  : Luas bidang di dalam sambungan siku/knee ( $\text{cm}^2$ )
- $A_{st}$  : Luas pengaku ( $\text{cm}^2$ )
- $B$  : Lebar plat dasar
- $b$  : Lebar sayap/flens kolom
- $C_s$  : Gaya tekan pengaku (kg)
- $D$  : Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)
- $d$  : Tinggi keseluruhan penampang baja; diameter baut nominal
- $d_b$  : Tinggi profil (cm)
- $d_c$  : Tinggi profil kolom (cm)
- $f$  : Jarak angkur kesumbu base plate dan sumbu kolom
- FS : Faktor keamanan ( / )
- $F_t$  : Kuat tarik nominal angkur, (Mpa)
- $f_c'$  : Mutu kuat tekan beton (MPa)
- $f_u$  : Tegangan Ultimate ( $\text{kg/cm}^2$ )

- $F_v$  : Kuat geser nominal angkur, (Mpa)
- $f_v$  : Tegangan geser yang terjadi pada angkur
- $f_y$  : Tegangan leleh baja (kg/cm<sup>2</sup>)
- $F_u^b$  : Kekuatan tarik bahan baut ( 120 ksi untuk baut A325, 150 ksi untuk baut
- $F_{cr}$  : Tegangan kritis (kg/cm<sup>2</sup>)
- $F_{EXX}$  : Kekuatan tarik material elektroda
- $I$  : Momen inersia (cm<sup>4</sup>)
- $I_x, I_y$  : Momen inersia arah  $x$  dan  $y$
- $k$  : Faktor panjang efektif
- $k.L/r$  : Rasio kerampingan efektif (panjang sendi ekuivalen)
- $L$  : Beban Hidup (beban yang dapat bergerak )
- $L_k$  : Panjang tekuk kolom (cm)
- $M$  : Momen (kgcm)
- $m$  : Banyaknya bidang geser yang terlibat ( irisan tunggal atau irisan ganda )
- $M_n$  : Kekuatan momen nominal
- $M_u$  : Momen terfaktor (kgcm)
- $M_x, M_y$  : Momen lentur arah  $x$  dan  $y$
- $N$  : Panjang plat dasar
- $n$  : Jumlah baut
- $P_n$  : Kekuatan nominal batang tekan yang dibebani secara aksial
- $P_u$  : Beban layan terfaktor
- $Q_i$  : Beban

- R : Beban air hujan atau beban es
- $r$  : Radius girasi =  $\sqrt{I / Ag}$
- $r_1$  : Untuk baut dengan ulir pada bidang geser (1,9)
- $r_2$  : Untuk baut tanpa ulir pada bidang geser (1,5)
- $R_n$  : Kekuatan nominal
- $R_u$  : Kuat terfaktor atau kuat perlu
- S : Jarak antar baut
- $S_x, S_y$  : Modulus penampang arah  $x$  dan  $y$
- $S_1$  : Jarak tepi baut
- T : Gaya tarik (kg)
- t : Ketebalan bagian yang disambung (misal plat)
- $t_e$  : Dimensi lebar efektif
- $t_f$  : Tebal sayap profil
- $T_u$  : Gaya tarik terfaktor (kg)
- $T_{u2}$  : Gaya tarik yang dihasilkan oleh Mu2 (kg)
- $t_w$  : Tebal plat badan (cm)
- $T_{ub}$  : Gaya tarik terfaktor pada angkur, (N)
- v : Faktor reduksi untuk keadaan batas leleh untuk geser (0,90)
- $V_T$  : Gaya lintang pada penampang T (kg)
- $V_n$  : Gaya geser nominal (kg)
- $V_u$  : Geser terfaktor di dalam kolom (kg)
- $V_{ub}$  : Gaya geser terfaktor pada angkur, (N)

- $W$  : Beban angin  
 : Sudut  
 $\phi R_n$  : Kuat rencana  
 : Faktor resistensi; factor reduksi; Faktor tahanan pada angkur = (0,75)  
 $b$  : Faktor reduksi kuat lentur = 0,90  
 $c$  : Faktor reduksi kuat aksial tekan = 0,85  
 $t$  : Faktor resistensi untuk keadaan batas tarik = 0,75  
 $i$  : Faktor- faktor kelebihan beban  
 : Phi (3,14)  
 : Tegangan geser  
 $\tau$  : Tegangan geser yang diijinkan  
 : Rasio kerampingan untuk elemen-elemen plat  
 $c$  : Parameter kerampingan  
 $b$  : Faktor perbesaran momen untuk komponen struktur tak bergoyang  
 $\sigma$  : Tegangan ijin  
 : Faktor tekuk

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dijaman yang semakin berkembang ini kemajuan struktur modern dalam perkembangan kontruksi juga ikut mengalami perkembangan. Hal ini lah yang membuat para perencana kususnya dalam bidang konstruksi baja berlomba-lomba untuk memberikan inovasi hingga memodifikasi dari bentuk asli yang bertujuan untuk mendapatkan kekuatan yang lebih besar serta ringan dan memiliki nilai yang ekonomis. Perkembangan ini juga tidak lepas dari kemajuan ilmu pengetahuan yang juga menghasilkan teori atau pun metode yang baru sehingga terciptanya sebuah inovasi perencanaan yang lebih maju. Pada saat ini pembangunan sebuah konstruksi tidak luput dari material baja. Dengan kata lain material baja sudah menjadi bagian utama dari material pembangunan. Bangunan-bangunan sekarang pun dirancang sedemikian rupa agar memberi nilai lebih terhadap sebuah konstruksi, tidak hanya dari sisi kekuatan dan ketahanan tetapi juga dari segi ekonomis dan estetika atau keindahan.

Seperti pada pembangunan relokasi pasar hewan yang terletak di Pasar Bilimbing, Pandanwangi kota Malang. Dalam pembangunan relokasi ini menggunakan kontruksi yang terbuat dari material baja dengan model *Gable Frame*. Kontruksi model *Gable Frame* memang lumayan sering digunakan untuk jenis bangunan seperti gudang, pasar, lapangan futsal dan lain sebagainya. Kontruksi seperti ini termasuk simple dalam pengerjaannya berbeda dengan model konstruksi baja pada lainnya. Maka dari itu dijamin saat ini banyak sekali

yang mulai beralih menggunakan material baja. Selain harganya yang tergolong murah pengerjaannya pun tergolong lebih cepat.

Dalam pembangunan struktur gedung ataupun jembatan biasanya selalu menggunakan jenis baja profil. Baja profil itu sendiri adalah baja yang dibentuk khusus di fabikasi yang digunakan untuk pekerjaan struktur baja. Bentuk – bentuk baja yang sering digunakan di lapangan untuk pekerjaan struktur baja antara lain baja dalam bentuk balok I, kanal C, profil WF, H, baja siku-siku dan lain-lain. Profil WF (*Wide Flange*) adalah salah satu profil baja struktural yang paling populer digunakan untuk konstruksi baja. Profil ini biasa digunakan untuk : balok, kolom, tiang pancang dan lain sebagainya. Profil baja WF biasa juga disebut dengan istilah profil H, namun bedanya adalah kalau profil baja WF menggunakan sudut lengkung atau biasa disebut *rolled* dan yang dibuat di fabikasi. Sedangkan profil H menggunakan sudut las atau *welded*. Untuk penerapannya sendiri dalam konstruksi bangunan semua tergantung pada fungsi bangunan dan metode analisisnya.

Untuk metode analisis sendiri ada beberapa metode yang biasa digunakan, yaitu metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) Perencanaan Faktor Daya Tahan dan Beban atau yang biasa dikenal dengan perencanaan keadaan batas (*limit state*). Metode ini adalah hasil penelitian dari *Advisory Task Force* yang dipimpin oleh T. V. Glambos. Pada perhitungan ini kekuatan nominal  $M_n$  penampang struktur yang dikaitkan oleh factor pengurangan kapasitas (*under-capacity*) , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidak pastian besarnya daya tahan (*resistance uncertainties*). Selain itu diperhitungkan juga faktor gaya dalam ultimit  $M_u$  dengan kelebihan beban



(*overload*) (bilangan yang lebih besar dari 1,0) untuk menghitung ketidakpastian dalam analisa struktur dalam menahan beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

Selain metode LRFD diatas, perhitungan konstruksi dilapangan juga sering menggunakan metode ASD (*Allowable Stress Design*) Perencanaan Tegangan Kerja. Dalam metode ini, elemen struktur pada bangunan (pelat/ balok/ kolom/ pondasi) harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan yang timbul akibat beban kerja/layan tidak melampaui tegangan ijin yang telah ditetapkan ( $\sigma_{maks} \leq \sigma_{ijin}$ ). Tegangan ijin ini ditentukan oleh peraturan bangunan atau spesifikasi seperti *American Institute of Steel Construction (AISC) Specification 1978* untuk mendapatkan faktor keamanan terhadap tercapainya tegangan batas, seperti tegangan leleh minimum atau tegangan tekuk (*buckling*). Berdasarkan perbandingan tersebut diatas, maka penulis mencoba alternatif studi analisis perbandingan dua metode yaitu LRFD dan ASD untuk baja profil WF pada struktur *Gable Frame* di relokasi pasar Blimbing Malang.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang maka perlu dibuat suatu perumusan masalah. Adapun perumusan masalah yang penulis kemukakan adalah sebagai berikut:

- a) Apakah keuntungan dan kerugian menggunakan metode LRFD ataupun metode ASD ?
- b) Manakah diantara kedua metode ASD dan LRFD yang lebih ekonomis penerapannya jika menggunakan baja profil WF ?

### 1.3. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari penulisan proposal ini adalah untuk menganalisis perbandingan antara dua metode yaitu metode ASD dan LRFD.

Tujuan utamanya adalah:

- a) Untuk mengetahui keuntungan dan kerugian yang diperoleh jika menggunakan metode LRFD ataupun ASD.
- b) Untuk mengetahui perbedaan hasil analisis dengan dua metode yaitu ASD dan LRFD jika menggunakan profil baja WF dari segi ekonomis.

### 1.4. Lingkup Pembahasan

Untuk memeperjelas analisis ini agar lebih mengarah kepada pembahasannya, maka perlu adanya batasan- batasan masalah antara lain:

- a) Pembebanan pada *Gable Frame*.
- b) Analisa struktur *Gable Frame*.
- c) Analisa perbandingan dengan menggunakan dua metode yaitu ASD dan LRFD.
- d) Perencanaan kolom (*Column*).
- e) Analisa Balok (*Beam*).
- f) Perencanaan sambungan (*Connections*).
- g) Perencanaan plat dasar (*Base plate*)

Sedangkan untuk peraturan yang dipakai sebagai acuan dalam perencanaan struktur *Gable Frame* adalah :

1. Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung, 1983

2. Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Banguna Gedung, (SNI 03 – 1729 – 2002).
3. AISC, *Manual of Steel Construction*, Thirteenth Edition, 2005, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago.
4. AISD, LRFD, *Manual of Steel Construction*, second Edition, 1994, (*volume I : Stuctural Member, Spesification, And Codes ; volume II : Connections*) American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago
5. AISD, ASD, *Manual of Steel Constructio2*, second Edition, 1989.
6. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI), 1984.

### **1.5. Manfaat Analisa**

Studi analisa ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan suatu hasil analisa dengan dua metode yang berbeda yaitu ASD dan LRFD sehingga dapat di pilih salah satu dari keduanya mana yang lebih optimal untuk diterapkan pada relokasi Pasar Blimbing.
2. Memberikan informasi tentang sejauh mana perbedaan hasil dari perhitungan jika menggunakan balok profil WF (*Wide Flange*) dengan perbandingan dua metode yang berbeda untuk *Gable Frame* pada relokasi pasar Blimbing.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Material Baja**

##### **2.1.1. Sifat Utama Baja**

Pemilihan akan bahan baja disebabkan dari keunggulan atau sifat umum dari baja itu sendiri, dimana tergantung dari bermacam – macam logam campuran dan proses pengerjaannya. Beberapa sifat umum dari baja :

( Ir. Sudirman Indra, Msc. Baja 1: 6 )

#### **1. Keteguhan ( Solidity )**

Yaitu batas dari tegangan dalam dimana perpatahan mulai berlangsung, dapat dikatakan pula sebagai daya perlawanan baja terhadap tarikan, tekanan dan lentur.

#### **2. Elastisitas ( Elasticity )**

Yaitu kesanggupan dalam batas – batas pembebanan tertentu dan apabila sesudahnya pembebanan diiadakan akan kembali ke bentuk semula.

#### **3. Kekenyalan atau keliatan ( Tenacity )**

Merupakan kemampuan baja untuk menyerap energi mekanis atau kesanggupan untuk menerima perubahan – perubahan bentuk yang besar tanpa menderita kerugian berupa cacat – cacat atau kerusakan yang terlihat dari luar, dan dalam jangka pendek sebelum patah masih merubah bentuk.

#### **4. Kemungkinan ditempa ( Malleability )**

Dalam keadaan pijar baja menjadi lembek dan plastis tanpa merugikan sifat – sifat keteguhannya sehingga dapat berubah bentuknya dengan baik.

## 5. Kemungkinan Dilas ( Weldability )

Sifat dalam keadaan panas digabungkan satu dengan yang lain dengan memakai atau tidak memakai bahan tambahan, tanpa merugikan sifat – sifat keteguhan.

## 6. Kekerasan ( Hardness )

Adalah kekuatan melawaan terhadap masuknya benda lain kedalamnya.

### 2.1.2 Sifat Mekanis Baja

Sifat mekanis baja untuk perencanaan yaitu :

$$\text{Modulus Elastisitas Baja (E)} = 2.1 \times 10^6$$

**Tabel 2.1** Sifat Mekanis Baja Struktur

Mutu Baja	Tegangan Putus Minimum Fu (Mpa)	Tegangan Leleh Minimum Fy (Mpa)	Peregangan Minimum ( % )
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, ITB Bandung 2000)

### 2.2. Pembebanan

Perilaku struktur sangat dipengaruhi oleh beban yang ditanggung, beban yang akan ditanggung oleh struktur tidak selalu dapat diramalkan dengan tepat. Bahkan apabila beban-beban itu telah diketahui dengan baik pada sebuah struktur tertentu, distribusi beban dari satu elemen ke elemen yang lain masih

membutuhkan asumsi dan pendekatan. Berikut ini adalah beban-beban yang paling dikenal dalam suatu perhitungan :

### **1. Beban Mati**

Yaitu beban yang diakibatkan oleh berat sendiri konstruksi yang bersifat tetap dan terdiri dari : dinding, lantai, atap, plafon, tangga, balok, kolom.

### **2. Beban Hidup**

Yaitu beban yang ditimbulkan oleh jenis kegunaan gedung yang bersifat tidak tetap, misalnya : manusia, peralatan yang tidak tetap

### **3. Beban Angin**

Yaitu beban yang ditimbulkan oleh angin, dan beban ini harus diperhitungkan untuk struktur tingkat tinggi.

### **4. Beban Gempa**

Yaitu beban yang ditimbulkan akibat gerakan-gerakan lapisan bumi kearah horizontal dan vertical, namun biasanya gerakan vertikalnya lebih kecil dibandingkan gerakan horisontalnya.

## **2.3. Balok**

Pada umumnya balok dipandang sebagai sesuatu batang yang terutama memikul pembebanan gravitasi secara transversal. Istilah pembebanan transversal diambil untuk dapat mencakup momen- momen ujung. Dengan demikian yang disebut balok pada suatu struktur dapat berarti sebagai gelagar (*gilder*), biasanya merupakan balok paling penting yang kerap kali berjarak berjauhan; balok anak (*joist*), biasanya merupakan balok yang kurang penting dan jaraknya berdekatan, kerap kali dengan badan tipe *truss*; gording (*purlin*), yakni balok atap yang membentang diantara balok- balok lantai (*stringer*); balok- balok dinding

horizontal yang terutama berfungsi untuk menahan lenturan akibat angin pada sisi bangunan industrial (*girts*), kerap kali menahan dinding bergelombang; dan balok ambang (*lintel*), batang yang mendukung dinding diatas bukan jendela atau pintu. Kadang digunakan pula istilah- istilah lain seperti *header*, *trimmer*, dan *rafter*, tapi identifikasi balik dengan istilah- istilah ini tidak berlaku umum.

### 2.3.1 Struktur Lentur

Rumus umum perhitungan tegangan akibat momel lentur, seperti dipelajari dalam mata kuliah Mekanika Bahan (  $\sigma = M.c/I$  ) dapat digunakan dalam kondisi yang umum. Tegangan lentur pada penampang profil yang mempunyai minimal satu sumbu simetri dan dibebani pada pusat gesernya, dapat dihitung dari persamaan : (*Perencanaan Struktur Baja edisi kedua hal. 80*)

$$f = \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y} \quad (2.3.1)$$

dengan  $S_x = \frac{I_x}{C_y}$  dan  $S_y = \frac{I_y}{C_x}$

Sehingga  $f = \frac{M_x \cdot C_y}{I_x} + \frac{M_y \cdot C_x}{I_y} \quad (2.3. 2)$

Dimana :

$E_f$  = Tegangan lentur

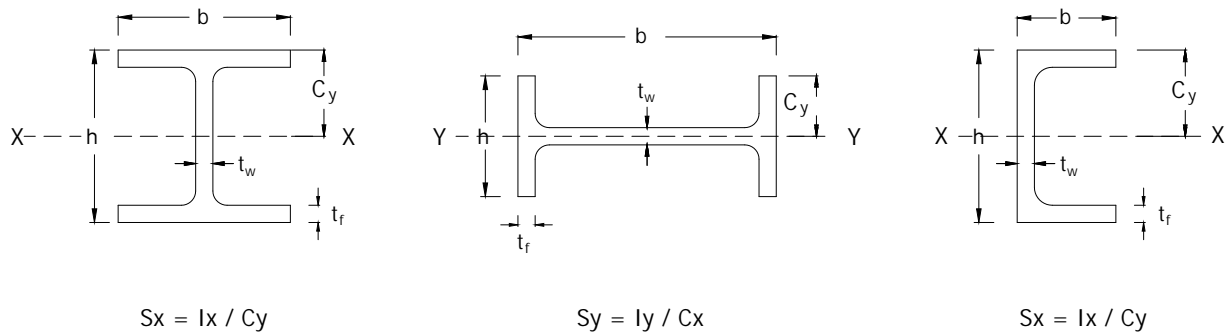
$M_x, M_y$  = Momen lentur arah  $x$  dan  $y$

$S_x, S_y$  = Modulus penampang arah  $x$  dan  $y$

$I_x, I_y$  = Momen inersi arah  $x$  dan  $y$

$C_x, C_y$  = Jarak dari titik berat ke tepi serat arah  $x$  dan  $y$

**Gambar 2.1** menunjukkan beberapa penampang yang mempunyai minimal satu buah sumbu simetri.



**Gambar 2.1** Modulus Penampang Berbagai Tipe Profil Simetri

#### 2.4. Batang Tekan

Dari mekanika bahan dasar diketahui bahwa hanya kolom yang sangat pendek saja yang dapat dibebani sampai ke tegangan lelehnya. Situasi yang umum, yakni tekukan (buckling) atau lenturan tiba-tiba akibat ke tidak stabilan terjadi sebelum tercapainya kekuatan penuh material elemen yang bersangkutan. Dengan demikian, untuk desain elemen-elemen tersebut dalam struktur baja, diperlukan pengetahuan yang mendalam mengenai elemen batang tekan.

Teori kekuatan elemen tekan dikenalkan oleh *Leonard Euler*. Suatu batang tekan yang semula lurus mendapat pembebanan konsentrik, dimana semula semua serat dalam keadaan elastic sampai terjadi tekukan. Meskipun Euler membahas tentang batang yang terjepit pada salah satu ujungnya dan bertumpuan sederhana pada ujung lainnya, logika yang sama juga dapat diterapkan pada kolom berujung sendi. Karena memiliki perlawanan rotasional ujung sama dengan nol, batang itu menjadi batang dengan kekuatan tekuk kecil.



Untuk beban Euler pada kolom dengan kedua ujung sendi besarnya adalah; (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, hal: 317*)

$$P_{cr} = \frac{f^2 E.I}{L_k^2} \text{ dengan } I = r^2 \cdot A_g \quad (2.4.1)$$

$$P_{cr} = \frac{f^2 E.A_g}{(Lk/r)^2}$$

Dimana :

E : Modulus elastisitas (kg/cm<sup>2</sup>)      L<sub>k</sub> : Panjang tekuk kolom (cm)

I : Momen inersia (cm<sup>4</sup>)      : *Phi (3,14)*

#### 2.4.1 Kekuatan Kolom Dasar

Untuk menentukan kekuatan kolom dasar, beberapa kondisi perlu diasumsikan bagi sebuah kolom ideal. Sedangkan materialnya dapat diasumsikan bahwa terdapat sifat tegangan-tegangan tekan yang sama di seluruh penampang, tidak terdapat tegangan interval awal seperti yang terjadi karena pendinginan setelah penempaan atau pengelasan. Mengenai bentuk dan kondisi ujung, dapat diasumsikan bahwa kolom tersebut lurus dan prismatic sempurna, resultan beban bekerja melalui sumbu sentroid elemen tekan sampai elemen tekan tersebut melentur. Kondisi ujung harus ditentukan sehingga dapat panjang ujung jepit ekuivalennya. Kemudian asumsi lebih lanjut tentang tekuk, seperti teori defleksi kecil pada problema lentur biasa dapat diberlakukan dan gaya geser dapat diabaikan, serta puntiran atau distorsi penampang lintang tidak terjadi selama lenturan. Untuk itu kekuatan sebuah kolom dapat diwujudkan sebagai; (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, hal: 318*)

$$P_{cr} = \frac{E \cdot I}{(KL/r)^2} = A_g \cdot F_{cr} = F_{cr} \cdot A_g \quad (2.4.2)$$

Dimana :

$E$  : Modulus elastisitas ( $\text{kg/cm}^2$ )

$KL/r$  : Rasio kerampingan efektif (panjang sendi ekuivalen)

$K$  : Faktor panjang efektif

$L$  : Panjang batang yang ditinjau (cm)

$A_g$  : Luas penampang kotor ( $\text{cm}^2$ )

$I$  : Momen inersia ( $\text{cm}^4$ )

$r$  : Radius girasi =  $\sqrt{I / A_g}$

#### 2.4.2 Panjang Tekuk Kolom

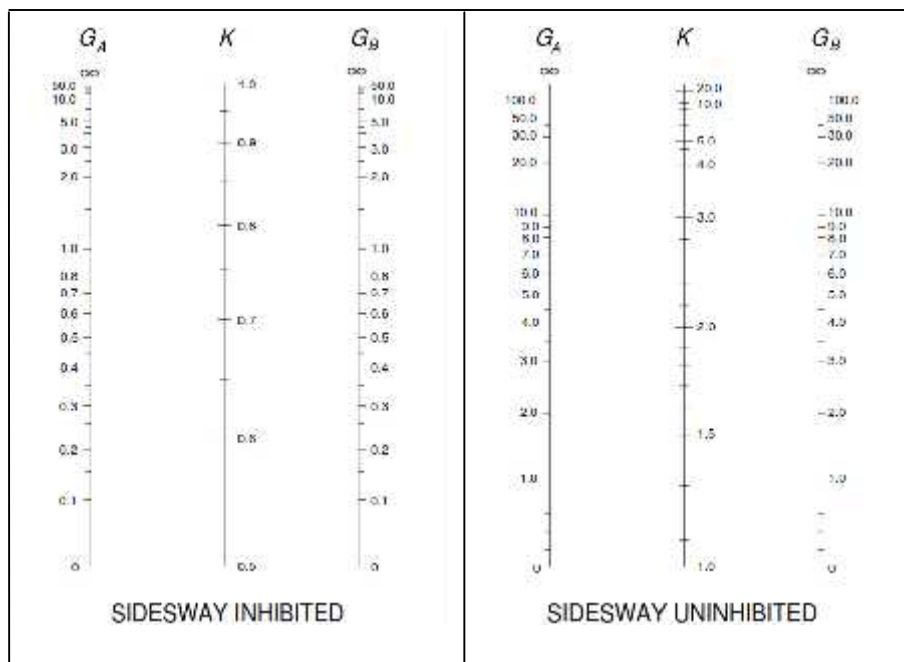
Kekuatan kolom mengasumsikan ujung sendi di mana tidak ada kekangan rotasional momen. Kekangan momen nol pada ujung merupakan situasi paling lemah untuk batang tekan yang salah satu ujungnya tidak dapat bergerak transversal relatif terhadap ujung lainnya. Untuk kolom berujung sendi semacam ini, panjang ekivalen ujung sendi  $KL$  merupakan panjang  $L$  sebenarnya; dengan demikian  $K = 1$ . Panjang ekivalen berujung sendi disebut sebagai panjang efektif. Untuk memaksa sendi plastis pada balok, maka kolom dibuat lebih kuat (*overstrenght*). Untuk maksud tersebut, maka kolom direncanakan masih dalam keadaan elastis. Panjang efektif kolom ( $L_k$ ) didapat dengan mengalihkan suatu faktor panjang efektif ( $k$ ) dengan panjang kolom ( $L$ ), nilai “ $k$ ” didapat dari nomograf (*AISC, LRFD; Manual Of Steel Counstruction, Column Design 3-6*), dengan menghitung nilai  $G$ , yaitu :

$$G = \frac{\sum (I / L) \text{ kolom}}{\sum (I / L) \text{ balok}} \quad (2.4.3)$$

Dimana :

I : Momen kelembaman kolom/balok (cm<sup>4</sup>)

L : Panjang kolom/balok (cm)



(Sumber; AISC, LRFD; Manual Of Steel Counstruction, second edition; Column Design 3-6)

**Gambar 2.2.** Nomograf panjang tekuk kolom portal

Kolom dengan kekangan yang besar terhadap rotasi dan translasi pada ujung-ujungnya (contohnya tumpuan jepit) akan mampu menahan beban yang besar dibandingkan dengan kolom yang mengalami rotasi serta translasi pada bagian tumpuannya (contohnya adalah tumpuan sendi). Selain tumpuan ujung, besar beban yang dapat diterima oleh suatu komponen struktur tekan juga tergantung dari panjang efektifnya. Semakin kecil panjang efektif suatu komponen struktur tekan, maka semakin kecil pula resiko terhadap masalah tekuk.

Panjang efektif suatu kolom secara sederhana dapat didefinisikan sebagai jarak diantara dua titik pada kolom tersebut yang mempunyai momen sama dengan nol, atau didefinisikan pula sebagai jarak diantara dua titik belok dari kelengkungan kolom.

Garis terputus menunjukkan posisi kolom saat tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai $k_c$	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Nilai $k_c$	0,65	0,8	1,2	1,0	2,1	2,0
Keterangan kode ujung						

(Sumber; *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal:57*)

**Gambar 2.3.** Nilai faktor panjang tekuk untuk beberapa macam perletakan

## 2.5. Sambungan

Sambungan memang peran penting pada setiap struktur baja, baik dalam desain elastic maupun plastis. Karena suatu keruntuhan struktur lebih sering diakibatkan oleh sambungan daripada oleh batang itu sendiri. Dalam desain plastis, sambungan harus memungkinkan suatu struktur untuk mencapai kapasitas momen plastis penampangnya. Dari urain sebelumnya, telah kita ketahui bahwa momen plastis sering terletak pada pertemuan dua batang atau lebih. Hal ini dapat

dicapai dengan adanya teknik penyambungan modern, baik dengan menggunakan las , las sebagian, baut, ataupun paku keeling.

### **2.5.1. Sambungan Baut**

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang disamping las yang cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keling sebagai alat pengencang karena beberapa kelebihan yang dimilikinya dibanding kan paku keling, seperti penggunaan tenaga kerja yang lebih sedikit, kemampuan menerima gaya yang lebih besar dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya konstruksi. Selain mutu tinggi, ada pula baut mutu normal A 307 terbuat dari baja kadar karbon rendah.

Dua tipe dasar baut mutu tinggi yang di standarkan ASTM adalah tipe A325 dan A490. Baut ini mempunyai kepala berbentuk segi enam, baut A325 terbuat dari baja karbonyang memiliki kuat leleh 560–630 MPa sedangkan baut A490 yang terbuat dari baja alloy dengan kuat leleh 790–900 MPa.

### **2.5.2. Sambungan Las**

Pengelasan Adalah suatu proses penyambungan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. Meskipun pemakaian las sudah sering dijumpai, akan tetapi pemakaian las dalam bidang konstruksi masih terbilang baru, hal ini antara lain disebabkan pemikiran para ahli mengenai beberapa kerugian las yaitu bahwa las dapat

mengurangi tahanan lelah bahan (*fatigue strenght*) dibanding paku keling dan mereka juga berpendapat tidak mungkin untuk memastikan kualitas las yang baik.

### **2.5.3. Sambungan Balok Kolom**

Pada sambungan Kolom ke Balok adalah menjadi tujuan desain untuk membuat tranfer momen secara penuh dan sedikit atau tidak ada rotasi relatif dari batang–batang yang disambungkan tersebut, Pertimbangan desain yang utama adalah pada cara mentranmisikan beban–beban terpusat yang disebabkan gaya flens pada balok ke kolom disebelahnya. Pelat badan mungkin tidak mampu menerima beban tekan dari suatu flens balok tanpa adanya pengaku tambahan, sedangkan flens suatu kolom dapat memiliki deformasi yang berlebihan akibat gaya tarik dari suatu flens balok.

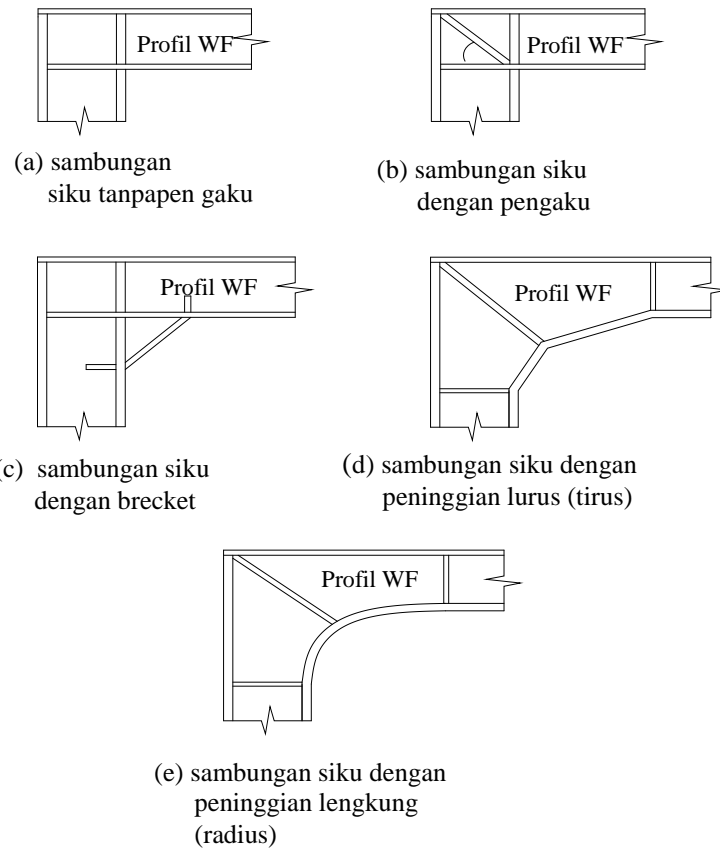
### **2.5.4. Sambungan Siku**

Dalam merencanakan suatu sambungan siku yang layak seharusnya :

- a. Menstransfer momen ujung antara balok dan kolom
- b. Menstransfer geser ujung balok ke dalam kolom
- c. Menstransfer geser pada bagian atas kolom ke balok

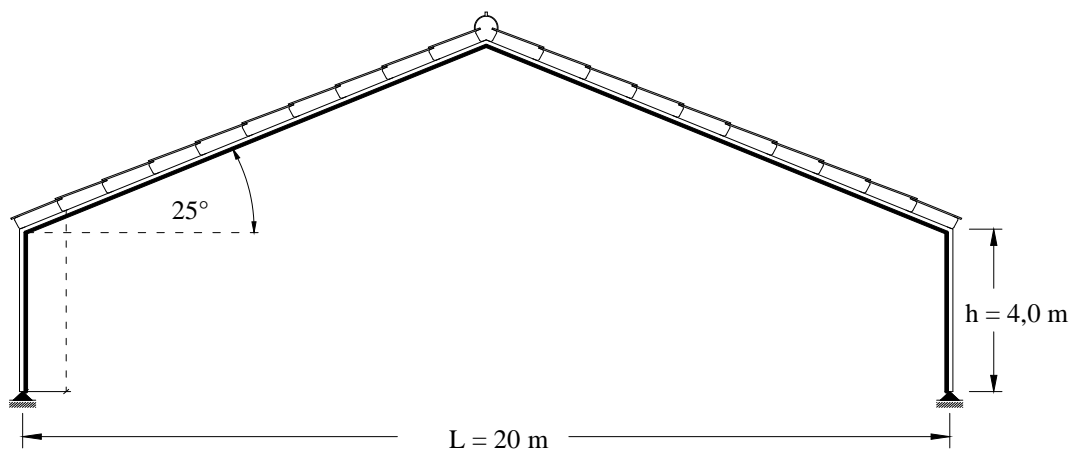
Tiga macam keruntuhan suatu struktur pada daerah sambungan yaitu :

1. Keruntuhan pada daerah tekan, terjadi karena plastifikasi lokal web dan tekuk lokal web
2. Keruntuhan pada daerah tarik, terjadi karena plastifikasi flens (sayap)
3. Keruntuhan akibat geser, terjadi pada plat badan

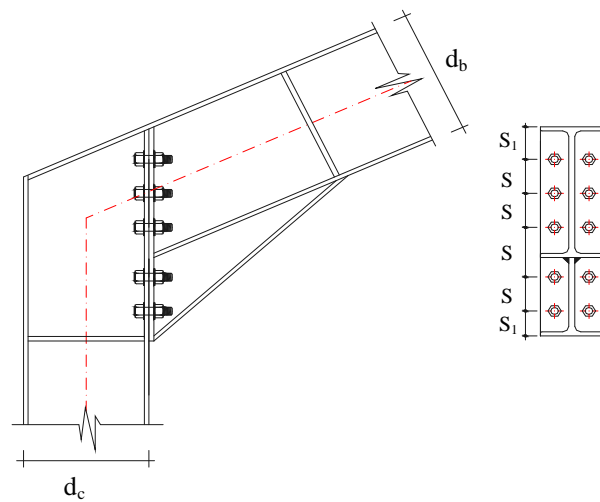


(Struktur Baja 2; Charles G. Salmon; 13.8.1)

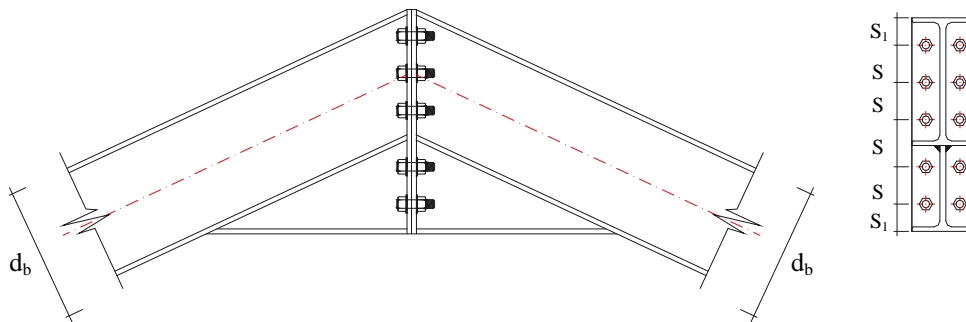
**Gambar 2.4.** Sambungan siku rangka-rigid



**Gambar 2.5.** Struktur Gable Frame



**Gambar 2.6.** Model sambungan tepi (sambungan kolom-balok)



**Gambar 2.7.** Model sambungan puncak (sambungan balok-balok)

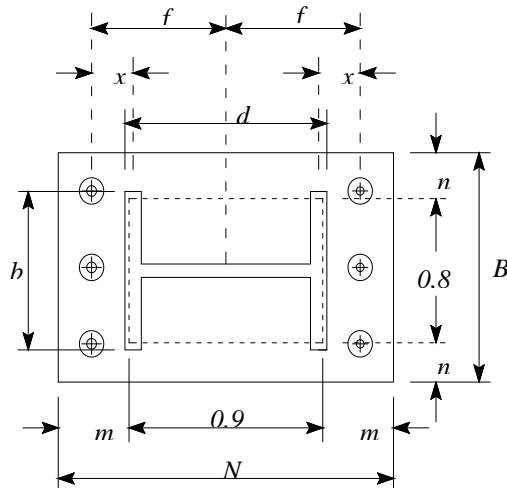
## 2.6. Plat Landas (*Base Plate*)

Dalam perencanaan suatu struktur baja , bagian penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan istilah *base plate*. Pada umumnya suatu struktur *base plate* terdiri dari suatu plat dasar, angkur serta sirip-sirip pengaku (*stiffener*). Suatu sturuktur base plate dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentranfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke pondasi .

Pelat dasar baja umumnya digunakan di bawah kolom untuk distribusi beban kolom di wilayah yang cukup untuk beton pondasi. Kecuali untuk  $m$  dan  $n$



dimensi yang kecil, pelat dasar dirancang sebagai balok kantilever, tetap di tepi persegi panjang yang sisi-sisinya adalah  $0,80b_f$  dan  $0,95d$ . Beban kolom,  $P$ , diasumsikan terdistribusi secara merata di atas pelat dasar dalam persegi panjang. Membiarkan  $F_b$  sebesar  $0,75F_y$ , ketebalan yang diperlukan ditemukan dari rumus :  
*(Steel Construction, AISC 8th 3-99)*



*(Sumber; Perencanaan Struktur Baja LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 330)*

**Gambar 2.8.** Penampang Base Plate

$$m = \frac{(N - 0,95.d)}{2} \quad (2.6.1)$$

$$n = \frac{(B - 0,8.b_f)}{2} \quad (2.6.2)$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} \quad (2.6.3)$$

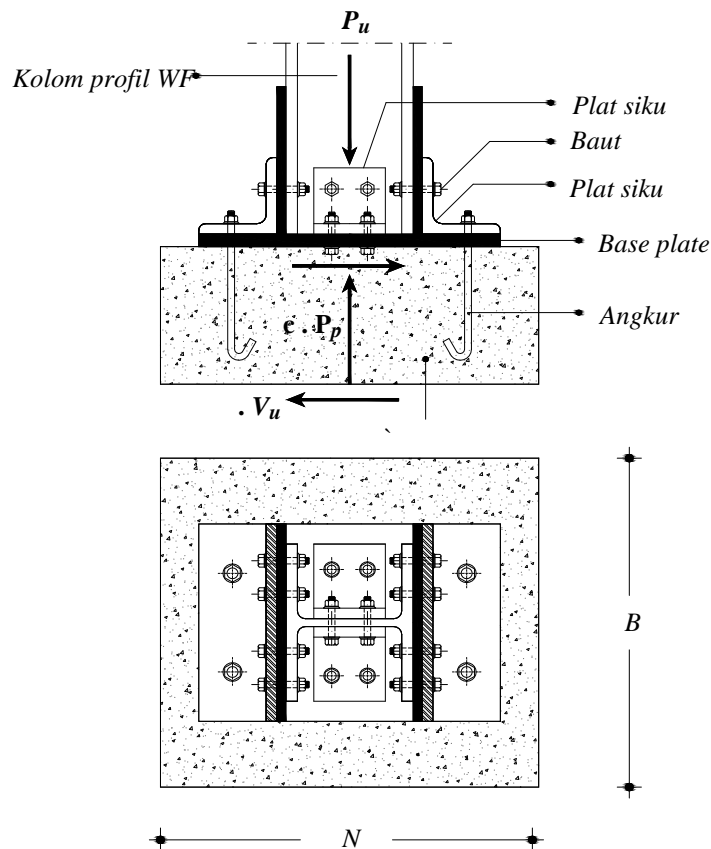
Dimana :

$B$  : Lebar base plate

$N$  : Panjang base plate

- $b$  : Lebar sayap/flens kolom
- $d$  : Tinggi profil kolom
- $f$  : Jarak angkur kesumbu base plate dan sumbu kolom

Struktur *base plate* tanpa beban momen lentur, atau dalam bentuk idealisasi tumpuan, adalah berupa tumpuan sendi. Dalam kasus ini suatu base plate harus mampu memikul gaya aksial serta gaya geser. Karena tidak ada momen lentur yang bekerja, maka akan terjadi distribusi tegangan yang merata sepanjang bidang kontak antara *base plate* dan beton penumpu. Sedangkan angkur yang terpasang ditujukan untuk menahan gaya geser yang terjadi.



**Gambar 2.9.** Base Plate dengan gaya aksial dan gaya geser

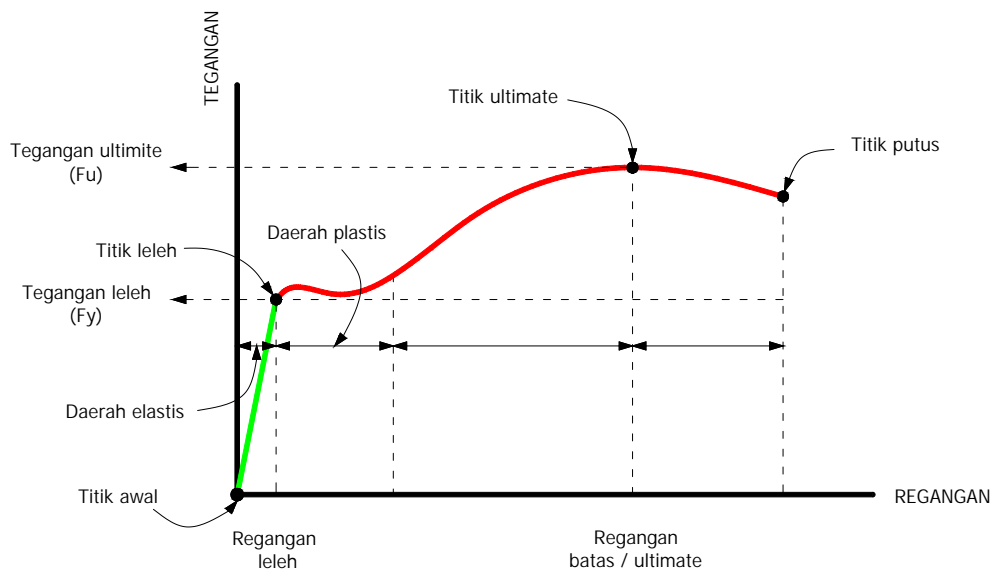
## 2.7. Allowable Stress Design (ASD)

Didalam perencanaan struktur bangunan baja, terdapat beberapa metode perencanaan yang berkembang secara bertahap di dalam sejarahnya (Blowles, 1979), yaitu :

### Perencanaan Tegangan Kerja / *Allowable Stress Design* (ASD)

Metode tradisional dari spesifikasi AISC adalah *Allowable Stress Design* (*desain tegangan yang diijinkan*) yang disebut pula *working stress design* (*desain tegangan kerja*). Dalam *Allowable Stress Design* (ASD) fokusnya terletak pada kondisi- kondisi beban layanan (yakni tegangan- tegangan unit yang mengasumsikan struktur- struktur tersebut. Didalam metode ini, elemen struktur pada bangunan (pelat/kolom/pondasi) harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan yang timbul akibat beban kerja atau/layan tidak melampaui tegangan ijin yang telah ditetapkan. maks ijin

Tegangan ijin ini ditentukan oleh peraturan bangunan atau spesifikasi (seperti *American Institute of Steel Construction (AISC) Specification 1978*) untuk mendapatkan faktor keamanan terhadap tercapainya tegangan batas, seperti tegangan leleh minimum atau tegangan tekuk (*buckling*). Tegangan yang dihitung akibat beban kerja/layan harus berada dalam batas elastis, yaitu tegangan sebanding dengan regangan seperti ditunjukkan pada grafik berwarna hijau pada kurva tegangan-regangan baja di bawah.



**Gambar 2.10.** Diagram regangan tegangan bagi kebanyakan baja struktural

Pada kondisi beban kerja, tegangan yang terjadi dihitung dengan menganggap struktur bersifat elastis, dengan memenuhi syarat keamanan (kekuatan yang memadai) untuk struktur. Pada dasarnya, tegangan ijin pada baja sesuai kualitasnya yang diberikan dalam spesifikasi AISC ditentukan berdasarkan kekuatan yang bisa dicapai bila struktur dibebani lebih dari semestinya (faktor beban tambahan jagaan). Bila penampang bersifat daktail dan tekuk (*buckling*) tidak terjadi, regangan yang lebih besar daripada regangan saat leleh dapat diterima oleh penampang tersebut.

Pada metode tegangan kerja (ASD) ini, tegangan ijin disesuaikan ke atas bila kekuatan plastis merupakan keadaan batas yang sesungguhnya. Jika keadaan batas yang sesungguhnya adalah ketidak-stabilan tekuk (*buckling*) atau kelakuan lain yang mencegah pencapaian regangan leleh awal, maka tegangan ijin harus diturunkan. Syarat-syarat daya layan lainnya seperti lendutan biasanya diperiksa pada kondisi beban kerja.

**Tabel 2.2** Harga Tegangan Dasar

Jenis Baja	Tegangan Leleh		Tegangan Ijin	
	1		—	
	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
Bj 34	2100	210	1400	140
Bj 37	2400	240	1600	160
Bj 41	2500	250	1666	166,6
Bj 44	2800	280	1867	186,7
Bj 50	2900	290	1933	193,3
Bj 52	3600	360	2400	240

MPa : Mega Pascal – satuan sistem Internasional

1 MPa : 10 kg/cm<sup>2</sup>

Spesifikasi ASD menggunakan dua kombinasi beban terfaktor yang diberikan dalam persamaan berikut :

$$\text{Beban mati} + \text{beban hidup} \quad (2.7.1)$$

$$\text{Beban mati} + \text{beban angin} \quad (2.7.2)$$

### 2.7.1 Konsep Dasar

Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut : (*Struktur Baja “ Desain dan perilaku : C.G Salmon, John E Johnson hal. 30)*

$$\frac{w R_n}{\chi} \geq \Sigma Q_i \quad (2.7.3)$$

Dimana :

= Faktor resistensi; factor reduksi

$R_n$  = Kekuatan nominal

= Faktor- faktor kelebihan beban

$Q_i$  = Beban

Dalam filosofi ini, semua beban diasumsikan sebagai memiliki variabilitas rata- rata yang sama. Keseluruhan variabilitas beban- beban dan kekuatan- kekuatan ditempatkan pada ruas kekuatan persamaan tersebut. Untuk menyelidiki persamaan tersebut menurut *Allowable Stress Design* untuk balok, ruas kiri hendaknya mewakili kekuatan balok nominal  $M_n$  yang dibagi oleh suatu factor keamanan  $FS$  (sama dengan / ), sedangkan ruas kanan mewakili momen lentur beban layanan  $M$  yang bekerja sebagai hasil dari semua tipe beban. Dengan demikian, **Persamaan (2.7.4)** akan menjadi : (Struktur Baja “ Desain dan perilaku : C.G Salmon, John E Johnson hal. 30)

$$\frac{M_n}{FS} \geq M \quad (2.7.4)$$

Dimana :

$M_n$  = Kekuatan momen nominal

$FS$  = Faktor keamanan ( / ) = 1,67

$M$  = Momen lentur; momen beban layan

Isstilah *Allowable Stress Design* menyiratkan suatu tegangan elastic. **Persamaan (2.4.3)** dapat dibagi dengan  $I/c$  yakni momen inersia  $I$  dibagi dengan jarak  $c$  dari sumbu netral ke serat terluar) untuk mendapatkan satuan- satuan tegangan. Dengan demikian, bila diasumsikan bahwa kekuatan nominal  $M_n$  tercapai pada saat tegangan serat terjauh merupakan tegangan leleh  $f_y$  (yakni  $M_n = f_y/c$ ), **Persamaan (2.4.2)** akan menjadi : (*Struktur Baja “ Desain dan perilaku : C.G Salmon, John E Johnson hal. 31*)

$$\frac{f_y}{FS} \frac{I/c}{I/c} \geq \frac{M}{I/c} \quad (2.7.5)$$

Atau :

$$\frac{f_y}{FS} \geq \left[ f_b = \frac{M_c}{I} \right] \quad (2.7.6)$$

Dimana:

- $f_y$  = Tegangan leleh
- $FS$  = Faktor keamanan ( / ) = 1,67
- $c$  = Jarak dari sumbu netral
- $M$  = Momen lentur; momen beban layan
- $I$  = Momen inersia

Dalam ASD,  $f_y/FS$  akan menjadi tegangan yang diijinkan  $\bar{f}_b$  dan  $f_b$  akan menjadi tegangan elastic hitungan dalam beban layanan penuh. Bila kekuatan nominal final  $M_n$  telah didasarkan atas pencapaian suatu tegangan  $F_{cr}$  yang lebih sedikit ketimbang  $f_y$  karena, misalnya saja kekuatan, tegangan yang diijinkan  $\bar{f}_b$  akan sama dengan  $F_{cr}/FS$ . Dengan demikian criteria keamanan dalam ASD dapat ditulis sebagai:

$$f_b \leq \left[ \bar{f}_b = \frac{f_y}{FS}; \bar{f}_b = \frac{F_{cr}}{FS} \right] \quad (2.7.7)$$

Dimana :

- $f_b$  = Tegangan lentur beban layan
- $\bar{f}_b$  = Tegangan lentur yang diijinkan
- $f_y$  = Tegangan leleh
- $FS$  = Faktor keamanan ( / ) = 1,67

$F_{cr}$  = Tegangan kritis pada kondisi tekan

Tegangan- tegangan ijin dari spesifikasi ASD diturunkan dari kekuatan yang mungkin dicapai oleh struktur bila struktur tersebut mengalami kelebihan beban. Bila profilnya cukup kenyal (*duktule*) dan tidak terjadi tekukan, regangan yang lebih besar daripada “lelehan yang pertama” regangan  $y = f_y/E_s$  dapat terjadi pada profil tersebut ( $E_s$  merupakan modulus elastisitas). Perilaku tak elastic kenyal semacam itu memungkinkan lebih banyak beban dapat ditanggung daripada yang mungkin terjadi bila struktur tersebut masih sepenuhnya elastik. Dalam keadaan seperti itu tegangan ijin dinaikan. Bila kekuatan dibatas oleh tekukan atau suatu perilaku lainnya sedemikian rupa sehingga tegangannya tidak mencapai tegangan lelehnya, tegangan ijinnya diturunkan.

## 2.7.2. Balok

### 2.7.2.1 Balok dengan Tumpuan Lateral *Allowable Stress Design* (ASD)

Menurut filosofi Allowable Stress Design memberikan keamanan struktural sebagai berikut : (*Charles G. Salmon John E. Johnson I hal. 431*)

$$\left( \frac{M_n}{X/W} = \frac{M_n}{FS} \right) \geq M \quad (2.7.8)$$

Dimana :

$M_n$  = Kekuatan momen nominal

$X/W$  = Faktor kelebihan beban dibagi dengan faktor kurangnya kekuatan

$FS$  = Faktor keamanan nominal pada desain balok = 1,67

$M$  = Momen lentur beban layan



Untuk memperoleh **Persamaan (2.7.8)** dalam format “tagangan”, bagilah kedua sisi tersebut dengan modulus penampang  $S$ , sehingga menjadi :

$$f_b \left( \frac{M}{S} \right) \leq \left( \bar{f}_b = \frac{M_n}{(FS)S} \right) \quad (2.7.9)$$

Dimana :

$f_b$  = Tegangan lentur beban laten =  $M/S$

$M$  = Momen lentur beban layan

$S$  = Modulus penampang elastic

$\bar{f}_b$  = Tegangan lentur yang diijinkan

$M_n$  = Kekuatan momen nominal

$FS$  = Faktor keamanan nominal pada desain balok = 1,67

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak adalah :

$$M_p = Zf_y = \phi Sf_y \quad (2.7.10)$$

Dimana:

$M_p$  : Kekuatan momen plastis

$Z$  : Modulus plastis

$f_y$  : Kuat leleh

$S$  : Modulus penampang elastic

: Fraktor bentuk = 1,10

1. Untuk penampang profil I, lentur terhadap sumbu x-x adalah :

$$\bar{f}_b = \frac{S f_y}{(FS)S} = \frac{1.10 S_x f_y}{(1,67) S_x} = 0,66 f_y \quad (2.7.11)$$

Dimana:

$\bar{f}_b$  : Tegangan ijin

$FS$  : Faktor keamanan = 1,67

$f_y$  : Kuat leleh

$S_x$  : Modulus penampang elastic sumbu x

2. Untuk penampang profil I, lentur terhadap sumbu y-y adalah :

$$F_b = 0,75 f_y \quad (2.7.12)$$

Dimana:

$\bar{f}_b$  : Tegangan ijin

$f_y$  : Kuat leleh

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang tidak kompak adalah :

$$\bar{f}_b = \frac{S \cdot f_y}{(FS)S} = \frac{f_y}{1,67} = 0,60 f_y \quad (2.7.13)$$

Dimana:

$\bar{f}_b$  : Tegangan ijin

$f_y$  : Kuat leleh

$FS$  : Faktor keamanan = 1,67

$S$  : Modulus penampang

### 2.7.3. Batang Tarik *Allowable Stress Design* (ASD)

Sedangkan untuk metode ASD memberikan persyaratan keamanan sebagai berikut : (*Charles G. Salmon John E. Johnson 1, hal : 105*)

$$\frac{wR_n}{y} \geq \Sigma Q_i \quad (2.7.14)$$

Dimana:

$w$  : Faktor resistensi (faktor reduksi kekuatan)

$R_n$  : Resistensi nominal (kekuatan)

$Q_i$  : Beban

Yang menyatakan bahwa kekuatan desain  $R_n$  yang dibagi dengan suatu factor untuk kelebihan harus melebihi beban-beban layan. Dalam metode desain tegangan ijin, besarnya provisi keamanan adalah / .

Untuk batang tarik, dengan mengambil factor keamanan  $FS = /$  , kekuatan  $R_n$  seperti halnya  $T_n$ , dan  $Q_i$  sama dengan beban layan T dalam tarik, persamaan tersebut menjadi :

$$\frac{T_n}{FS} \geq T \quad (2.7.15)$$

Dimana:

$T_n$  : Kekuatan nominal batang tarik

$FS$  : Faktor keamana = 1,67 (*AISC, ASD, Manual of Steel Construction 2th*)

$T$  : Gaya tarik beban layan

## 2.7.4 Kolom

### 2.7.4.1 Batang Tekan *Allowable Stress Design* (ASD)

Persyaratan keamanan untuk kolom yang dibebani secara aksial dalam *Allowable Stress Design* (ASD) menurut ASD-E2 dapat dinyatakan sebagai :  
(*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, 361*)

$$f \leq f_a \quad (2.7.16)$$

Dimana :

$f$  : Tegangan tarik aksial beban layan =  $P/A_g$

$f_a$  : Tegangan aksial beban layan yang diijinkan

### 2.7.5. Sambungan Baut *Allowable Stress Design* (ASD)

a. Kekuatan geser desain baut

$$R_n = mA_b ( 0,60 F_u^b ) \quad (2.7.17)$$

dimana :

$R_n$  : Kekuatan nominal pada suatu penyambung

$m$  : Banyaknya bidang geser yang terlibat (irisan tunggal atau irisan ganda)

$A_b$  : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang tak berulir,  $\text{cm}^2$

$F_u^b$  : Kekuatan tarik bahan baut ( 120 ksi untuk baut A325, 150 ksi untuk baut A390 )

( *Charles G. Salmon dan John E. Johnson, Struktur Baja I hal 151* )

b. Kekuatan tumpu desain baut

$$R_n = 2.4 F_u d.t \quad (2.7.18)$$

dimana :

$R_n$  : Kekuatan nominal pada suatu penyambung

$F_u$  : Kekuatan tarik baja yang membentuk bagian yang disambung

$d$  : Diameter nominal baut

$t$  : Ketebalan pelat yang memikul baut

### 2.7.6. Sambungan Las *Allowable Stress Design* (ASD)

Karena filosofi *Allowable Stress Design* adalah menghitung “tegangan-tegangan” pada beban layan, dapat dibagi dengan luas efektif las per inch. Ruas-ruas persamaan tersebut bila dipertukarkan (mengubah pertidaksamaannya) akan memberikan : (*Charles G. Salmon dan John E. Johnson, Struktur Baja I hal 259*)

$$\left[ f = \frac{R}{t_e} \right] \quad \left[ \bar{f} = \text{Tegangan yang diijinkan} = \frac{R_n}{(FS)t_e} \right] \quad (2.7.19)$$

Dimana :

$R$  : Beban layan

$t_e$  : Dimensi leher efektif las

$R_n$  : Kekuatan nominal

$FS$  : Faktor keamanan = 1,67

Atau beban layan  $R$  per inch las tidak boleh melampaui beban  $R_w$  yang *dijinkan (allowable)* per inch las. Ini dapat diwujudkan sebagai : (*Charles G. Salmon dan John E. Johnson, Struktur Baja I hal 259*)

$$R \quad [ R_w = \text{tegangan ijin} \times t_e ] \quad (2.7.20)$$

Dimana :

- $R$  : Beban layan
- $R_w$  : Beban ijin per inch pada las
- $t_e$  : Dimensi leher efektif las

### 2.7.7. Perhitungan Plat Landas Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

Untuk memenuhi syarat kesetimbangan statis, pada *Allowable Stress Design* reaksi tumpuan pada beton ( $P_p$ ) harus segaris dengan beban aksial yang bekerja. ( *Steel Design Guide Series 1. Hal 4* )

$$F_p = 0,35 \cdot f_c' \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad c \cdot P_p \quad (2.7.21)$$

dimana :

- $c$  : 0,70
- $f_c'$  : mutu kuat tekan beton, MPa
- $A_1$  : luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, mm<sup>2</sup>
- $A_2$  : luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, mm<sup>2</sup>

### 2.8. *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Pendekatan umum berdasarkan faktor daya tahan dan beban, atau disebut dengan *Load Resistance Design Factor* (LRFD) ini adalah hasil penelitian dari *Advisory Task Force* yang dipimpin oleh T. V. Galambos. Pada metode ini

diperhitungkan mengenai kekuatan nominal  $M_n$  penampang struktur yang dikalikan oleh faktor pengurangan kapasitas (*under-capacity*), yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidak-pastian dalam besarnya daya tahan (*resistance uncertainties*). Selain itu diperhitungkan juga faktor gaya dalam ultimit  $\mu$  dengan kelebihan beban (*overload*) (bilangan yang lebih besar dari 1,0) untuk menghitung ketidak-pastian dalam analisa struktur dalam menahan beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), angin (*wind*), dan gempa (*earthquake*).

Struktur dan batang struktural harus selalu direncanakan memikul beban yang lebih besar daripada yang diperkirakan dalam pemakaian normal. Kapasitas cadangan ini disediakan terutama untuk memperhitungkan kemungkinan beban yang berlebihan. Selain itu, kapasitas cadangan juga ditujukan untuk memperhitungkan kemungkinan pengurangan kekuatan penampang struktur. Penyimpangan pada dimensi penampang walaupun masih dalam batas toleransi bisa mengurangi kekuatan. Terkadang penampang baja mempunyai kekuatan leleh sedikit di bawah harga minimum yang ditetapkan, sehingga juga mengurangi kekuatan.

Kelebihan beban dapat diakibatkan oleh perubahan pemakaian dari yang direncanakan untuk struktur, penaksiran pengaruh beban yang terlalu rendah dengan penyederhanaan perhitungan yang berlebihan, dan variasi dalam prosedur pemasangan. Biasanya perubahan pemakaian yang drastis tidak ditinjau secara eksplisit atau tidak dicakup oleh faktor keamanan, namun prosedur pemasangan yang diketahui menimbulkan kondisi tegangan tertentu harus diperhitungkan secara eksplisit.

### 2.8.1. Faktor Keamanan *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*

Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut : ( *Struktur Baja “ Desain dan perilaku : C.G Salmon, John E Johnson hal 28)*

$$R_n \geq \sum_i Q_i \quad (2.8.1)$$

Dimana :

$\phi$  = Faktor resistensi; factor reduksi

$R_n$  = Kekuatan nominal

$\gamma_i$  = Faktor- factor kelebihan beban

$Q_i$  = Beban

Dimana ruas kiri mewakili resistensi, atau kekuatan dari komponen atau sistem, sedangkan sisi kanan mewakili beban yang diharapkan akan ditanggung. Pada sisi kekuatan, harga nominal resistensi  $R_n$  dikalikan dengan faktor resistensi (reduksi kekuatan) untuk mendapatkan kekuatan desain (*disebut juga kekuatan yang dapat digunakan* atau *resistensi yang dapat digunakan*). Pada sisi beban  $Q_i$  dikalikan dengan faktor-faktor kelebihan beban  $\gamma_i$ , untuk mendapatkan jumlah beban-beban terfaktor  $\gamma_i Q_i$ . Faktor mungkin saja berlainan untuk masing-masing tipe beban  $Q$  yang bekerja seperti beban mati (D), beban hidup (L), beban angin (W), beban gempa (E).



### 2.8.2. Faktor Tahanan

**Tabel 2.2.** Sifat Mekanis Baja Struktur

Kuat rencana untuk	Faktor reduksi ( )
Komponen struktur yang memikul lentur :	
• Balok	0,90
• Balok plat berdinding penuh	0,90
• Plat badan yang memikul geser	0,90
• Plat badan pada tumpuan	0,90
• Pengaku	0,90
Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial :	
• Kuat penampang	0,85
• Kuat komponen struktur	0,85
Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial :	
• Terhadap kuat penampang	0,90
• Terhadap kuat tarik fraktur	0,75
Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi ;	
• Kuat lentur atau geser	0,90
• Kuat tarik	0,90
• Kuat tekan	0,85
Komponen struktur komposit :	
• Kuat tekan	0,85
• Kuat tumpu beton	0,60
• Lentur dengan distribusi tegangan plastis	0,85
• Lentur dengan distribusi tegangan elastis	0,90
Sambungan baut :	
• Baut yang memikul geser	0,75
• Baut yang memikul tarik	0,75
• Baut yang memikul kombinasi geser dan tarik	0,75
• Lapis yang memikul tumpu	0,75

Kuat rencana untuk	Faktor reduksi ( )
Sambungan las :	
• Las tumpul penetrasi penuh	0,90
• Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0,75
• Las pengisi	0,75

(sumber :Perenc Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan Metode LRFD  
hal 14)

Spesifikasi LRFD menggunakan enam kombinasi beban terfaktor yang diberikan dalam persamaan berikut :

$$1,4 D \quad (2.8.2)$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (2.8.3)$$

$$1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (0,5 L \text{ atau } 0,8 W) \quad (2.8.4)$$

$$1,2 D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (2.8.5)$$

$$1,2 D + 1,5 E + (0,5 L \text{ atau } 0,2 S) \quad (2.8.6)$$

$$0,9 D - (1,3 W \text{ atau } 1,5 E) \quad (2.8.7)$$

Dimana :

$D$  = Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)

$L$  = Beban Hidup (beban yang dapat bergerak )

$L_r$  = Beban Hidup Atap

$W$  = Beban angin

$S$  = Beban salju

$E$  = Beban gempa

$R$  = Beban air hujan atau beban es

### 2.8.3. Balok

#### 2.8.3.1 Balok dengan Tumpuan Lateral *Load and Resistance Factor Design*

##### (LRFD)

Persyaratan keamanan untuk balok pada disain faktor beban dan resisitensi menurut LRFD-F2 dapat dinyatakan sebagai : (*Charles G. Salmon John E. Johnson hal. 425*)

$${}_bM_n \leq M_u \quad (2.8.9)$$

Dimana :

${}_b$  : Faktor resistensi (reduksi kekuatan) untuk lentur = 0,90

$M_n$  : Kekuatan momen nominal

$M_u$  : Momen beban layan terfaktor

Dalam perhitungan tahanan momen nominal dibedakan antara penampang kompak, dan tidak kompak, dan langsing seperti halnya pada batang tekan.

Batasannya kompak, tidak kompak, dan langsing adalah :

1. Penampang Kompak :  $\lambda < \lambda_p$
2. Penampang tidak Kompak :  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
3. Penampang langsing :  $\lambda > \lambda_r$

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak adalah :

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y \quad (2.8.10)$$

Dimana :

$M_p$  : Momen tahanan plastis

$Z$  : Modulus plastis

$f_y$  : Kuat leleh

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang tidak kompak pada saat  $\lambda = \lambda_r$  adalah :

$$M_n = M_r = (f_y - f_r) \cdot S \quad (2.8.11)$$

Dimana :

$f_y$  : Kuat leleh

$f_r$  : Tegangan sisa (*residu*)

$S$  : Modulus penampang

Besarnya tegangan sisa  $f_r = 70$  MPa untuk penampang gilas panas, dan 115 MPa untuk penampang yang dilas. Bagi penampang yang tidak kompak yang mempunyai  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$ , maka besarnya tahanan momen nominal dicari dengan melakukan interpolasi linier, sehingga diperoleh :

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r \quad (2.8.12)$$

Dimana :

$\lambda$  : Kelangsingan penampang balok ( $b/2 \cdot t_f$ )

$\lambda_r, \lambda_p$  : Dapat dilihat di tabel 75-1 peraturan baja atau tabel 24

**Tabel 2.3** Batasan Rasio Kelangsingan  $\lambda_p$  untuk penampang kompak

[Modulus Elastisitas Baja, E = 200.000 MPa]			
Tegangan Leleh	Tekuk Lokal Flans	Tekuk Lokal Web	Tekuk Torsi Lateral
$f_y$ (MPa)	$\frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{h}{t_w} = \frac{1650}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{L}{r_r} = \frac{790}{\sqrt{f_y}}$
210	11,73	115,93	54,52
240	10,97	108,44	50,99
250	10,75	106,25	46,96

290	9,98	98,65	46,39
410	8,40	82,97	39,02

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan,hal: 184)

**Tabel 2.4** Batasan Rasio Kelangsingan  $r$  untuk penampang tidak kompak

[Modulus Elastisitas Baja, E = 200.000 MPa]		
Tegangan Leleh	Tekuk Lokal Flans	Tekuk Lokal Web
$f_y$ (MPa)	$\frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$	$\frac{h}{t_w} = \frac{2250}{\sqrt{f_y}}$
210	2,64	175,97
240	2,18	164,60
250	2,06	161,28
290	1,68	149,74
410	1,09	125,94

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan,hal: 186)

#### 2.8.4. Batang Tarik *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*

Utuk batang tarik dengan metode LRFD dapat menggunakan persyaratan keamanan struktur sebagai berikut : (C.G. Salmon; hal. 95)

$$R_n \leq \phi \sum Q_i \quad (2.8.13)$$

dimana:

$\phi$  : Faktor resistensi (faktor reduksi kekuatan)

$R_n$  : Resistensi nominal (kekuatan)

$Q_i$  : Faktof-faktor kelebihan beban

$Q_i$  : Beban

Persamaan (2.8.13) menyatakan bahwa kekuatan disain  $R_n$  sama atau melebihi penjumlahan beban-beban terfaktor, atau secara khusus untuk batang tarik, persamaan (2.8.13) menjadi : (C.G. Salmon; hal. 95)

$$T_u \leq \phi \cdot T_n \quad (2.8.14)$$

Dimana :

$\phi$  : Faktor resistensi (reduksi tahanan)

$T_n$  : Tahanan nominal

$T_u$  : Gaya tarik aksial terfaktor

## 2.8.5. Kolom

### 2.8.5.1 Batang Tekan *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*

Persyaratan kekuatan dan resistansi menurut LRFD (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, 6.8.1*)

$$\phi_c P_n \geq P_u \quad (2.8.15)$$

Dimana :

$P_n$  : Kekuatan nominal (kg)

$P_u$  : Beban layanan terfaktor (kg)

$\phi_c$  : Faktor reduksi kuat aksial tekan = 0,85

$\phi_b$  : Faktor reduksi kuat lentur = 0,90

Filosofi desain faktor beban dan resistensi (LRFD) bertujuan memberikan margin keamanan dan konstanta bagi semua kolom. Bila kekuatan tersebut bervariasi menurut kerampingan, tentulah variasi ini harus dicakup dalam kekuatan nominal  $P_n$

Kekuatan nominal  $P_n$  dari suatu elemen tekan adalah dihitung dengan menggunakan provisi kekuatan kolom; (*Struktur Baja 1, Charles G. Salmon, 6.7.6*)

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad (2.8.16)$$

Dimana :

$P_n$  : Kekuatan nominal batang tekan yang dibebani secara aksial

$F_{cr}$  : Tegangan kritis pada kondisi tekan (*tegangan tekuk*)

$A_g$  : Luas penampang kotor ( $\text{cm}^2$ )

$$1. \text{ Untuk } \lambda_c \leq 1,5 : F_{cr} = (0,658 \cdot \lambda_c^2) f_y \quad (2.8.17)$$

$$2. \text{ Untuk } \lambda_c > 1,5 : F_{cr} = \left[ \frac{0,887}{\lambda_c^2} \right] \cdot f_y \quad (2.8.18)$$

$$\lambda_c = \frac{KL}{r} \sqrt{\frac{f_f}{f^2 E}}$$

Dimana :

$\lambda_c$  : Kelangsingan

$A_g$  : Luas penampang kotor ( $\text{cm}^2$ )

$K$  : Faktor panjang efektif

$L$  : Panjang batang/kolom (cm)

$f_y$  : Tegangan leleh baja ( $\text{kg/cm}^2$ )

$r$  : Radius girasi (cm) =  $\sqrt{I / A_g}$

### 2.8.6. Sambungan Baut *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Untuk baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_n$ , harus memenuhi :

$$R_u \leq R_n \quad (2.8.19)$$

Keterangan :

$R_n$  = Kuat nominal pada suatu penyambung dalam tarik  
= Faktor reduksi kekuatan ( 0,75 )

$R_n$  = Kuat nominal baut ( 0,75 )

a. Kekuatan tarik desain satu baut dihitung dengan :

$$T_d = \phi T_n = \phi \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (2.8.20)$$

Keterangan :

$\phi$  : Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)

$f_u^b$  : Tegangan tarik putus baut

$A_b$  : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang tak ber ulir.  $\text{cm}^2$   
( $1/4 \cdot d^2$ )

b. Kekuatan geser desain satu baut dihitung dengan :

$$V_d = \phi V_n = \phi \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (2.8.21)$$

Keterangan :

$\phi$  : Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)

$f_u^b$  : Tegangan tarik putus baut

$r_l$  : Untuk baut tanpa ulir pada bidang geser (0,5)

$r_l$  : Untuk baut dengan ulir pada bidang geser (0,4)



$A_b$  : Luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang tak ber berulir.  $\text{cm}^2$  ( $1/4 \cdot d^2$ )

c. Kekuatan tumpu desain satu baut:

Kuat tumpu rencana bergantung pada yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi pelat dalam arah kerja gaya lebih besar dari pada 1,5 kali diameter lubang, jarak antar lubang lebih besar dari 3 kali diameter lubang, dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya, maka kuat rencana umpu dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_d = \phi R_n = 2,4 \cdot \phi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.8.22)$$

Kuat tumpu yang dapat dari perhitungan diatas berlaku untuk semua jenis baut. Sedangkan untuk jenis baut selot panjang tegak lurus arah kerja gaya berlaku persamaan berikut ini :

$$R_d = \phi R_n = 2,0 \cdot \phi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.7.23)$$

Keterangan :

$\phi$  : Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)

$f_u$  : Tegangan tarik putus yang terendah dari baut atau pelat

$t_p$  : Tebal plat

$d_b$  : Diameter baut nominal pada daerah tak berulir

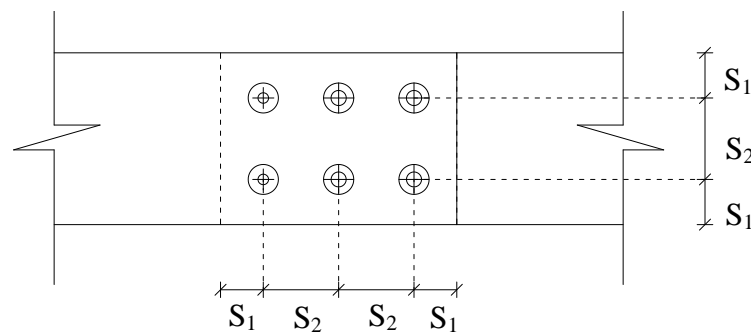
(Sumber : SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 101)

**Tabel 2.5** Tipe-tipe Baut

<b>Tipe Baut</b>	<b>Diameter Baut (mm)</b>	<b>Proof Stress (MPa)</b>	<b>Kuat Tarik Min.(MPa)</b>
A307	6,35 – 104	–	60
A325	12,7 – 25,4	585	825
	28,6 – 38,1	510	725
A490	12,7 – 38,1	825	1035

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal:109)

Tata letak baut diatur dalam SNI 03–1729–2002 Pasal 13.4. Jarak antar pusat lubang baut harus diambil tidak kurang dari tiga kali diameter nominal baut, dan jarak antar baut tepi dengan ujung plat harus sekurang–kurangnya 1,5 diameter nominal baut, dan jarak maksimum antar pusat lubang baut tidak boleh melebihi  $1,5 t_p$  (dengan  $t_p$  adalah tebal plat lapis tertipis dalam sambungan) atau 200 mm, sedangkan jarak tepi maksimum tidak boleh melebihi  $(4t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm.



(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 57)

**Gambar 2.11.** Nilai faktor panjang tekuk untuk beberapa macam perletakan

Dimana jatak tepi baut :  $3d_b < S < 1,5t_p$  atau 200 mm, dan jarak antar baut :  $1,5d_b < S_1 < (4t_p + 100)$  atau 200 mm.

### 2.8.7. Sambungan Las *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet didasarkan atas resistensi geser melalui leher las sebagai berikut :

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_e ( 0,60F_{EXX} ) \quad (2.8.24)$$

Dimana :

$t_e$  : Dimensi lebar efektif

$F_{EXX}$  : Kekuatan tarik material elektroda

$t$  : Tebal material dasar disepanjang las

$F_u$  : Kekuatan tarik logam dasar

( Sumber : Charles G. Salmon dan John E. Johnson, *Struktur Baja I* hal 254 )

### 2.8.8. Perhitungan *Base Plate Metode Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Untuk memenuhi syarat kesetimbangan statis, reaksi tumpuan pada beton ( $P_p$ ) harus segaris dengan beban aksial yang bekerja.

$$P_u = c \cdot P_p \quad (2.8.25)$$

$$P_p = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_t \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.8.26)$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \quad (2.8.27)$$

dimana :

$c$  : 0,60

$f_c'$  : Mutu kuat tekan beton, MPa

$A_1$  : Luas penampang baja yang secara konsentris  
menumpu pada permukaan beton, mm<sup>2</sup>

$A_1$  : Luas maksimum bagian permukaan beton yang  
secara geometris sama dengan dan konsentris  
dengan daerah yang dibebani, mm<sup>2</sup>

Untuk base plate yang termasuk katagori 1 (tidak ada momen lentur), maka :

$$A_t = B \cdot N \quad (2.8.28)$$

Sehingga  $P_u = (0,60) \cdot (0,85) \cdot f_c' \cdot B \cdot N \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.8.29)$

$$P_u = (0,60) \cdot (0,85) \cdot f_c' \cdot B \cdot N \cdot (2) \quad (2.8.30)$$

Angkur yang dipasang pada suatu base plate direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik, dan syarat sebagai berikut; (*Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, 13.18–13.21*)

$$V_{ub} = W \cdot F_v \cdot A_b \quad (2.8.31)$$

$$T_{ub} = W \cdot F_t \cdot A_b \quad (2.8.32)$$

Untuk angkur tipe A307 :

$$F_t = 407 - 1,9 f_v < 310 \quad (2.8.33)$$

$$F_v = 166 \text{ MPa}$$

Untuk angkur tipe A325 :

$$F_t = 807 - 1,5 f_v < 621 \quad (2.8.34)$$

$$F_v = 414 \text{ MPa}$$

Dimana :

$V_{ub}$  : Gaya geser terfaktor pada angkur, (N)

$T_{ub}$  : Gaya tarik terfaktor pada angkur, (N)

$w$  : Faktor tahanan pada angkur = (0,75)

$F_v$  : Kuat geser nominal angkur, (Mpa)

$A_b$  : Luas penampang angkur, (mm<sup>2</sup>)

$F_t$  : Kuat tarik nominal angkur, (Mpa)

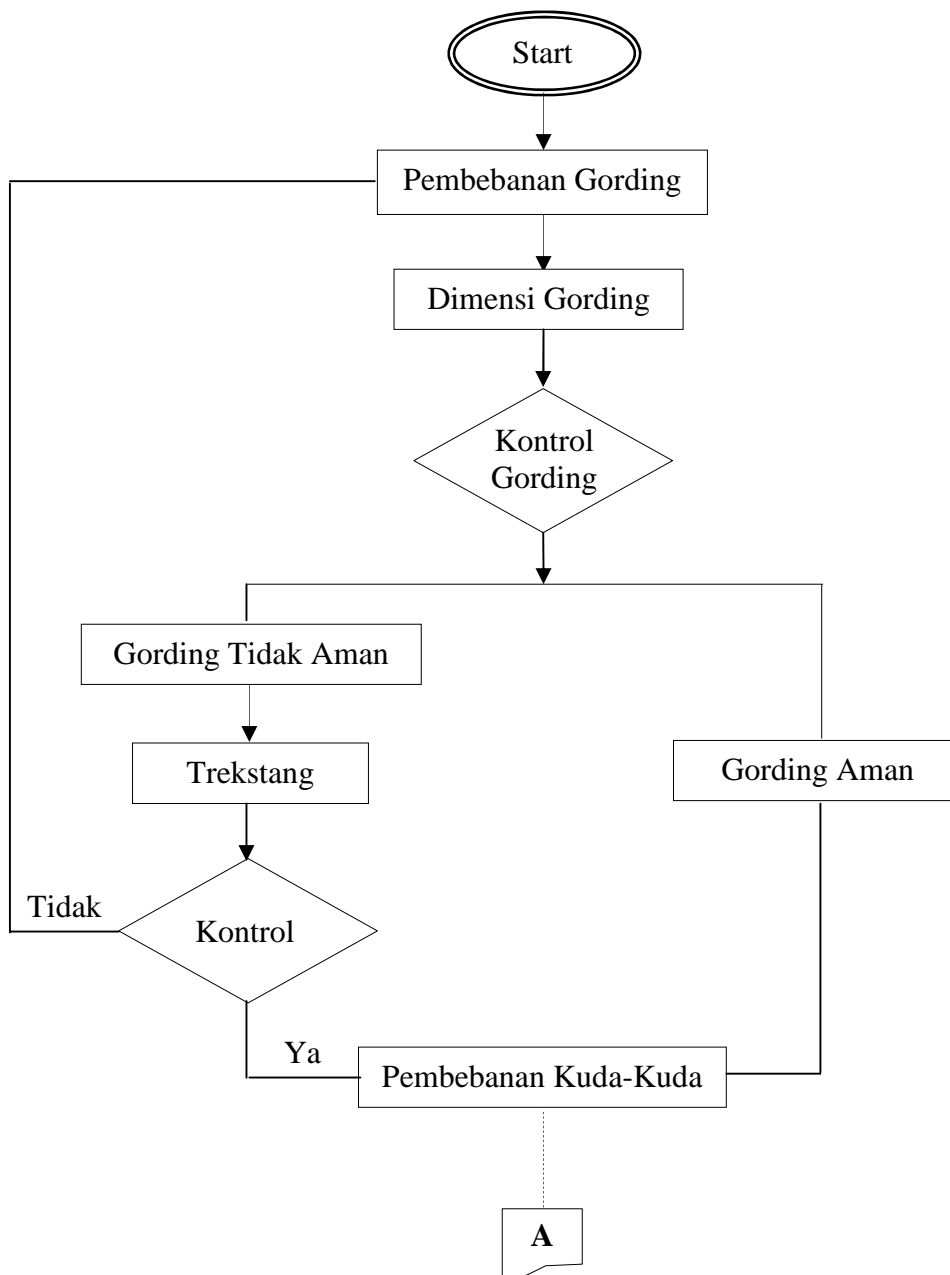
$f_v$  : Tegangan geser yang terjadi pada angkur =  $\frac{V_{ub}}{A_b}$

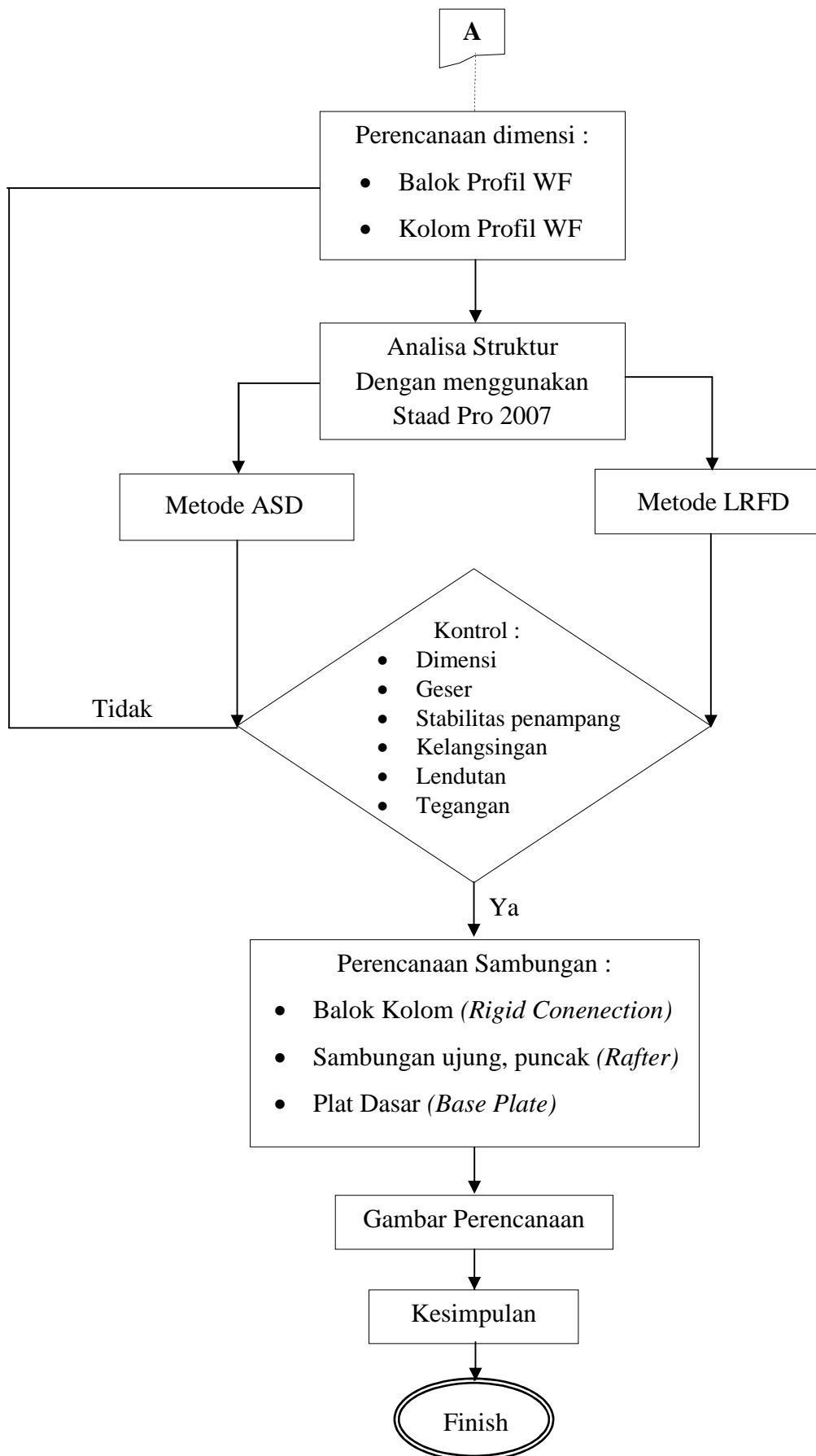
$n$  : Jumlah angkur

**BAB III**  
**BAGAN ALIR**

**3.1 Bagan Alir Analisis**

Bagan alir analisa perencanaan struktur *Gable Fame* :





## BAB IV

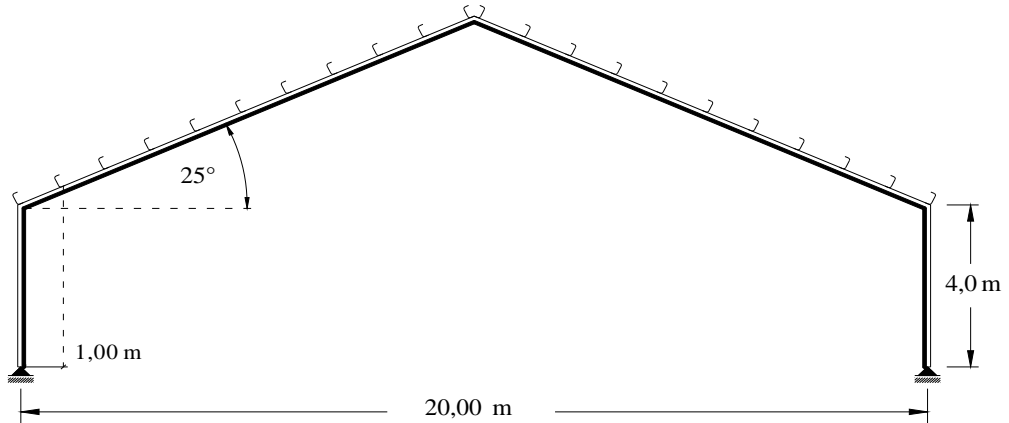
### PERENCANAAN BALOK DAN KOLOM WF (*WIDE FLANGE*)

#### 4.1 Data Perencanaan

Bentang kuda-kuda	:	20,00 meter
Jenisa	:	Zincalum CD 760
Berat atap	:	4,00 kg/m <sup>2</sup>
Jarak antar kuda	:	6,00 meter
Jumlah medan	:	8 medan
Profil kolom direncanakan	:	WF : 200. 100. 5,5. 8
Profil balok direncanakan	:	WF : 200. 100. 5,5. 8
Profil gording direncanakan	:	C : 150. 50. 20. 2,3
Tinggi kolom	:	4,00 meter
Kemiringan atap	:	25°
Jenis bangunan	:	Pasar hewan
Mutu baja BJ 37	:	240,00 MPa



Panjang Balok Kuda-kuda

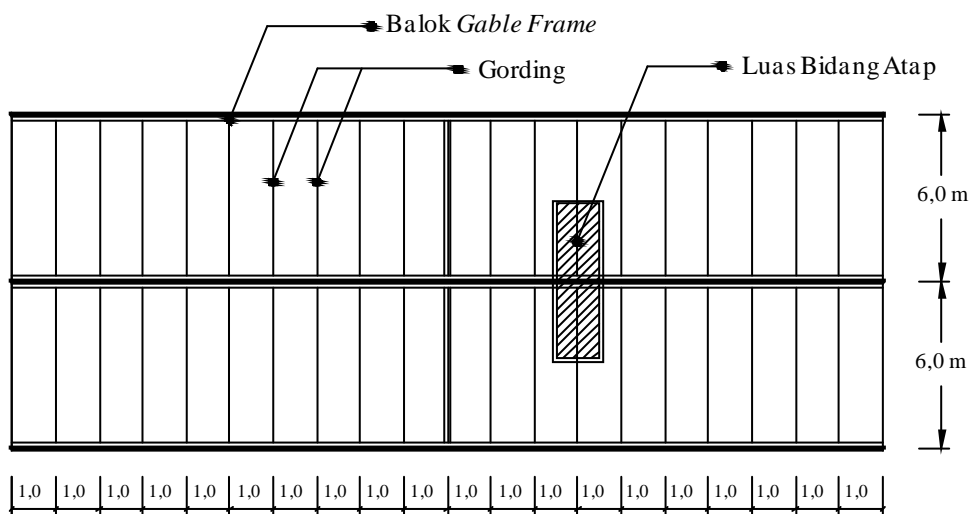


**Gambar 4.1** Struktur Portal *Gable Frame*

Panjang balok kuda-kuda :

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok} &= \frac{10,0}{\cos 25^\circ} \\ &= 11,034 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar gording : } l &= \frac{11,034}{11} \\ &= 1,003 \text{ m} \\ &= 1,000 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.2** Denah Atap Kuda-kuda

## 4.2 Pembebanan Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

### 4.2.1 Beban Mati (*D*)

Beban gording = 4,960 kg/m

---

Beban atap : berat penutup atap x luas bidang atap

:  $4 \times (1/2 \times 1,0) \times 6 = 12,000 \text{ kg}$

Berat gording :  $4,960 \times 6,00 = 29,760 \text{ kg}$

---

D = 41,760 kg

Beban alat penyambung 10% D = 4,176 kg

---

Total beban mati D1 = 45,936 kg

---

Beban gording tengah

---

Beban atap : berat penutup atap x luas bidang atap

:  $4 \times 1,00 \times 6,00 = 24,000 \text{ kg}$

Berat gording :  $4,960 \times 6,00 = 29,760 \text{ kg}$

---

D = 53,760 kg

Beban alat penyambung 10% D = 5,376 kg

---

Total beban mati D2 = 59,136 kg

---

Beban gording puncak

---

Beban atap : berat penutup atap x luas bidang atap

:  $4 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00 = 12,000 \text{ kg}$

Berat gording :  $4,960 \times 6,00 = 29,760 \text{ kg}$

---

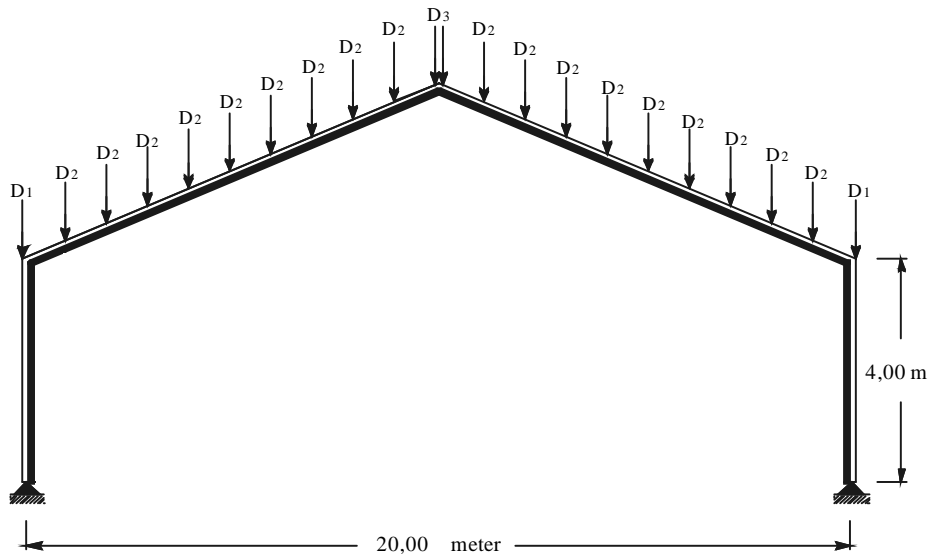
D = 41,760 kg

Beban alat penyambung 10% D = 4,176 kg

---

Total beban mati D3 = 45,936 kg

---



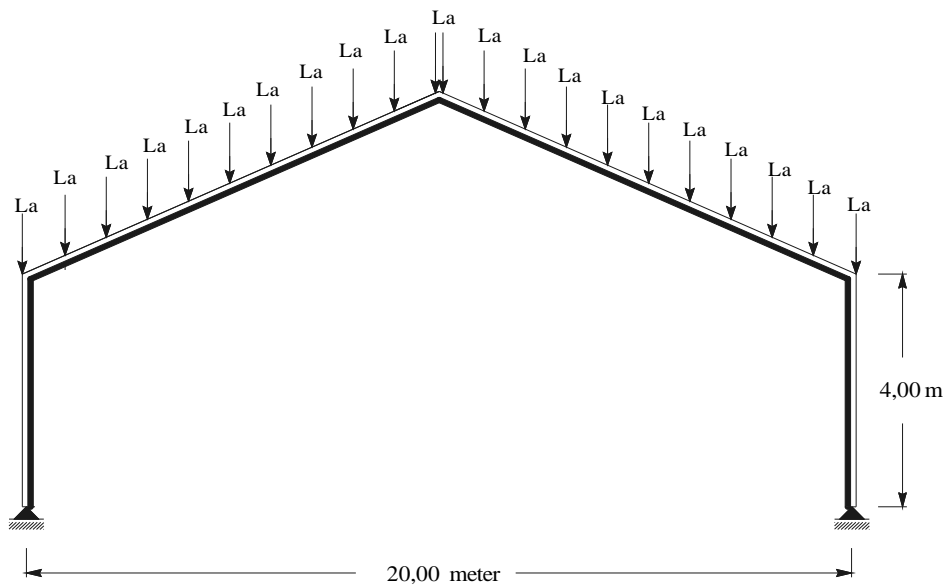
**Gambar 4.3** Skema pembebanan untuk beban mati

#### 4.2.2 Beban Hidup ( $L_a$ )

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, hal 13.

Beban terpusat berasal dari seorang pekerja dengan peralatan.

Beban ( $L_a$ ) : 100,000 kg



**Gambar 4.4** Skema pembebanan untuk beban hidup

#### 4.2.3 Beban Angin (W)

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan negative (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negative dinyatakan dalam kg/m<sup>2</sup>. (*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983; hal 23*).

Tekanan angin minimum diambil sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>.

$$\text{Angin tekan} = \text{Koefisien angin tekan} \times \text{tekanan angin}$$

$$= (0,02 \times -0,4) \times 25$$

$$= 2,500 \text{ kg/m}^2$$

$$W_1 = 2,5 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00$$

$$= 7,500 \text{ kg}$$

$$W_2 = 2,5 \times 1,00 \times 6,00$$

$$= 15,000 \text{ kg}$$

$$W_3 = 2,5 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00$$

$$= 7,500 \text{ kg}$$

Koefisien untuk angin hisap : (-0,4)

$$\text{Angin hisap} = \text{Koefisien angin hisap} \times \text{tekanan angin}$$

$$= -0,4 \times 25$$

$$= -10,000 \text{ kg/m}^2$$

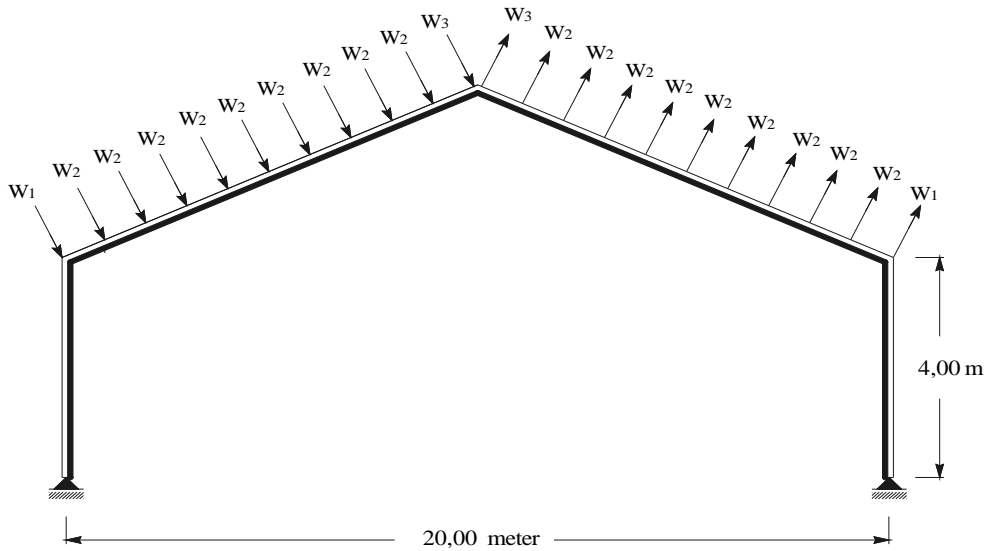
$$W_1 = -10,00 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00$$

$$= -30,000 \text{ kg}$$

$$W_2 = -10,00 \times 1,00 \times 6,00$$

$$= -60,000 \text{ kg}$$

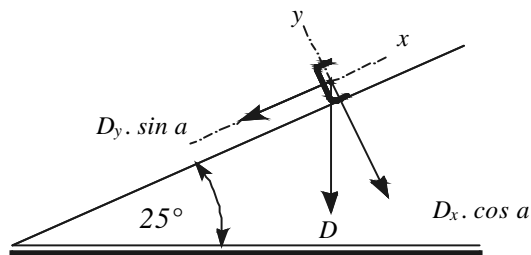
$$\begin{aligned}
 W_3 &= -10,00 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00 \\
 &= -30,000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.5** Skema pembebana akibat angin

#### 4.2.4 Penguraian Beban

##### 1. Beban mati (*D*)

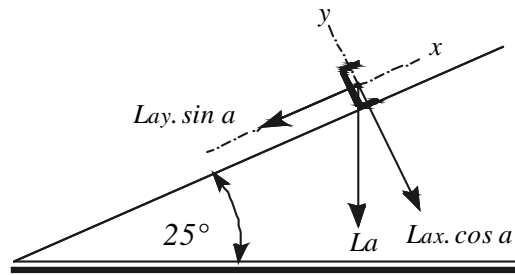


**Gambar 4.6.** Skema pembebana pada gordig akibat beban mati

$$\begin{aligned}
 D_x &= D_2 \times \cos \\
 &= 59,136 \times \cos 25^\circ \\
 &= 53,595 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_y &= D_2 \times \sin \\
 &= 59,136 \times \sin 25^\circ \\
 &= 24,992 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Beban hidup ( $L_a$ )



**Gambar 4.7.** Skema pembebanan pada gording akibat beban hidup

$$L_{ax} = L_a \times \cos$$

$$= 100 \times \cos 25^\circ$$

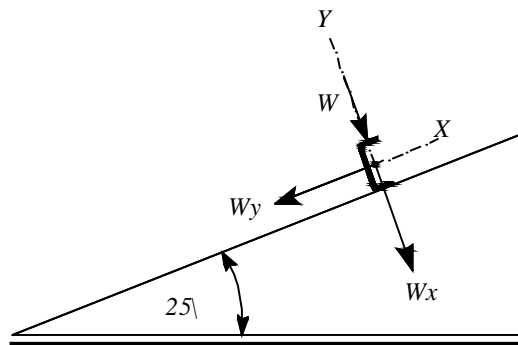
$$= 90,631 \text{ kg}$$

$$L_{ay} = L_a \times \sin$$

$$= 100 \times \sin 25^\circ$$

$$= 42,262 \text{ kg}$$

3. Beban angin ( $W$ )



**Gambar 4.8.** Skema pembebanan pada gording akibat beban angin

Untuk angin tekan

$$W_x = 15,000 \text{ kg}$$

$$W_y = 0 \text{ kg}$$

Untuk angin hisap

$$W_x = -60,000 \text{ kg}$$

$$W_y = 0 \text{ kg}$$

#### 4.2.5 Kombinasi Pembebanan Untuk Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

Adapun spesifikasi kombinasi pembebanannya adalah :

1. Beban mati ( $D$ ) + Beban hidup ( $La$ )
2. Beban mati ( $D$ ) + Beban angin ( $W$ )

Dimana :

$D$  = Beban mati (beban gaya berat dari elemen-elemen structural)

$La$  = Beban hidup (beban yang dapat bergerak)

$W$  = Beban angin

**Tabel 4.1.** Pembebanan

Type	D	La	W	
Arah	(kg)	(kg)	Tekan	Hisap
$x$	53,595	90,631	15,000	-60,000
$y$	24,992	42,262	0	0

**Tabel 4.2.** Kombinasi Pembebana

Kombinasi Beban	(kg)
<b>1) Beban mati (<math>D</math>) + Beban hidup (<math>La</math>)</b>	
$Arah x : 53,595 + 90,631$	= 144,226
$Arah y : 24,992 + 42,262$	= 67,254
<b>2) Beban mati (<math>D</math>) + Beban angin (<math>W</math>)</b>	
$Arah x : 53,595 + 75,000$	= 128,595
$Arah y : 24,992 + 0$	= 24,992

Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 1.

$$Q_x = 144,226 \text{ kg}$$

$$Q_y = 67,254 \text{ kg}$$

Nilai koefisien momen pada 8 medan

(Ir. A. P. Potma, Ir. J. E. De Vries ; *Konstruksi Baja*, hal : 119)

1.	0,078	5.	0,044
2.	<b>0,106</b>	6.	0,085
3.	0,034	7.	0,041
4.	0,077	8.	0,083

Diambil momen yang terbesar = 0,106

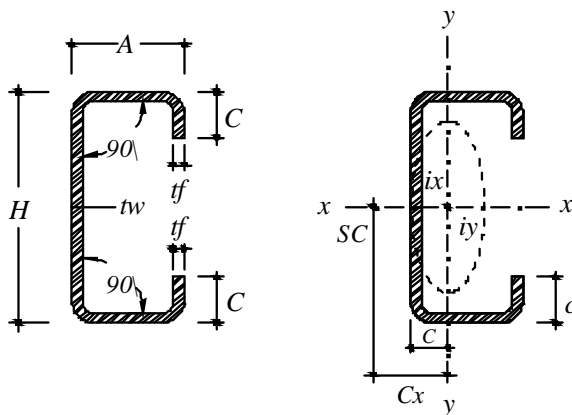
$$L \text{ gording} = 600,000 \text{ cm}$$

$$Mu = 0,106 \times Q \times L$$

$$\begin{aligned} Mux &= 0,106 \times 144,226 \times 600,000 \\ &= 9.172,786 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= 0,106 \times 67,256 \times 600,000 \\ &= 4.277,340 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Dicoba profil : C : 150. 50. 20. 2,3



**Gambar 4.9.** Profil kanal



H	=	150 mm	W <sub>x</sub>	=	28,0 cm <sup>3</sup>
A	=	50 mm	W <sub>y</sub>	=	6,3 cm <sup>3</sup>
C	=	20 mm	Z <sub>x</sub>	=	30,19 cm <sup>3</sup>
t	=	2,3 mm	Z <sub>y</sub>	=	5,54 cm <sup>3</sup>
I <sub>x</sub>	=	210 cm <sup>4</sup>	i <sub>x</sub>	=	5,77 cm <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	=	22,0 cm <sup>4</sup>	i <sub>y</sub>	=	1,86 cm <sup>2</sup>

Profil baja menggunakan BJ 37.

$$f_y = 240,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370,000 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan :

$$= \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{9.172,786}{28,0} + \frac{4277,340}{6,30}$$

$$= 1006,542 \text{ kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol momen

$$b \cdot M_n = b \cdot M_p$$

$$Z_{x \text{ perlu}} = \frac{M_{ux}}{W_b \cdot f_y} = \frac{9.172,786}{0,9 \times 2400}$$

$$Z_{x \text{ perlu}} = 4,247 \text{ cm}^3 < Z_x = 30,190 \text{ cm}^3 \quad (\text{OK})$$

$$M_{nx} = Z_x \cdot f_y$$

$$= 30,190 \times 2400$$

$$= 72456,000 \text{ kg.cm}$$

$$b \cdot M_{nx} > M_{ux}$$

$$72.456,000 \text{ kg.cm} > 9.172,786 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK})$$

$$Z_{y \text{ perlu}} = \frac{M_{uy}}{wb \cdot f_y} = \frac{4.277,340}{0,9 \times 2400}$$

$$Z_{y \text{ perlu}} = 1,980 \text{ cm}^3 < Z_y = 5,540 \text{ cm}^3 \quad (\text{OK})$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \cdot f_y \\ &= 5,540 \times 2400 \\ &= 13.296,000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$b \cdot M_{nx} > M_{ux}$$

$$13.296,000 \text{ kg.cm} > 4.277,340 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol puntir

$$\begin{aligned} &\frac{M_{ux}}{wb \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{wb \cdot M_{ny}} \\ &\frac{9.172,786}{0,9 \times 72.456,00} + \frac{4.277,340}{0,9 \times 13.296,00} = 0,498 < 1 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

**Tabel 4.3.** Batas lendutan maksimum

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	L/360	-
Balok biasa	L/240	-
Kolom dengan ordo analisis ordo pertama saja	h/500	h/200
Kolom dengan analisis ordo kedua	h/300	h/200

(Sumber; SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 15)

Kontrol lendutan :

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} + \frac{600}{240} = 2,500 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5.M_{ux}.L^2}{48.E.I_x} = \frac{5 \times 9172,786 \times 600^2}{48 \times 2 \times 10^6 \times 210,0} = 0,819 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5.M_{uy}.L^2}{48.E.I_y} = \frac{5 \times 4277,340 \times 600^2}{48 \times 10^6 \times 22,0} = 3,645 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{max} &= \sqrt{0,819^2 + 3,645^2} \\ &= 3,736 \text{ cm} > 2,500 \text{ cm} \quad (\text{NO}) \end{aligned}$$

Lendutan tidak aman maka perlu dipasang trekstang.

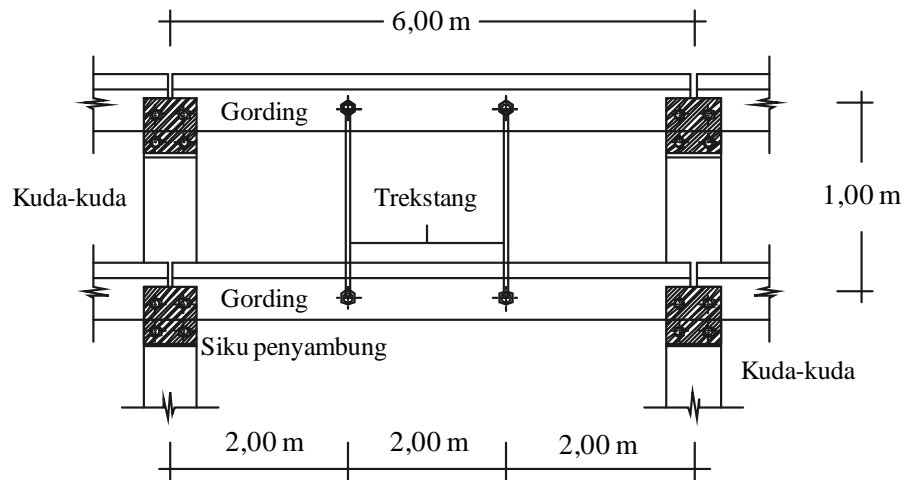
Pada arah sumbu lemah dipasang 2 buah trekstang pada bentang gording

sehingga :

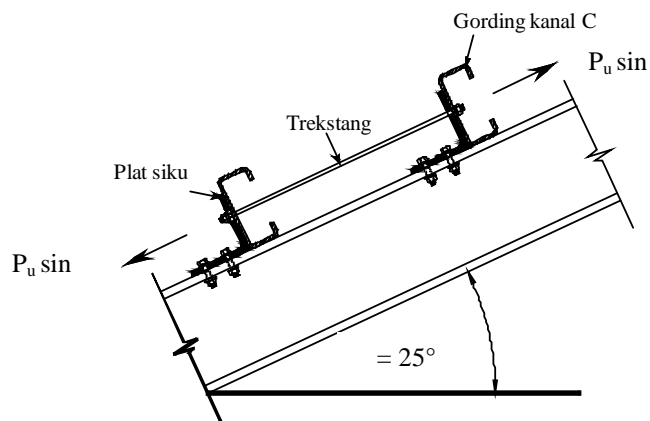
$$L_y = 1/3 \times \text{jarak kluda-kuda} = 1/3 \times 600,00 = 200,00 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5.M_{uy}.L^2}{48.E.I_y} = \frac{5 \times 4277,340 \times 200^2}{48 \times 210^6 \times 22,0} = 0,405 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{max} &= \sqrt{0,819^2 + 0,405^2} \\ &= 0,914 \text{ cm} > 2,500 \text{ cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$



**Gambar 4.10.** Jarak antar trekkstang pada gording



**Gambar 4.11.** Gaya tarik trekkstang

Perhitungan trekkstang

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 D_2 + 1,6 L_a \\
 &= 1,2 \times 59,136 + 1,6 \times 100,00 \\
 &= 230,963 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_u \sin = \frac{230,963}{\sin 25^\circ}$$

$$= 546,505 \text{ kg}$$

$$= 5465,055 \text{ N}$$

Untuk tegangan leleh = 0,9

$$P_u = f_y \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{\phi f_y} = \frac{5.465,055}{0,9 \times 240} = 25,301 \text{ mm}^2$$

Untuk tegangan leleh = 0,75

$$P_u = f_y \cdot 0,75 \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{\phi f_y \cdot 0,75} = \frac{5.465,055}{0,75 \times 240 \times 0,75} = 40,482 \text{ mm}^2 \text{ ..... Menentukan}$$

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 40,482 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{A_g}{1/4 \cdot \pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{40,482}{1/4 \cdot \pi}}$$

$$= 7,179 \text{ mm}$$

Digunakan trekstang dengan = 10,0 mm

**Tabel 4.4.** Pembagian beban kuda-kuda

Type	D	La	W <sub>tekan</sub>	W <sub>hisap</sub>
Beban	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Tepi	45,936	100,000	7,500	-30,000
Tengah	59,136	100,000	15,000	-60,000
Puncak	45,936	100,000	7,500	-30,000

**Tabel 4.5.** Kombinasi pembebanan

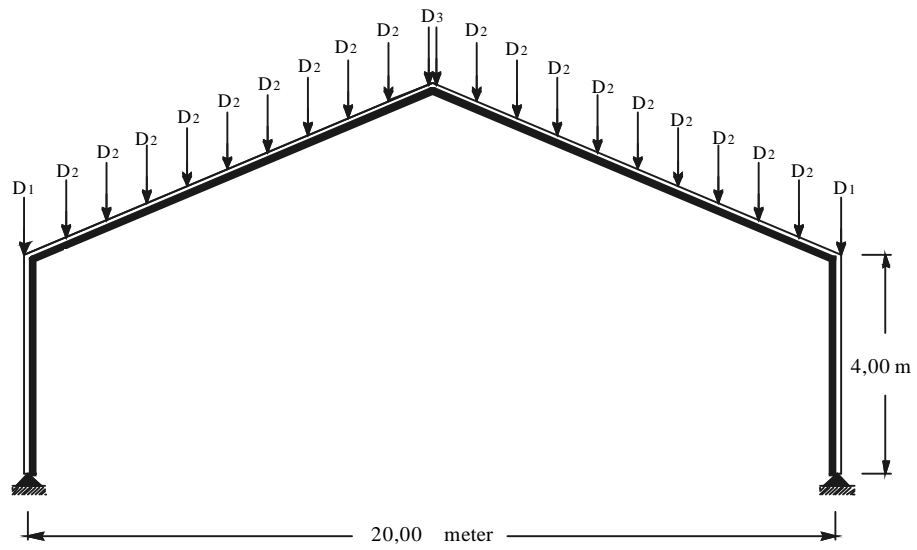
<b>Kombinasi beban</b>		<b>(kg)</b>
<b>1) Beban mati (<i>D</i>) + Beban hidup (<i>La</i>)</b>		
Tepi	$45,936 + 100,000$	$= 145,936$
Tengah	$59,136 + 100,000$	$= 159,136$
Puncak	$45,936 + 100,000$	$= 145,936$
<b>1) Beban mati (<i>D</i>) + Beban angin (<i>W</i>)</b>		
Tepi	$45,936 + 37,500$	$= 83,436$
Tengah	$59,136 + 75,000$	$= 159,136$
Puncak	$45,936 + 37,500$	$= 83,436$

Diambil kombinasi pembebanan terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 1.

### 4.3 Pembebanan Metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

#### 4.3.1 Beban Mati (*D*)

Beban gording		= 4,960 kg/m	
<hr/>			
Beban atap	: berat penutup atap x luas bidang atap		
	: 4 x (1/2 x 1,0) x 6	= 12,000 kg	
Berat gording	: 4,960 x 6,00	= 29,760 kg	
			+
	D	= 41,760 kg	
Beban alat penyambung 10% D		= 4,176 kg	
			+
Total beban mati	D1	= 45,936 kg	
<hr/>			
Beban gording tengah			
<hr/>			
Beban atap	: berat penutup atap x luas bidang atap		
	: 4 x 1,00 x 6,00	= 24,000 kg	
Berat gording	: 4,960 x 6,00	= 29,760 kg	
			+
	D	= 53,760 kg	
Beban alat penyambung 10% D		= 5,376 kg	
			+
Total beban mati	D2	= 59,136 kg	
<hr/>			
Beban gording puncak			
<hr/>			
Beban atap	: berat penutup atap x luas bidang atap		
	: 4 x (1/2 x 1,0) x 6,00	= 12,000 kg	
Berat gording	: 4,960 x 6,00	= 29,760 kg	
			+
	D	= 41,760 kg	
Beban alat penyambung 10% D		= 4,176 kg	
			+
Total beban mati	D3	= 45,936 kg	
<hr/>			



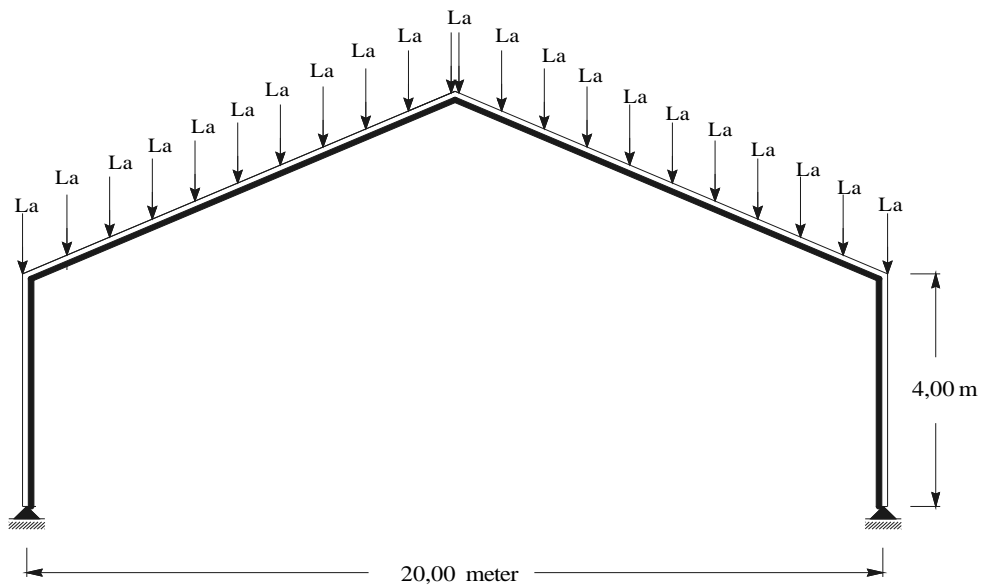
**Gambar 4.12.** Skema pembebanan untuk beban mati

#### 4.3.2 Beban Hidup ( $L_a$ )

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, hal 13.

Beban terpusat berasal dari seorang pekerja dengan peralatan.

Beban ( $L_a$ ) : 100,000 kg



**Gambar 4.13.** Skema pembebanan untuk beban hidup



#### 4.3.3 Beban Angin (W)

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan negative (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negative dinyatakan dalam kg/m<sup>2</sup>. (*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983; hal 23*).

Tekanan angin minimum diambil sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>.

$$\text{Angin tekan} = \text{Koefisien angin tekan} \times \text{tekanan angin}$$

$$= (0,02 \times -0,4) \times 25$$

$$= 2,500 \text{ kg/m}^2$$

$$W_1 = 2,5 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00$$

$$= 7,500 \text{ kg}$$

$$W_2 = 2,5 \times 1,00 \times 6,00$$

$$= 15,000 \text{ kg}$$

$$W_3 = 2,5 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00$$

$$= 7,500 \text{ kg}$$

Koefisien untuk angin hisap : (-0,4)

$$\text{Angin hisap} = \text{Koefisien angin hisap} \times \text{tekanan angin}$$

$$= -0,4 \times 25$$

$$= -10,000 \text{ kg/m}^2$$

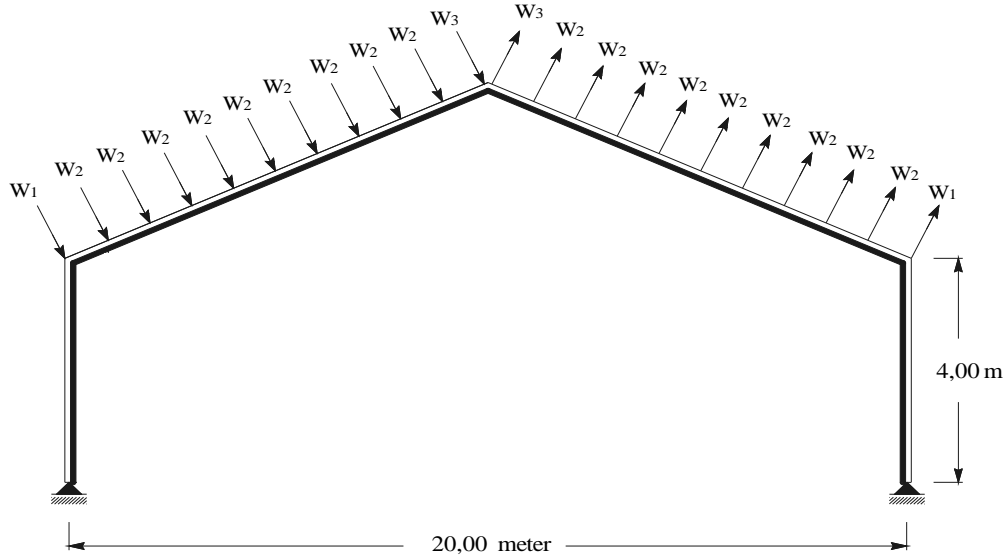
$$W_1 = -10,00 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00$$

$$= -30,000 \text{ kg}$$

$$W_2 = -10,00 \times 1,00 \times 6,00$$

$$= -60,000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 W_3 &= -10,00 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00 \\
 &= -30,000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.14.** Skema pembebanan akibat beban angin

#### 4.3.4. Beban Air Hujan ( $R$ )

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, hal 13-14.

Beban terbagi merata per  $m^2$  yang diakibatkan air hujan sebesar  $(40 - (0,8 \times \quad))$   $kg/m^2$ . Diambil tidak melebihi sebesar :  $2,000 \text{ kg/m}^2$

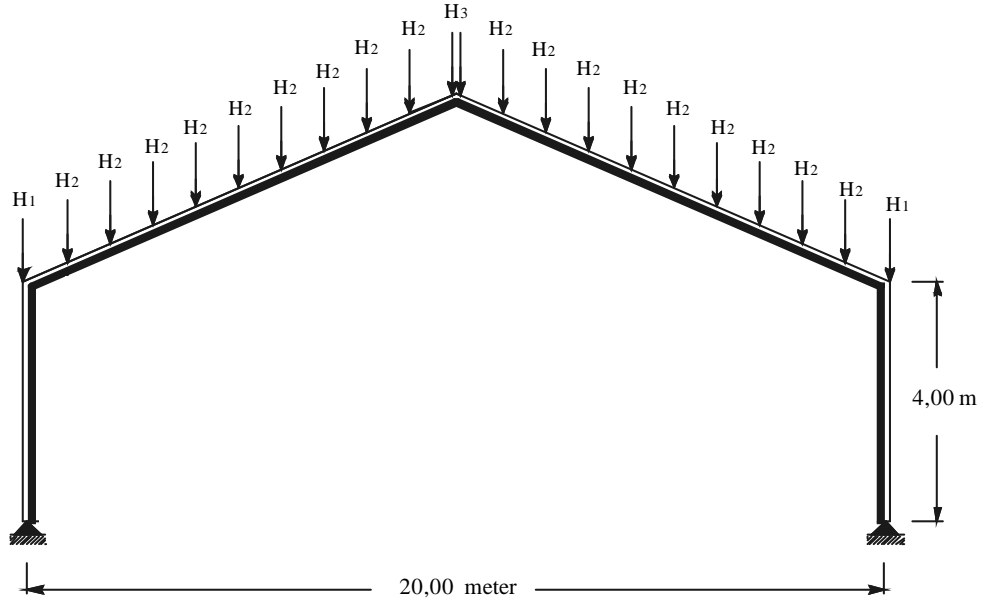
$$\begin{aligned}
 H &= 40 - (0,8 \times \quad) \\
 &= 40 - (0,8 \times 25^\circ) \\
 &= 20,000 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Dimana diambil nilai  $R$  :  $20,000 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 20 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00 \\
 &= 60,000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_2 &= 20 \times 100 \times 6,00 \\
 &= 120,000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

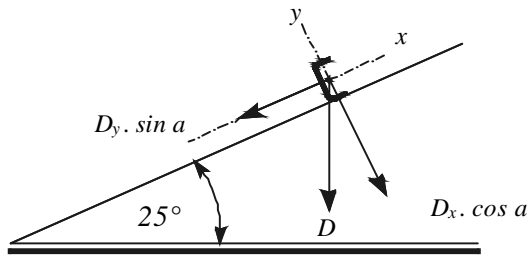
$$\begin{aligned}
 H_3 &= 20 \times (1/2 \times 1,0) \times 6,00 \\
 &= 60,000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.15.** Skema pembebana akibat air hujan

#### 4.3.5 Penguraian Beban

##### 1. Beban mati (*D*)



**Gambar 4.16.** Skema pembebana pada gordig akibat beban mati

$$D_x = D_2 \times \cos$$

$$= 59,136 \times \cos 25^\circ$$

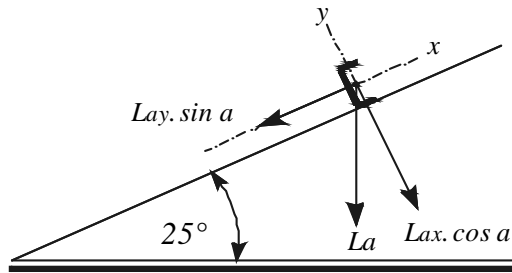
$$= 53,595 \text{ kg}$$

$$D_y = D_2 \times \sin$$

$$= 59,136 \times \sin 25^\circ$$

$$= 24,992 \text{ kg}$$

2. Beban hidup ( $L_a$ )

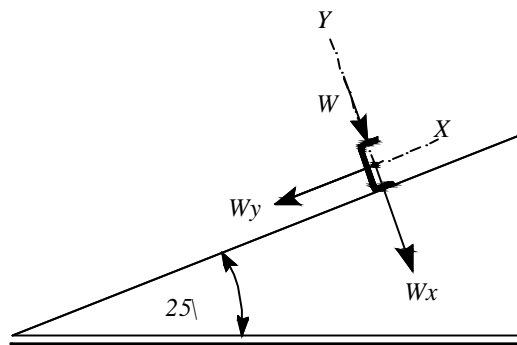


**Gambar 4.17.** Skema pembebanan pada gordig akibat beban hidup

$$\begin{aligned} L_{ax} &= L_a \times \cos \\ &= 100 \times \cos 25^\circ \\ &= 90,631 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{ay} &= L_a \times \sin \\ &= 100 \times \sin 25^\circ \\ &= 42,262 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Beban angin ( $W$ )



**Gambar 4.18.** Skema pembebanan pada gordig akibat beban angin

Untuk angin tekan

$$W_x = 15,000 \text{ kg}$$

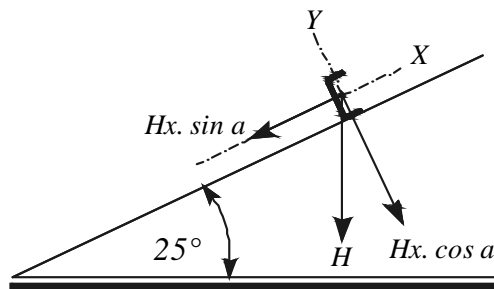
$$W_y = 0 \text{ kg}$$

Untuk angin hisap

$$W_x = -60,000 \text{ kg}$$

$$W_y = 0 \text{ kg}$$

### 3. Beban Air Hujan ( $H$ )



**Gambar 4.19.** Skema pembebanan pada gordig akibat beban air hujan

$$\begin{aligned} H_x &= H_2 \cdot \cos & H_y &= H_2 \cdot \sin \\ &= 120 \times \cos 25^\circ & &= 120 \times \sin 25^\circ \\ &= 108,757 \text{ kg.m} & &= 50,714 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### 4.3.6. Kombinasi Pembebanan

Adapun spesifikasi kombinasi pembebanan (SNI 03-1729-2002) :

- 1) 1,4 D
- 2) 1,2 D + 0,5 (La atau H)
- 3) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (0,8 W)
- 4) 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (La atau H)
- 5) 1,2 D
- 6) 0,9 D  $\pm$  (1,3W)

Dimana :

D = Beban mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)

La = Beban hidup (beban yang dapat bergerak)

W = Beban angin

E = Beban gempa (*ditentukan menurut : SNI 03-1726-2002*)

H = Beban air hujan atau beban es

**Tabel 4.6.** Pembebanan

Type	D	La	H	W	
Arah	(kg)	(kg)	(kg)	Tekan	Hisap
x	53,595	90,631	108,757	15,000	-60,000
y	24,992	42,262	50,714	0	0

**Tabel 4.7.** Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban	(kg)
1) 1,4 D	
<i>Arah x</i> : 1,4 x 53,595	= 75,034
<i>Arah y</i> : 1,4 x 24,992	= 34,989
2) 1,2 D + 0,5 (La atau H)	
<i>Arah x</i> : 1,2 x 53,595 + 0,5 x 108,757	= 118,693
<i>Arah y</i> : 1,2 x 24,992 + 0,5 x 50,714	= 55,347
<b>3) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (0,8 W)</b>	
<i>Arah x</i> : 1,2 x 53,595 + 1,6 x 108,757 + 0,8 x 75,000	= 298,326
<i>Arah y</i> : 1,2 x 24,992 + 1,6 x 50,714 + 0,8 x 0	= 111,133
4) 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (La atau H)	
<i>Arah x</i> : 1,2 x 53,595 + 1,3 x 75,000 + 0,5 x 108,757	= 216,193
<i>Arah y</i> : 1,2 x 24,992 + 1,3 x 0 + 0,5 x 50,714	= 55,347

5) 1,2 D

$$\text{Arah } x : 1,2 \times 53,595 = 64,315$$

$$\text{Arah } y : 1,2 \times 24,992 = 29,990$$

6) 0,9 D ± (1,3 W)

$$\text{Arah } x : 0,9 \times 53,595 + 1,3 \times 75,000 = 145,736$$

$$\text{Arah } y : 0,9 \times 24,992 + 1,3 \times 0 = 22,493$$

---

Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 3.

$$Q_x = 298,326 \text{ kg}$$

$$Q_y = 111,133 \text{ kg}$$

Nilai koefisien momen pada 8 medan.

(Ir. A. P. Potma, Ir. J. E. De Vries ; *Konstruksi Baja*, hal : 119)

$$1. \quad 0,078 \qquad 5. \quad 0,044$$

$$2. \quad \mathbf{0,106} \qquad 6. \quad 0,085$$

$$3. \quad 0,034 \qquad 7. \quad 0,041$$

$$4. \quad 0,077 \qquad 8. \quad 0,083$$

Diambil momen yang terbesar = 0,106

$$L \text{ gording} = 600,000 \text{ cm}$$

$$M_u = 0,106 \times Q \times L$$

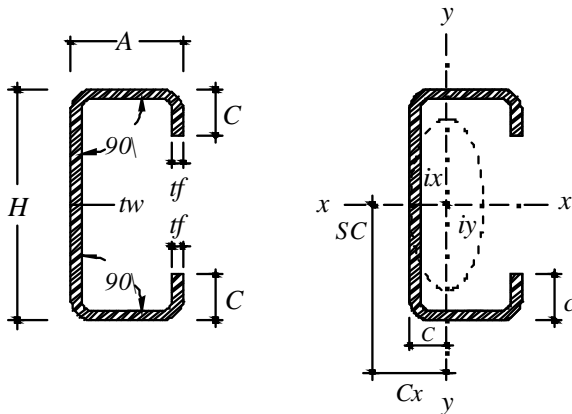
$$M_{ux} = 0,106 \times 298,326 \times 600,000$$

$$= 18.973,508 \text{ kg.cm}$$

$$M_{uy} = 0,106 \times 111,133 \times 600,000$$

$$= 7.068,062 \text{ kg.cm}$$

Dicoba profil : C : 150. 50. 20. 2,3



Gambar 4.20. Profil kanal

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

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

$$C = 20 \text{ mm}$$

$$t = 2,3 \text{ mm}$$

$$I_x = 210 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 22,0 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 28,0 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 6,3 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 30,19 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 5,54 \text{ cm}^3$$

$$i_x = 5,77 \text{ cm}^2$$

$$i_y = 1,86 \text{ cm}^2$$

Kontrol momen

$$b \cdot M_n = b \cdot M_p$$

$$Z_{x \text{ perlu}} = \frac{M_{ux}}{W \cdot b \cdot f_y} = \frac{18.973,508}{0,9 \times 2400}$$

$$Z_{x \text{ perlu}} = 8,784 \text{ cm}^3 < Z_x = 30,190 \text{ cm}^3 \quad (\text{OK})$$

$$M_{nx} = Z_x \cdot f_y$$

$$= 30,190 \times 2400$$

$$= 72456,000 \text{ kg.cm}$$

$$b \cdot M_{nx} > M_{ux}$$

$$72.456,000 \text{ kg.cm} > 18.973,508 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK})$$



$$Z_{y \text{ perlu}} = \frac{M_{uy}}{w \cdot b \cdot f_y} = \frac{7.068,068}{0,9 \times 2400}$$

$$Z_{y \text{ perlu}} = 3,272 \text{ cm}^3 < Z_y = 5,540 \text{ cm}^3 \quad (\text{OK})$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \cdot f_y \\ &= 5,540 \times 2400 \\ &= 13.296,000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$b \cdot M_{nx} > M_{ux}$$

$$13.296,000 \text{ kg.cm} > 7.068,062 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol puntir

$$\frac{M_{ux}}{w \cdot b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{w \cdot b \cdot M_{ny}}$$

$$\frac{18.973,508}{0,9 \times 72.456,00} + \frac{7.068,062}{0,9 \times 13.296,00} = 0,882 < 1 \quad (\text{OK})$$

**Tabel 4.8.** Batas lendutan maksimum

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	L/360	-
Balok biasa	L/240	-
Kolom dengan ordo analisis ordo pertama saja	h/500	h/200
Kolom dengan analisis ordo kedua	h/300	h/200

(Sumber; SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 15)

Kontrol lendutan :

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} + \frac{600}{240} = 2,500 \text{ cm}$$

$$f_x = \frac{5.M_{ux}.L^2}{48.E.I_x} = \frac{5 \times 18.973,508 \times 600^2}{48 \times 2 \times 10^6 \times 210,0} = 1,694 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5.M_{uy}.L^2}{48.E.I_y} = \frac{5 \times 7.068,062 \times 600^2}{48 \times 2 \times 10^6 \times 22,0} = 6,024 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{max} &= \sqrt{1,694^2 + 6,024^2} \\ &= 6,258 \text{ cm} > 2,500 \text{ cm} \quad (\text{NO}) \end{aligned}$$

Lendutan tidak aman maka perlu dipasang trekstang

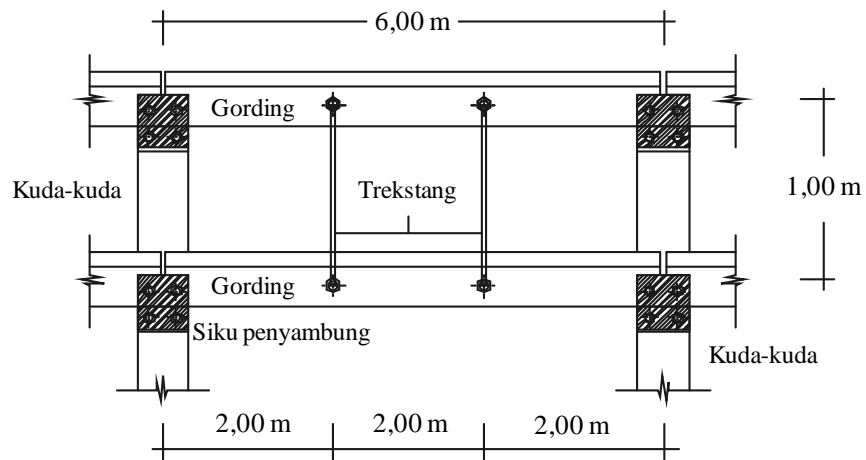
Pada arah sumbu lemah dipasang 2 buah trekstang pada bentang gording

sehingga:

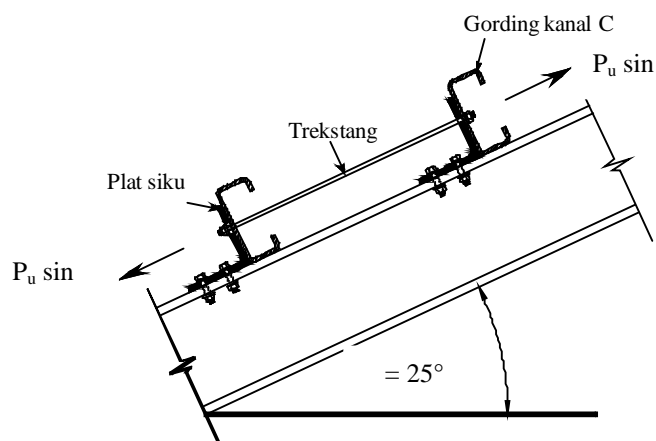
$$L_y = 1/3 \times \text{jarak kluda-kuda} = 1/3 \times 600,00 = 200,00 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5.M_{uy}.L^2}{48.E.I_y} = \frac{5 \times 7.068,062 \times 200^2}{48 \times 2 \times 10^6 \times 22,0} = 0,669 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{max} &= \sqrt{1,694^2 + 0,669^2} \\ &= 1,812 \text{ cm} > 2,500 \text{ cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$



**Gambar 4.21.** Jarak antar trekkstang pada gording



**Gambar 4.22.** Gaya tarik trekkstang

Perhitungan trekkstang

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 D_2 + 1,6 L_a \\
 &= 1,2 \times 59,136 + 1,6 \times 100,00 \\
 &= 230,963 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \sin &= \frac{230,963}{\sin 25^\circ} \\
 &= 546,505 \text{ kg} \\
 &= 5465,055 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Untuk tegangan leleh = 0,9

$$P_u = f_y \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{w f_y} = \frac{5.465,055}{0,9 \times 240} = 25,301 \text{ mm}^2$$

Untuk tegangan leleh = 0,75

$$P_u = f_y \cdot 0,75 \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{w f_y \cdot 0,75} = \frac{5.465,055}{0,75 \times 240 \times 0,75} = 40,482 \text{ mm}^2 \text{ ..... Menentukan}$$

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 40,482 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{A_g}{1/4 \cdot \pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{40,482}{1/4 \cdot \pi}}$$

$$= 7,179 \text{ mm}$$

Digunakan trekstang dengan = 10,0 mm

**Tabel 4.9.** Pembagian beban kuda-kuda

Type	D	La	H	W <sub>tekan</sub>	W <sub>hisap</sub>
Beban	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Tepi	45,936	100,000	60,000	7,500	-30,000
Tengah	59,136	100,000	120,000	15,000	-60,000
Puncak	45,936	100,000	60,000	7,500	-30,000

**Tabel 4.10.** Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban	(kg)
1) 1,4 D	
<i>Tepi</i> : 1,4 x 45,936	= 64,310
<i>Tengah</i> : 1,4 x 59,136	= 82,790
<i>Puncak</i> : 1,4 x 59,136	= 64,310
2) 1,2 D + 0,5 (La atau H)	
<i>Tepi</i> : 1,2 x 45,936 + 0,5 x 60,000	= 85,123
<i>Tengah</i> : 1,2 x 59,136 + 0,5 x 120,00	= 130,963
<i>Puncak</i> : 1,2 x 45,936 + 0,5 x 60,000	= 85,123
3) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (0,8 W)	
<i>Tepi</i> : 1,2 x 45,936 + 1,6 x 60,000 + 0,8 x 37,000	= 181,123
<i>Tengah</i> : 1,2 x 59,136 + 1,6 x 120,000 + 0,8 x 75,000	= 111,133
<i>Puncak</i> : 1,2 x 45,936 + 1,6 x 60,000 + 0,8 x 37,000	= 181,123
4) 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (La atau H)	
<i>Tepi</i> : 1,2 x 45,936 + 1,3 x 37,000 + 0,5 x 60,000	= 133,873
<i>Tengah</i> : 1,2 x 59,136 + 1,3 x 75,000 + 0,5 x 120,000	= 228,463

$$Puncak : 1,2 \times 45,936 + 1,3 \times 37,000 + 0,5 \times 60,000 = 133,873$$

5) 1,2 D Pasti lebih kecil

6) 0,9 D ± (1,3 W) Pasti lebih kecil

---

Diambil kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu terjadi pada kombinasi 3.

#### 4.4 Perhitungan Konstruksi Untuk Metode *Allowable Stress Design* (ASD)

##### 4.4.1 Perhitungan Momen Portal *Gable Frame*

Perhitungan momen menggunakan program bantu Staad Pro 2007 Bentley untuk mendapatkan nilai-nilai momen struktur *gable frame* yang diakibatkan beban mati termasuk berat sendiri, beban hidup, dan beban angin dengan menggunakan baja profil WF : 250. 150. 6. 9.

##### 4.4.2 Perhitungan Balok dan Kolom

###### Perhitungan Balok

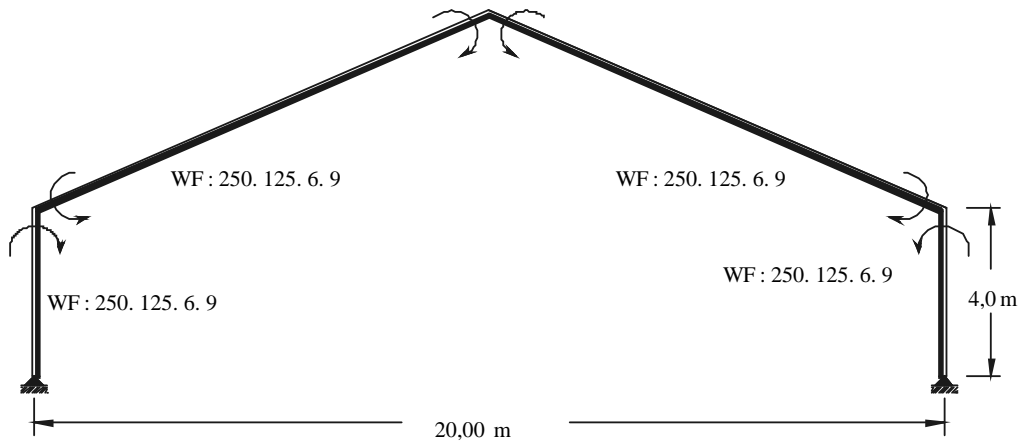
Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan Staad Pro 2007 Bentley didapat nilai-nilai :

Pada balok :

$$M = 4447,500 \text{ kgm}$$

$$D = 473,277 \text{ kg}$$

Dengan panjang balok 11,034 m



**Gambar 4.23.** Portal *Gable Frame*

Dengan menggunakan profil *Wide Flange* atau WF : 250. 125. 6. 9.

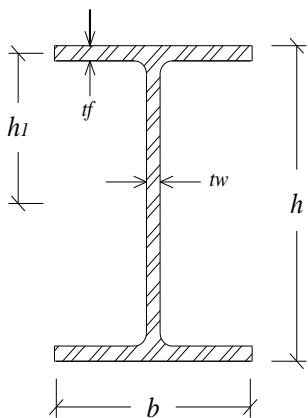
Profil baja menggunakan BJ 37.

$$f_y = 240,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370,000 \text{ MPa}$$

$$\gamma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Data profil :



$$g = 29,56 \text{ kg/m}$$

$$F = 37,66 \text{ cm}^2$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$I_x = 4050 \text{ cm}^4$$

$$b = 12,5 \text{ cm}$$

$$I_y = 294 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 0,6 \text{ cm}$$

$$w_x = 324 \text{ cm}^3$$

$$t_f = 0,9 \text{ cm}$$

$$w_y = 47 \text{ cm}^3$$

$$h_l = 12,5 - 0,45 = 12,1 \text{ cm}$$

Faktor panjang tekuk efektif  $k_x$ , ditentukan dengan menggunakan faktor G.

Garis terputus menunjukkan posisi kolom saat tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai $k_c$ teoritis	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Nilai $k_c$ desain	0,65	0,80	1,2	1,0	2,1	2,0
Keterangan kode ujung						

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 57)

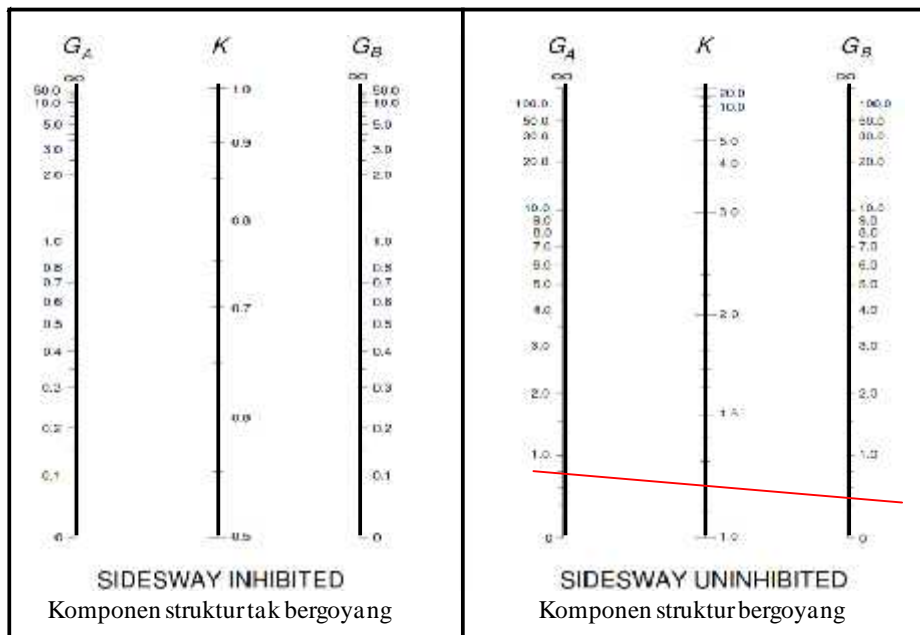
**Gambar 4.24.** Portal Gable Frame

Kondisi tumpuan jepit-sendiri

$$G_A = 0,8$$

$$G_B = \frac{\sum(I/L) \text{ kolom}}{\sum(I/L) \text{ balok}} = \frac{20250,000}{36705,396} = 0,552$$





(Sumber; Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, hal: 18)

**Gambar 4.25.** Nonograf faktor panjang tekuk

Dari table nomograf didapat nilai  $k$  faktor panjang tekuk

$$k = 1,21$$

Kontrol stabilitas penampang

Penampang berubah bentuk atau tidak

$$1) \frac{h}{t_f} \leq 75$$

$$\frac{25}{0,9} \leq 75$$

$$27,8 \leq 75 \text{ ..... (OK)}$$

$$2) \frac{L}{h} = \frac{1,25 \times b}{t_w}$$

$$\frac{1103,378}{25} = \frac{1,25 \times 10}{0,55}$$

$$44,135 = 22,727 \quad \dots\dots(\text{OK})$$

Penampang tidak berubah bentuk

Kontrol dimensi :

$$\text{yang terjadi} = \frac{M}{w_x} = \frac{444750,000}{324} = 1372,685 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{yang terjadi} > \bar{\quad} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Dicoba menggunakan profil WF : 200. 100. 5,5. 8 yang lebih kecil dimensinya

$$\text{yang terjadi} = \frac{M}{w_x} = \frac{426130,000}{184} = 2315,924 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{yang terjadi} < \bar{\quad} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (\text{NO})$$

Sehingga profil perlu diperbesar dan yang dipakai adalah profil WF : 250. 125. 6. 9.

Kontrol geser :

$$S_x = (b \times t_w \times h_1) + (t_f \times (h_1 - t_f/2) \times (h_1 - t_f/2)/2)$$

$$= (1,25 \times 0,6 \times 12,05) + (0,9 \times 11,6 \times 5,8) = 150,927 \text{ cm}^3$$

$$\bar{\quad} = 0,58 \times \bar{\quad} = 0,58 \times 1600 = 928 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{D \cdot S_x}{t_w \cdot I_x} = \frac{1103,378 \times 150,927}{0,6 \times 4950} = 68,531 \text{ kg/cm}^2$$

$$< \bar{\quad} \quad \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Kontrol lendutan :

$$f_{ijin} = \frac{1}{250} \times L$$
$$= \frac{1}{250} \times 2000,000 = 8,000 \text{ cm}$$

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan Staad Pro 2007 Bebtley

didapat nilai-nilai  $f_{max}$  :

	Pada titik C	= 2,866 cm	}	<	$f_{ijin} = 8,000 \text{ cm} \dots(\text{OK})$
$f_{max}$	Pada titik D	= 6,208 cm			
	Pada titik C	= 2,866 cm			

Perhitungan Kolom

Dengan menggunakan profil baja WF : 250. 125. 6. 9.

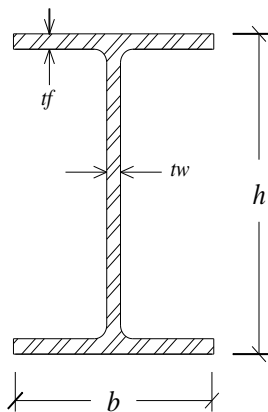
$$M = 4447,500 \text{ kgm}$$

$$N = 1961,146 \text{ kg}$$

$$P_l = 2573,976 \text{ kg}$$

Dengan tinggi kolom (L) = 4,000 meter.

Data profil :



$$g = 29,56 \text{ kg/m}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$b = 12,5 \text{ cm}$$

$$i_x = 10,37 \text{ cm}$$

$$i_y = 2,79 \text{ cm}$$

$$F = 37,66 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 4050 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 294 \text{ cm}^4$$

$$w_x = 324 \text{ cm}^3$$

$$w_y = 47 \text{ cm}^3$$

Kelangsingan pada arah sumbu bahan

Harga dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}g &= f \sqrt{\frac{E}{0,71 l}} \\&= 3,14 \sqrt{\frac{200000}{448000}} \\&= 2,099 \\s &= \frac{\}}{\}_g \\&= \frac{L_k}{i_x} = \frac{400}{104} = 38,573 \\&= \frac{38,573}{2,099} = 1,838\end{aligned}$$

Besarnya ditentukan nilai  $s$

$$\begin{aligned}s < 0,183 & \quad \text{maka} \quad = 1 \\0,183 < s < 1 & \quad \text{maka} \quad = \frac{1,41}{1,593 - \}_s \\s > 1 & \quad \text{maka} \quad = 2,381 \quad s^2\end{aligned}$$

(Sumber; Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, hal: 9)

$$\begin{aligned}&= 2,381 \times 1,838^2 \\&= 2,381 \times 3,377 = 8,040 \\b &= x \frac{N}{F} < - \\&= 8,040 \times \frac{1961,146}{37,660} = 418,697 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$b < \bar{f}$$

$$418,697 \text{ kg/cm}^2 < 1600,000 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan

$$= x \frac{P}{F} + \frac{M}{W_x} < -$$

$$= 8,040 \times \frac{2692,216}{37,66} + \frac{4447,500}{324} = 588,504 \text{ kg/cm}^2$$

$$< \bar{f}$$

$$588,504 \text{ kg/cm}^2 < 1600,000 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{..... (OK)}$$

Jadi profil WF : 250. 125. 6. 9 mencukupi untuk memikul beban sesuai dengan *Allowable Stress Design (ASD)*

**4.5 Perhitungan Konstruksi Untuk Metode *Load and Resistance Factor Design (LRFD)***

4.5.1 Perhitungan Momen Portal *Gable Frame*

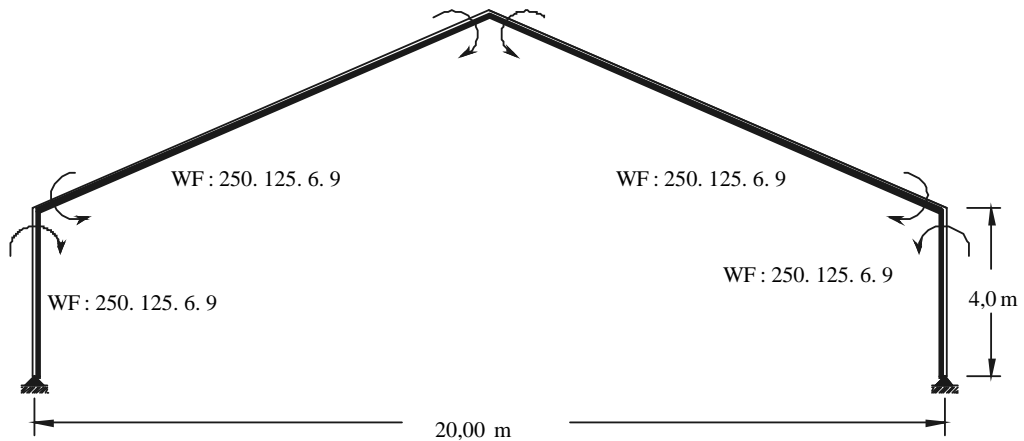
Perhitungan momen menggunakan program bantu Staad Pro 2007 Bentley untuk mendapatkan nilai-nilai momen struktur *gable frame* yang diakibatkan beban mati termasuk berat sendiri, beban hidup, dan bebab angin dengan menggunakan baja profil WF : 200. 100. 5,5. 8.

4.5.2 Perhitungan Balok dan Kolom

Perhitungan Kolom

Didapat nilai gaya aksial tekan terfaktor ( $N_u$ ) dengan menggunakan program bantu Staad Pro 2007 Bebtley sebesar  $N_u$  : 3006,670 kg

Dengan tinggi kolom (L) = 4,000 m



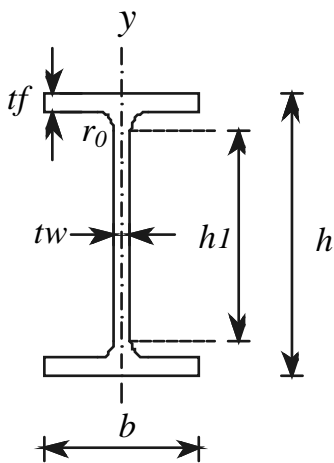
**Gambar 4.26.** Portal *Gable Frame*

Dicoba dengan profil WF : 200. 100. 5,5.8.

$$f_y = 240,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370,000 \text{ Mpa}$$

Data profil :



$$h = 200 \text{ mm}$$

$$r_x = 82,3 \text{ mm}$$

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

$$r_y = 22,2 \text{ mm}$$

$$t_w = 5,5 \text{ mm}$$

$$A_g = 2729 \text{ mm}^2$$

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

$$I_x = 18.400.000,0 \text{ mm}^4$$

$$r_o = 11 \text{ mm}$$

$$I_y = 40.500.000,0 \text{ mm}^4$$

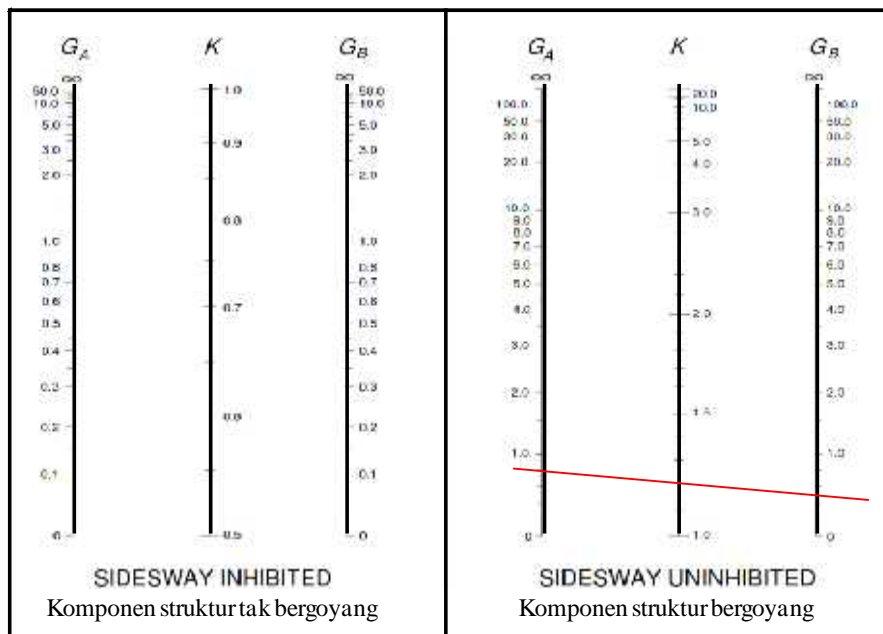
$$h_1 = d - 2 \cdot (t_f + r_o) = 162,000 \text{ mm}$$

Perhitungan dimensi kolom balok

Kondisi tumpuan Jepit-sendi

$$G_A = 0,8$$

$$G_B = \frac{\sum(I/L)_{kolom}}{\sum(I/L)_{balok}} = \frac{9200,000}{16676,032} = 0,552$$



(Sumber; AISC, LRFDP; Manual Of Steel Counstruction, second edition; Column Design

3-6)

**Gambar 4.27.** Nonograf faktor panjang tekuk

Dari nomograf didapat nilai  $k$  faktor panjang tekuk

$$k = 1,21$$

Periksa kelangsingan penampang

$$\text{Flens} = \frac{(b/2)}{t_f} = \frac{(100/2)}{8} = 6,250$$

$$r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,137 \quad (\text{ref; SNI 03-1729-2002. hal: 30-31})$$

$$\frac{(b/2)}{t_f} < \lambda_r \dots\dots (OK)$$

$$\text{Web} = \frac{h}{t_w} = \frac{200}{5,5} = 36,364$$

$$\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42,926 \quad (\text{ref; SNI 03-1729-2002. hal: 30-31})$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_r \dots\dots(OK)$$

**Aksi kolom**

Kelangsingan pada arah sumbu bahan.

$$\lambda_x = \frac{k.L_x}{r_x}; \quad \lambda_y = \frac{k.L_y}{r_y}$$

dimana :  $L_x, L_y$  = panjang komponen struktur tekan arah x dan arah y

k = faktor panjang tekuk

$r_x, r_y$  = jari-jari girasi komponen struktur

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 61)

$$\frac{k_x.L_x}{r_x} = \frac{1,21 \times 4000}{82,3} = 58,809$$

$$\frac{k_y.L_y}{r_y} = \frac{1,21 \times 4000}{22,2} = 218,018$$

$$c = \frac{k_x.L_x}{r_x} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{58,809}{3,142} \sqrt{\frac{240,00}{200.000}} = 0,648$$



Besarnya nilai  $\lambda$  ditentukan nilai  $c$ .

$$c < 0,25 \quad \text{maka} \quad \lambda = 1$$

$$0,25 < c < 1,2 \quad \text{maka} \quad \lambda = \frac{1,43}{1,6 - 0,7 \cdot c}$$

$$c < 1,2 \quad \text{maka} \quad \lambda = 1,25 \cdot c^2$$

(Sumber; Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, hal: 57)

$$\lambda = \frac{1,43}{1,6 - 0,7 \cdot c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,648} = 1,227$$

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\lambda} \\ &= 2729 \times \frac{240,000}{1,227} = 53.382,845 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{w_c \cdot N_n} = \frac{3.006,671}{0,85 \times 53.382,845} = 0,066 < 0,2$$

(Sumber; SNI 03-1729-2002. hal: 24 pasal 7.4.3.3)

### Aksi balok

Periksa kelangsingan penampang

$$\frac{(b/2)}{t_f} = \frac{(100/2)}{8} = 6,250$$

$$p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,973 \quad (\text{ref; SNI 03-1729-2002. hal: 30-31})$$

$$\frac{(b/2)}{t_f} < p \quad \dots \quad (\text{OK})$$

$$\frac{N_u}{w_c \cdot N_y} = \frac{30.066,710}{0,9 \times 240,0 \times 2729} = 0,051 < 0,125$$

Berdasarkan table 7.5.1 SNI 03-1729-2002 hal: 31 memberikan batasan

nilai untuk  $p$  dan  $r$ .

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{W_c \cdot N_n} < 0,125 \quad p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \left( 1 - \frac{2,75 \cdot N_u}{W_b \cdot N_y} \right)$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{W_c \cdot N_n} > 0,125 \quad p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left( 2,33 - \frac{N_u}{W_b \cdot N_y} \right)$$

$$p = \frac{1680}{\sqrt{240}} [1 - (2,75 \times 0,05)] = 93,232$$

$$= \frac{h}{t_w} = \frac{162}{6} = 29,455 < 93,232 \quad (\text{Kompak})$$

Kontrol tekuk torsi lateral

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y = \frac{790}{\sqrt{240}} \times 22,20 = 1132,073 \text{ mm}$$

$$L_r = r_y \cdot \left( \frac{X_1}{f_y - f_r} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_y - f_r)^2}}$$

$$J = \frac{1}{3} [ 2 (100) (8)^3 ] + [ 200 (5,5)^3 ]$$

$$= 6,74 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$X_1 = \frac{f}{S_x} \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

$$= \frac{3,142}{324000,0} \sqrt{\frac{2 \times 10^5 \cdot 8 \times 10^4 \cdot 67408,333 \cdot 2729,00}{2}}$$

$$= 11762,738 \text{ MPa}$$

$$X_2 = 4 \times \left( \frac{S_x}{G \cdot J} \right)^2 \frac{C_w}{I_y}$$

$$C_w = \frac{I_f \cdot h^2}{2} = \frac{(1/12 \times 8 \times 100^3) \times 162,0^2}{2}$$

$$= 8.748.000.000,000 \text{ mm}^6$$

$$X_2 = 4 \times \left( \frac{324000,00}{8 \times 10^4 \cdot 6,74 \times 10^4} \right)^2 \frac{8748000000,000}{40500000,000}$$

$$= 3,119 \times 10^{-6}$$

$$L_r = 22,2 \times \left( \frac{11762,738}{240 - 70} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + 3,119 \times 10^{-6} (240 - 70)^2}}$$

$$= 5.755.349 \text{ mm}$$

$L_p$  (1,132 meter) <  $L$  (4 meter) <  $L_r$  (5,755 meter)

Maka  $M_n$  terletak diantara  $M_p$  dan  $M_r$  (untuk  $C_b = 1$ ).

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 513,20 \times 2400$$

$$= 1.231.680,00 \text{ kg.cm}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 184,00 \times (2400,0 - 700,00)$$

$$= 312.800,000 \text{ kg.cm}$$

$$M_n = C_b \cdot \left( M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right) M_p$$

$$= 1 \cdot \left( 312800 + (1231680 - 312800) \frac{5,755 - 4,0}{5,755 - 1,132} \right)$$

$$= 661.677,100 \text{ kg.cm} \quad M_p$$

$$b. M_{nx} = 0,9 \times 661677,100$$

$$= 595.509,390 \text{ kg.cm}$$

### Perbesaran momen ( $b$ )

Untuk menghitung (  $b$  ) diperlukan rasio kelangsingan dari portal.

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1,21 \times 4000,00}{82,30} = 58,809$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 - 0,4 (M_1/M_2) \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{el} &= \frac{f^2 \cdot E \cdot A_g}{((k \cdot L) / r)^2} \\ &= \frac{3,14 \times 200000 \times 2729}{3458,526} \\ &= 49.578,382 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$N_u = 3006,671 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{C_m}{1 - (N_u / N_{el})} \\ &= \frac{0,6}{1 - (3006,671 / 49578,382)} \\ &= 0,639 < 1,0 \end{aligned}$$

Diambil (  $b$  ) sebesar 1,0

$$\begin{aligned} M_{ux} &= b \cdot M_{nu} \\ &= 1,0 \times 4973,400 \\ &= 4973,400 \text{ kg.m} \\ &= 497340,000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} \geq 0,2$$

$$\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} \right) \leq 1$$

$$0,113 + \left( \frac{497340,000}{595509,390} \right) \cdot 1 = 0,948 < 1,00$$

Jadi profil WF: 200. 100. 5,5. 8 mencukupi untuk menerima beban sesuai dengan *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*

#### **4.6 Perhitungan Sambungan untuk Metode *Allowable Stress Design (ASD)***

##### 4.6.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom Profil WF

Data perencanaan pprofil WF

Balok WF :

Tinggi balok (d) = 250 mm

Lebar balok (b) = 125 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 6 mm

Tebal flange ( $t_f$ ) = 9 mm

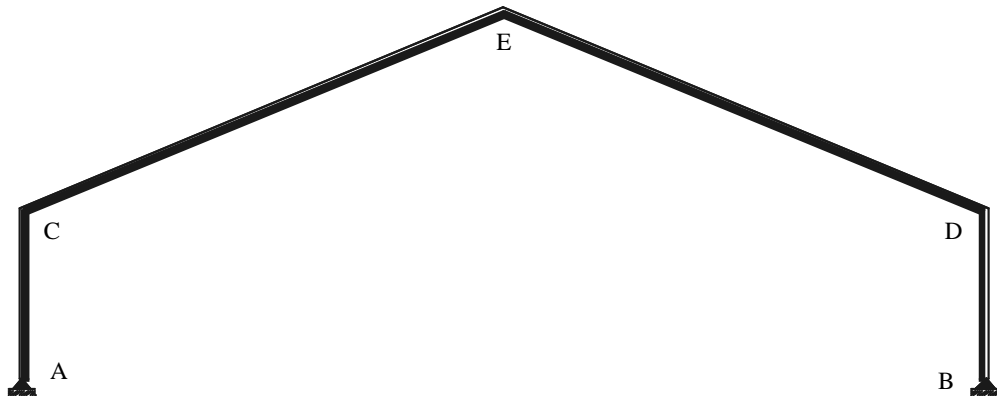
Balok WF :

Tinggi kolom (d) = 250 mm

Lebar kolom (b) = 125 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 6 mm

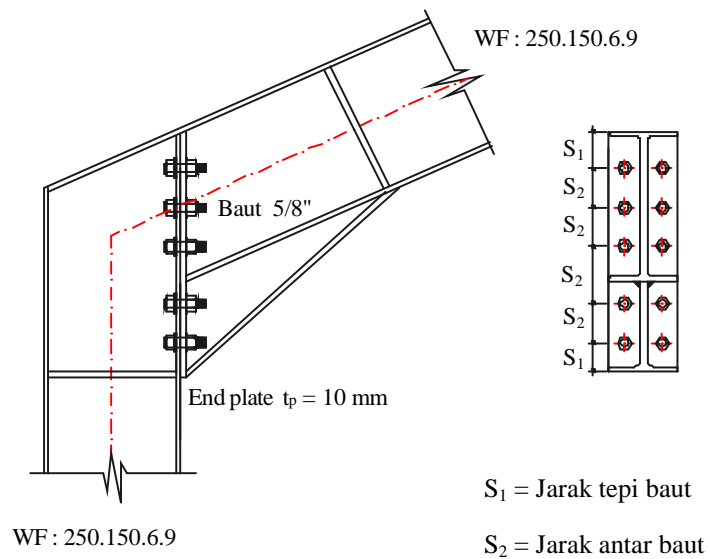
Tebal flange ( $t_f$ ) = 9 mm



**Gambar 4.28.** Penamaan sambungan

Sambungan Rafter tepi (sambungan pada titik C dan D)

Diketahui :



**Gambar 4.29.** Skema penyambungan kolom balok

$$V_c = 1522,962 \text{ kg}$$

$$M_c = 4447,500 \text{ kgm}$$

Digunakan Baut A35  $\longrightarrow f_y = 2400,0 \text{ kg/cm}^2$

$$- = \frac{f_y}{1,5} = \frac{2400,000}{1,5}$$

$$= 1600,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_p = 1,5 \times - = 1,5 \times 1600,000$$

$$= 2400,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$- = 0,6 \times - = 0,6 \times 1600,000$$

$$= 960,00 \text{ kg/cm}^2$$

Dipakai baut diameter = 5/8" = 1,588 cm

$$= 1,588 + 0,100 = 1,688 \text{ cm}$$

$$N = \frac{f}{4} \times d^2 \times$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,588^2 \times 960,00$$

$$= 1900,153 \text{ kg}$$

$$N_{\text{tumpu}} = d \times s \times t_p$$

$$= 1,688 \times 0,80 \times 2400,00$$

$$= 3240,000 \text{ kg}$$

Diambil nilai yang terkecil adalah akibat geser sebesar = 1900,153 kg

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{V_c}{N_t} = \frac{1522,962}{1900,153}$$

$$= 0,801 \text{ buah} \quad 1 \text{ buah}$$

Diambil = 5 buah

$$\text{Luas lubang baut} = \frac{f}{4} \times d^2 \times n$$

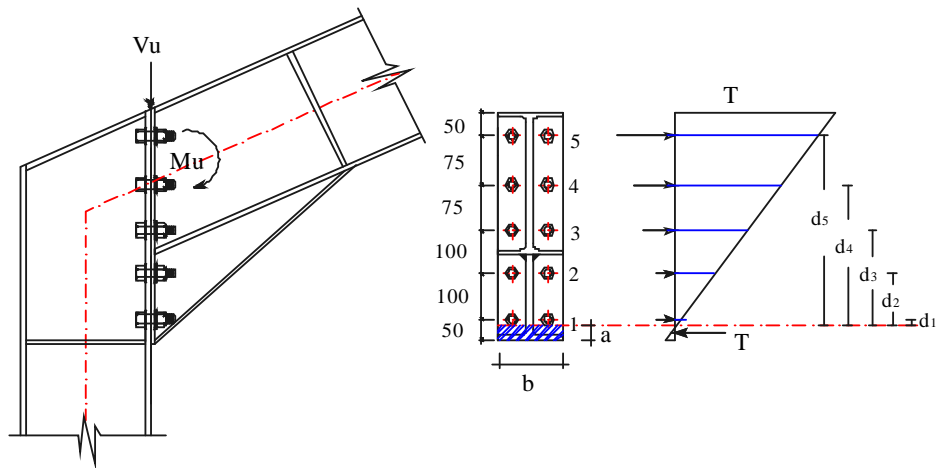
$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,588^2 \times 5$$

$$= 9,897 \text{ cm}^2$$

Kontrol :

$$= \frac{V_A}{A_b} = \frac{1522,962}{9,897} = 153,887 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 153,887 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma} = 960,00 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots (\text{OK})$$



**Gambar 4.30.** Diagram tegangan baut

Jarak tepi baut diambil  $= 1,5 d_b - 3 d_b$

Jarak minimum  $= 1,5 \times 1,588 = 2,381 \text{ cm}$

Jarak maksimum  $= 3 \times 1,588 = 4,763 \text{ cm}$

Diambil jarak tepi baut  $= 5,00 \text{ cm}$

Jarak antar baut diambil  $= 3 d_b - 7 d_b$

Jarak minimum  $= 3 \times 1,588 = 4,763 \text{ cm}$

Jarak maksimum  $= 7 \times 1,588 = 11,113 \text{ cm}$

Jarak antar lubang baut  $= 10,00 \text{ cm}$



Jarak ( $d$ )

$$d_1 = 5,000 \text{ cm} \qquad d_4 = 32,500 \text{ cm}$$

$$d_2 = 15,000 \text{ cm} \qquad d_5 = 40,000 \text{ cm}$$

$$d_3 = 25,000 \text{ cm} \qquad d_6 = 45,000 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} e &= 5^2 + 15^2 + 25^2 + 33^2 + 40^2 + 45^2 \\ &= 5556 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{M_c \cdot e \text{ terjauh}}{2 \cdot \Sigma e} \\ &= \frac{4447,500 \times 45}{2 \times 5556} = 18,010 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sambungan teriris tunggal

$$\begin{aligned} \text{aksial} &= \frac{N}{1/4 \cdot f \cdot d^2} \\ &= \frac{18,010}{1/4 \times 3,14 \times 1,588^2} = 9,104 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= 1522,962 \text{ kg} \\ &= \frac{1522,962}{10 \cdot 1/4 \cdot f \cdot d^2} = 76,982 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{f} i^\circ &= \sqrt{(\bar{f}_{\text{aksial}})^2 + 3x\bar{f}^2} < \bar{f} \\ &= \sqrt{9,104^2 + 3 \times 76,982^2} < \bar{f} \\ &= 133,648 \text{ kg/cm}^2 < 1600,00 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

Perhitungan las pelat sambungan arah sejajar kolom

Tebal las ditaksir  $a = 10 \text{ mm} = 1,0 \text{ cm}$

Panjang las (lbr) = 41 cm

$$P = N \text{ balok} = 1961,146 \text{ kg} \quad 1962 \text{ kg}$$

Beban ditahan oleh las kiri dan las kanan, masing-masing sebesar P kiri dan P kanan, dimana :

$$P_{ki} = P_{ka} = 1/2 \times P = 1/2 \times 1962 = 981 \text{ kg}$$

$$L_n = lbr - 3 = 41 - (3 \times 1,0) = 38,0 \text{ cm}$$

$$D = P_{ki} \times \sin 45^\circ = 981 \times \sin 45^\circ = 693,672 \text{ kg}$$

$$= \frac{P}{l_{br}} = \frac{693,672}{41 \times 1,0}$$

$$= 16,919 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 960,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{I_n \cdot a}$$

$$= \frac{693,672}{39,80 \times 1,0} = 18,255 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 1600,00 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol :

$$i = \sqrt{t^2 + 3t^2}$$

$$= \sqrt{18,255^2 + 3 \times 16,919^2}$$

$$= 34,525 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 1600,00 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar kolom.

#### Perhitungan las pelat sambungan arah sejajar balok

Tebal las ditaksir  $a = 10 \text{ mm} = 1,0 \text{ cm}$

Panjang las ( $lbr$ ) = 100 cm

$$M_c = 444750 \text{ kgcm}$$

$$L_n = lbr - 3 = 100 - (3 \times 1,0) = 97,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 e &= 1/3 \times H + 1/4 \times 0,4 \times \sqrt{2} \\
 &= 1/3 \times 60 + 1/4 \times 0,4 \times \sqrt{2} \\
 &= 20,141 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{M}{e} \\
 &= \frac{444750}{20,141} = 22081,3612 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= N = D \sin 45^\circ = 22081,361 \times \sin 45^\circ = 15613,880 \text{ kg} \\
 &= \frac{D}{F_{gs}} = \frac{D}{l_{br} \cdot a} \\
 &= \frac{22081,361}{100 \times 1,0} = 220,814 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 960,00 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{I_n \cdot a} \\
 &= \frac{22081,361}{98,80 \times 1,0} = 227,643 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 1600,00 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

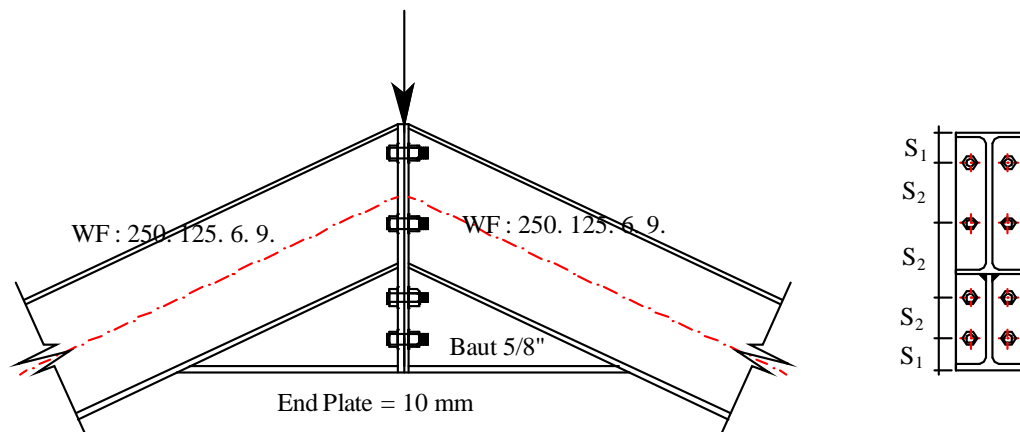
$$\begin{aligned}
 i &= \sqrt{t^2 + 3t^2} \\
 &= \sqrt{227,643^2 + 3 \times 220,814^2} \\
 &= 445,081 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 1600,00 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar kolom.

#### 4.6.2 Perhitungan Sambungan Balok Balok Profil WF

Sambungan Rafter puncak (sambungan E)

Diketahui :



$S_1$  = Jarak tepi baut  
 $S_2$  = Jarak antar baut

**Gambar 4.31.** Skema penyambungan kolom kolom

$$V_E = 1522,962 \text{ kg}$$

$$M_E = 1069,300 \text{ kgm}$$

Digunakan Baut A35  $\longrightarrow f_y = 2400,0 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}
 - &= \frac{f_y}{1,5} = \frac{2400,000}{1,5} \\
 &= 1600,00 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_p &= 1,5 \times - = 1,5 \times 1600,000 \\
 &= 2400,00 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - &= 0,6 \times - = 0,6 \times 1600,000 \\
 &= 960,00 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai baut diameter} = 5/8" = 1,588 \text{ cm}$$

$$= 1,588 + 0,100 = 1,688 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{f}{4} \times d^2 \times \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,588^2 \times 960,00 \\
 &= 1900,153 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\text{tumpu}} &= d \times s \times t_p \\
 &= 1,688 \times 0,80 \times 2400,00 \\
 &= 3240,000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Diambil nilai yang terkecil adalah akibat geser sebesar = 1900,153 kg

Jumlah baut yang dibutuhkan :

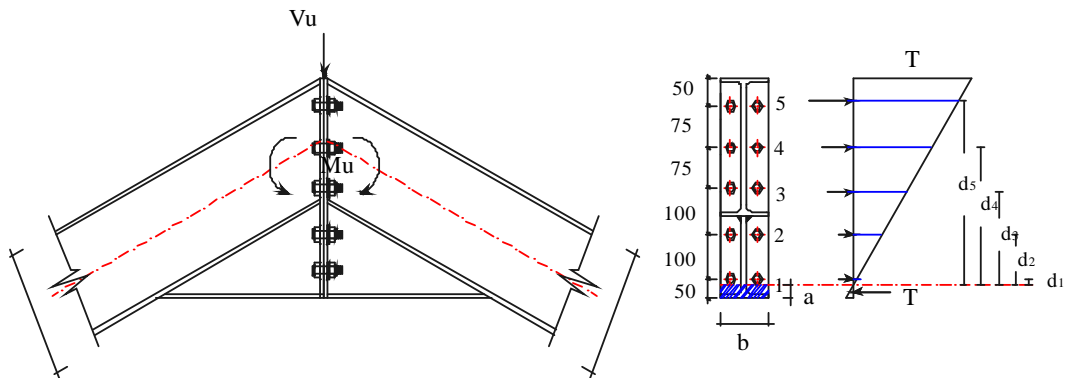
$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_c}{N_t} = \frac{1522,962}{1900,153} \\
 &= 0,801 \text{ buah} \quad 1 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Diambil = 5 buah

$$\begin{aligned}
 \text{Luas lubang baut} &= \frac{f}{4} \times d^2 \times n \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,588^2 \times 5 \\
 &= 9,897 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{V_A}{A_b} = \frac{1522,962}{9,897} = 153,887 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 153,887 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\quad} = 960,00 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.32.** Diagram tegangan baut

Jarak tepi baut diambil	$= 1,5 d_b - 3 d_b$
Jarak minimum	$= 1,5 \times 1,588 = 2,381 \text{ cm}$
Jarak maksimum	$= 3 \times 1,588 = 4,763 \text{ cm}$
Diambil jarak tepi baut	$= 5,00 \text{ cm}$
Jarak antar baut diambil	$= 3 d_b - 7 d_b$
Jarak minimum	$= 3 \times 1,588 = 4,763 \text{ cm}$
Jarak maksimum	$= 7 \times 1,588 = 11,113 \text{ cm}$
Jarak antar lubang baut	$= 10,00 \text{ cm}$

Jarak ( $d$ )

$d_1 = 5,000 \text{ cm}$	$d_4 = 32,500 \text{ cm}$
$d_2 = 15,000 \text{ cm}$	$d_5 = 40,000 \text{ cm}$
$d_3 = 25,000 \text{ cm}$	$d_6 = 45,000 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 e &= 5^2 + 15^2 + 25^2 + 33^2 + 40^2 + 45^2 \\
 &= 5556 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{M_c \cdot e \text{ terjauh}}{2 \cdot \Sigma_e} \\
 &= \frac{1069,300 \times 45}{2 \times 5556} = 4,330 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sambungan teriris tunggal

$$\begin{aligned}
 \text{aksial} &= \frac{N}{1/4 \cdot f \cdot d^2} \\
 &= \frac{4,330}{1/4 \times 3,14 \times 1,588^2} = 9,104 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_C &= 1522,962 \text{ kg} \\
 &= \frac{1522,962}{10.1/4 \cdot f \cdot d^2} = 76,982 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{t} i^\circ &= \sqrt{(\bar{t}_{\text{aksial}})^2 + 3 \times \bar{t}^2} < \bar{t} \\
 &= \sqrt{9,104^2 + 3 \times 76,982^2} < \bar{t} \\
 &= 133,648 \text{ kg/cm}^2 < 1600,00 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

Perhitungan las pelat sambungan arah sejajar kolom

Tebal las ditaksir  $a = 10 \text{ mm} = 1,0 \text{ cm}$

Panjang las (lbr) = 41 cm

$P = N \text{ balok} = 1961,146 \text{ kg} \quad 1962 \text{ kg}$

Beban ditahan oleh las kiri dan las kanan, masing-masing sebesar P kiri dan P kanan, dimana :

$$P_{ki} = P_{ka} = 1/2 \times P = 1/2 \times 1962 = 981 \text{ kg}$$

$$L_n = lbr - 3 = 41 - (3 \times 0,4) = 38,0 \text{ cm}$$

$$D = P_{ki} \times \sin 45^\circ = 981 \times \sin 45^\circ = 693,672 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{P}{l_{br}} = \frac{693,672}{41 \times 1,0} \\
&= 16,919 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 960,00 \text{ kg/cm}^2 \\
&= \frac{N}{F_{rr}} = \frac{N}{I_n \cdot a} \\
&= \frac{693,672}{39,80 \times 1,0} = 18,255 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 1600,00 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
i &= \sqrt{f^2 + 3t^2} \\
&= \sqrt{18,255^2 + 3 \times 16,919^2} \\
&= 34,525 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 1600,00 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar kolom.

#### Perhitungan las pelat sambungan arah sejajar balok

Tebal las ditaksir  $a = 10 \text{ mm} = 1,0 \text{ cm}$

Panjang las (lbr) = 100 cm

$$M_c = 106930 \text{ kgcm}$$

$$L_n = lbr - 3 = 100 - (3 \times 1,0) = 97,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
e &= 1/3 \times H + 1/4 \times 0,4 \times \sqrt{2} \\
&= 1/3 \times 60 + 1/4 \times 0,4 \times \sqrt{2} \\
&= 20,141 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D &= \frac{M}{e} \\
&= \frac{106930}{20,141} = 5308,960 \text{ kg}
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
D &= N = D \sin 45^\circ = 5308,960 \times \sin 45^\circ = 3754,002 \text{ kg} \\
&= \frac{D}{F_{gs}} = \frac{D}{l_{br} \cdot a} \\
&= \frac{5308,960}{100 \times 1,0} = 53,090 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 960,00 \text{ kg/cm}^2 \\
&= \frac{N}{F_{tr}} = \frac{N}{I_n \cdot a} \\
&= \frac{5308,960}{98,80 \times 1,0} = 54,732 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 1600,00 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
i &= \sqrt{t^2 + 3t^2} \\
&= \sqrt{54,732^2 + 3 \times 53,090^2} \\
&= 107,010 \text{ kg/cm}^2 < \bar{f} = 1600,00 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Jadi tebal las 1,0 cm dapat digunakan pada pelat penyambung arah sejajar kolom.

#### 4.6.3 Perhitungan Plat Landasan

##### Perencanaan Plat Landasan

Pondasi beton = 50 x 30 cm

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$\bar{f}_{\text{plat (Bj 37)}} = 160 \text{ MPa} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{f} = 160 \text{ MPa} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{f}_{\text{tb angker (Bj 37)}} = 0,3 \times f_c' = 7,5 \text{ MPa} = 75 \text{ kg/cm}^2$$

Profil kolom WF : 250. 125. 6. 9.

Dari data perhitungan dengan STADD Pro 2007 diperoleh :

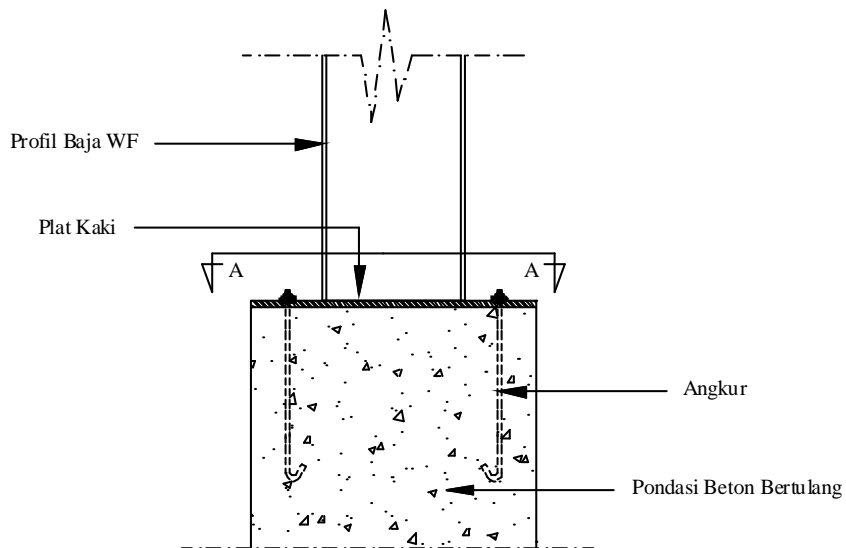
$$M = 1482,50 \text{ kgm}$$

$$N = 2327,209 \text{ kg}$$

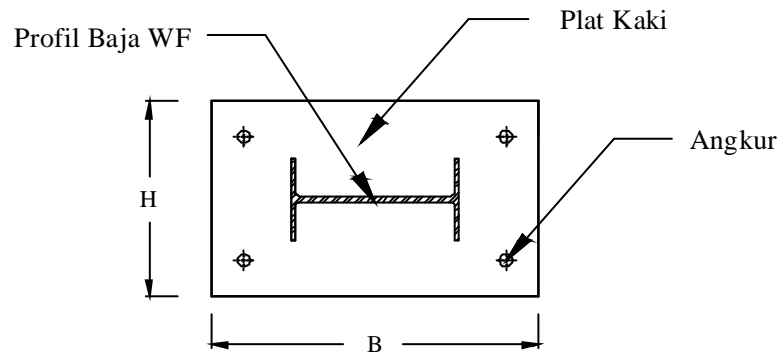
$$D = 473,277 \text{ kg}$$

Tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} \bar{f} &= \frac{N}{A} \\ &= \frac{2327,209}{50 \times 30} = 1,551 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



**Gambar 4.33.** Pondasi dengan ankur



**Gambar 4.34.** Potongan A-A

Syarat dimensi plat :

$$A \quad \frac{N}{f_{tb}} = \frac{2327,209}{75} = 31,029 \text{ cm}^2$$

$$1500 \text{ cm}^2 \quad 31,0295 \text{ cm}^2$$

Dimensi landasan :

$$B = 50 \text{ cm dan } H = 30 \text{ cm}$$

$$a = \frac{50 - 17,5}{2} = 16,250 \text{ cm}$$

$$a = \frac{30 - 17,5}{2} = 6,250 \text{ cm}$$

Momen pada plat :

$$\begin{aligned} M_1 &= (1/6) \times a \times b^2 \times x \\ &= (1/6) \times 16,25 \times 6,25^2 \times 1,551 \\ &= 164,1369195 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_2 &= (1/6) \times B \times b^2 \times \\
&= (1/6) \times 17,50 \times 6,25^2 \times 1,551 \\
&= 176,7628364 \text{ kg.cm}
\end{aligned}$$

$M_1 < M_2$  jadi yang menentukan adalah  $M_2$ .

Perencanaan tebal plat :

$$\begin{aligned}
t &= \sqrt{\frac{6.M}{B.\bar{\tau}_{\text{plat}}}} = \sqrt{\frac{6 \times 176,763}{50 \times 1600}} \\
&= 0,115 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Dipakai plat denhan  $t = 1 \text{ cm}$

Perhitungan baut angker :

$$\text{baut (tarik)} = 0,7 \times 1600 = 1120 \text{ kg/cm}^2$$

Baut angker diletakkan 1/3 dari ujung kiri

$$T = \frac{1}{2} \times 6 \times 20 \times b = \frac{1}{2} \times 6 \times 20 \times 30 = 1800 \text{ kg}$$

Dipakai 2 angker setiap sisinya, maka suatu angkur memikul gaya tarik

$$= \frac{1}{2} \times 1800 = 900 \text{ kg}$$

$$\bar{\tau}_{\text{tarik}} = 1120 \text{ kg/cm}^2, \text{ maka luas tampang baut angker :}$$

$$\begin{aligned}
A_{\text{baut}} &= \frac{P}{\bar{\tau}_{\text{tarik}}} = \frac{900}{1120} \\
&= 0,804 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

Dipakai baut 3/4" mempunyai luas penampang teras

$$1,960 \text{ cm}^2 > 0,804 \text{ cm}^2 \quad \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$\text{baut} = 19,05 \text{ mm} \quad 19 \text{ mm}$$

$$\bar{\tau} = 5 \text{ kg/cm}^2$$

Luas bidang geser angker dengan pondasi beton :

$$= 2 \times r_1 = 2 \times \frac{1,9}{2} \cdot L$$

$$\bar{f}_{beton} = \frac{P}{2 \times f \times (1,9/2) \times L} \longrightarrow 5 = \frac{900}{2 \times f \times (1,9/2) \times L}$$

$$L = \frac{900}{5 \times 2 \times f \times (1,9/2)} = 30,171 \text{ cm}$$

Perhitungan sambungan las kolom dengan plat landas :

$$M = 1482,500 \text{ kg.m}$$

$$N = 2327,209 \text{ kg}$$

$$D = 473,277 \text{ kg}$$

$$L \text{ total las} = 112 \text{ cm}$$

Direncanakan tebal las 0,6 cm, jadi tebal efektif =  $0,4 \times 0,5 \sqrt{2} = 0,283$

$$\text{Luas las} = 0,283 \times 112 = 31,678 \text{ cm}^2$$

$$x = \frac{26,5}{2} = 13,250 \text{ cm}$$

$$y = \frac{26,5}{2} = 13,250 \text{ cm}$$

Perhitungan inersia las :

$$\begin{aligned} I_x &= \{2 \times [(1/12 \times 26,5 \times 0,4243) + (26,5 \times 0,424)]\} + \{4 \times [(1/12 \times \\ &0,424 \times 26,53) + (0,424 \times 26,5)]\} + \{4 \times [(1/12 \times 0,424 \times 63) + \\ &(0,424 \times 6)]\} + \{2 \times [(1/12 \times 0,424 \times 23,53) + (0,424 \times 23,5)]\} \\ &= 11913,592 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_y &= \{2 \times [(1/12 \times 0,424 \times 26,53) + (26,5 \times 0,424)]\} + \{4 \times [(1/12 \times \\
&0,424 \times 26,53) + (0,424 \times 26,5)]\} + \{2 \times [(1/12 \times 26,5 \times 0,4243) \\
&+ (0,424 \times 26,5 \times 62)]\} + \{2 \times [(1/12 \times 0,424 \times 23,53) + \\
&(0,424 \times 23,5)]\} \\
&= 18261,997 \text{ cm}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_p &= I_x + I_y \\
&= 11913,592 + 18261,997 \\
&= 30175,589 \text{ cm}^4
\end{aligned}$$

Kontrol tegangan :

Akibat momen

$$\begin{aligned}
\sigma_M &= \frac{M \cdot y}{I_p} \\
&= \frac{148250,0 \times 13,250}{30175,589} = 65,096 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_M &= \frac{M \cdot x}{I_p} \\
&= \frac{148250,0 \times 13,250}{30175,589} = 65,096 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Akibat geser

$$\begin{aligned}
\tau_v &= \frac{D}{A} = \frac{D}{2 \cdot b + 4 \cdot d} \\
&= \frac{473,277}{31,678} = 14,940 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tau_{\text{tot}} &= \sqrt{(\tau_M + \tau_v)^2 + \tau_M^2} \\
&= \sqrt{(65,096 + 14,940)^2 + 65,096^2}
\end{aligned}$$

$$= 103,166 \text{ kg/cm}^2 < 960 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \bar{f} &= 0,6 \times \bar{f} \\ &= 0,6 \times 1600 \\ &= 960 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_c \text{ perlu} &= \frac{\bar{f}_{tot}}{\bar{f}} \\ &= \frac{103,166}{960} = 0,107 \quad (\text{dipakai } 0,5 \text{ cm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kaki las} &= \frac{t_c}{0,707} \\ &= \frac{0,5}{0,707} = 0,707 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$a = 0,707 \text{ cm} \quad (1 \text{ cm} - 0,1 \text{ cm} = 0,9 \text{ cm}) \quad \dots \text{ (OK)}$$

#### **4.7 Perhitungan Sambungan Untuk Metode *Load and Resistance Factor***

##### ***Design (LRFD)***

##### **4.7.1 Perhitungan Sambungan Balok Kolom Profil WF**

Data Perencanaan profil WF

Balok WF

$$\text{Tinggi balok } (d) = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok } (b) = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal web } (t_w) = 5,5 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal flange } (t_f) = 8 \text{ mm}$$

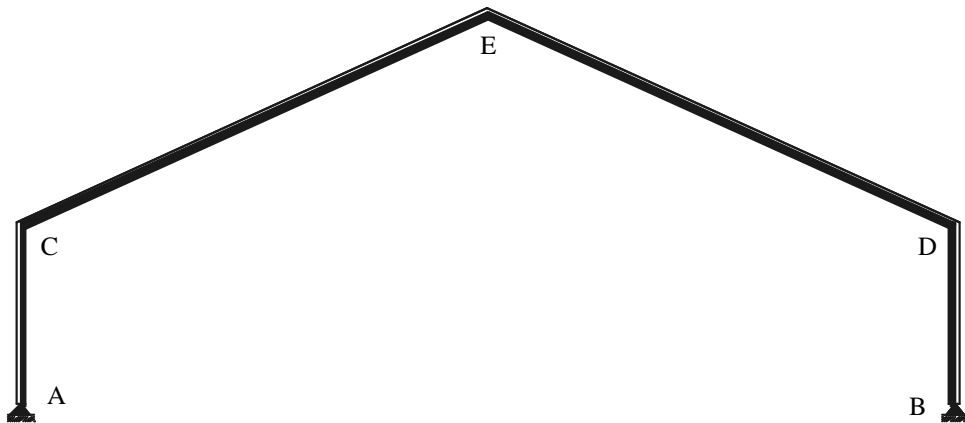
Kolom WF

Tinggi balok ( $d$ ) = 200 mm

Lebar balok ( $b$ ) = 100 mm

Tebal web ( $t_w$ ) = 5,5 mm

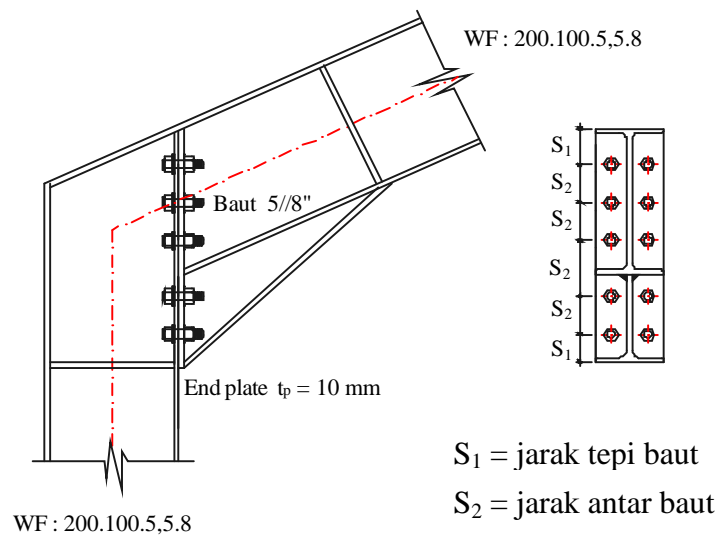
Tebal flange ( $t_f$ ) = 8 mm



Gambar 4.35. Penamaan sambungan

Sambungan Rafter tepi (sambungan C dan D)

Diketahui :



Gambar 4.36. Skema penyambungan kolom dan balok



$$V_u = 2072,810 \text{ kg}$$

$$M_u = 6073,400 \text{ kgm}$$

$$T_u = 2427,258 \text{ kg}$$

Digunakan baut diameter 5/8"

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tarik baut } (f_u^b) &= 310 \text{ MPa} \\ &= 3100 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik pelat } (f_y) &= 240 \text{ Mpa} \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter baut} = 5/8" = 1,588 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut } (A_b) &= 1/4 \times 3,14 \times 1,588^2 \\ &= 1,979 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap geser (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned} f V_r &= f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,40 \times 3100,0 \times 1,979 \\ &= 1840,773 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} f &= \text{Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)} \\ r_1 &= \text{Untuk baut dengan tegangan ulir pada bidang geser (0,4)} \\ f_u^b &= \text{Tegangan tarik putus baut} \\ A_b &= \text{Luas penampang baut} \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap tarik (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned}
{}_f T_n &= {}_f \times (0,75 \times f_u^b) \times A_b \\
&= 0,75 \times (0,75 \times 3100,00) \times 1,979 \\
&= 3451,44987 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap tumpu (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

Tebal plat penyambung  $t_p = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
{}_f R_n &= 2,0 \times {}_f \times d_b \times t_p \times f_y \\
&= 2,0 \times 0,75 \times 1,588 \times 1,0 \times 2400,000 \\
&= 5715,00 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Dimana :

- ${}_f$  = Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)
- $d_b$  = Diameter baut nominal pada daerah tak berulir
- $t_p$  = Tebal plat penyambung
- $f_y$  = Tegangan tarik pelat

Diambil yang terkecil adalah akibat geser sebesar = 1840,773 kg

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
n &= \frac{V_u}{w R_n} \\
&= \frac{2072,810}{1840,773} \\
&= 1,126 \text{ buah} \quad 2 \text{ buah baut}
\end{aligned}$$

Diambil = 5 buah baut

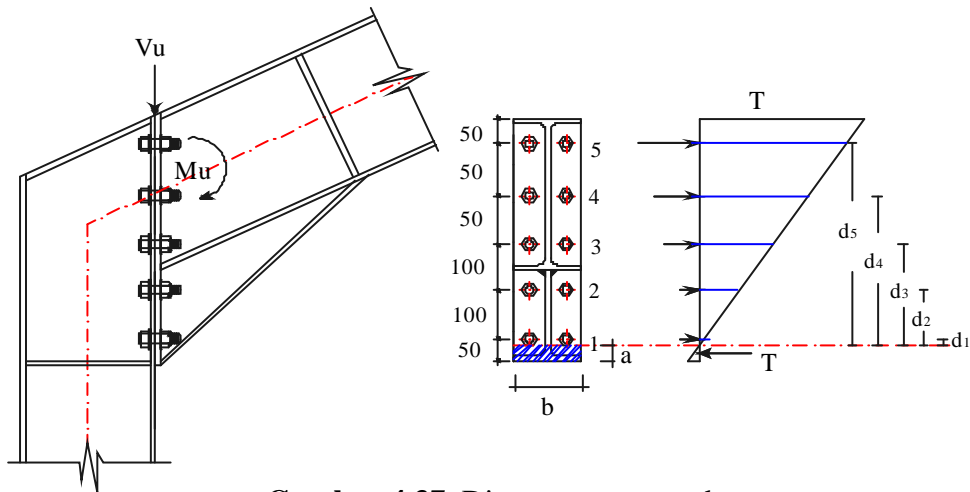
$$\begin{aligned}
 f_{uv} &= \frac{V_u}{n \cdot A_b} & r_1 \times f \times f_u^b \times m \\
 &= \frac{2072,810}{5 \times 1,979} & 1,9 \times 0,75 \times 3100,0 \times 2 \\
 &= 209,446 \text{ kg/cm}^2 & 8835,000 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

Dimana :

$r_1$  = Untuk baut dengan ulir pada bidang geser (1,9)

$m$  = Jumlah bidang geser

$$\begin{aligned}
 f T_n &= f \cdot f_u^b \cdot A_b & \frac{T_u}{n} \\
 &= 0,75 \times 3100,0 \times 1,979 & \frac{2427,258}{5} \\
 &= 4601,93316 \text{ kg} & 485,4516 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.37.** Diagram tegangan baut

- Jarak tepi baut diambil =  $1,5 d_b - 3 d_b$
- Jarak minimum =  $1,5 \times 1,588 = 2,38 \text{ cm}$
- Jarak maksimal =  $3 \times 1,588 = 4,76 \text{ cm}$
- Diambil jarak tepi bau =  $5,00 \text{ cm}$

Jarak antar baut =  $3 d_b - 7 d_b$   
 Jarak minimum =  $3 \times 1,588 = 4,76 \text{ cm}$   
 Jarak maksimal =  $7 \times 1,588 = 11,11 \text{ cm}$   
 Jarak antar lubang baut =  $10,00 \text{ cm}$

$$a = \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b}{f_y \cdot b}$$

$$= \frac{0,75 \times 3100 \times 2 \times 5 \times 1,979}{2400 \times 10,0}$$

$$= 1,917 \text{ cm}$$

$$M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

Jarak ( $d_i$ )

$d_1 = 3,083 \text{ cm}$	$d_4 = 28,083 \text{ cm}$
$d_2 = 13,083 \text{ cm}$	$d_5 = 33,083 \text{ cm}$
$d_3 = 23,083 \text{ cm}$	$d_i = \mathbf{100,413 \text{ cm}}$

$$\sum_{i=1}^n T \cdot d_i = 0,75 \times f_u^b \times n^1 \times n^2 \times A^b \times (d^1 + d^2 + d^3 + d^4 + d^5)$$

$$= 0,75 \times 3100,0 \times 2 \times 5 \times 1,979 \times 100,413$$

$$= 4.620.922,542 \text{ kg.cm}$$

$$M_n = \frac{0,9 \times 2400 \times 1,917^2 \times 10}{2} + 4.620.922,542$$

$$= 4.660.630,896 \text{ kg.cm}$$

$M_n$	$M_u$
-------	-------

46.606,309 kg.m	6.073,400 kg.m .....(OK)
-----------------	--------------------------

### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 55 - 1,6 = 53,4 \text{ mm}$$

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

Gunakan las ukuran 10 mm

$$\begin{aligned} t_e &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 10 \\ &= 7,070 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &= \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \times (7,070) \times (0,60 \times 370) \\ &= 1177,155 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat :

$$\begin{aligned} \text{Nilai maks.} \cdot R_{nw} &= \cdot t \cdot (0,60 \cdot f_u) \\ &= 0,75 \times (55) \times (0,6 \times 240) \\ &= 5940,000 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned} T_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2 \times (41,456) + 1,6 \times (41,456) \\ &= 116,077 \text{ ton} \end{aligned}$$

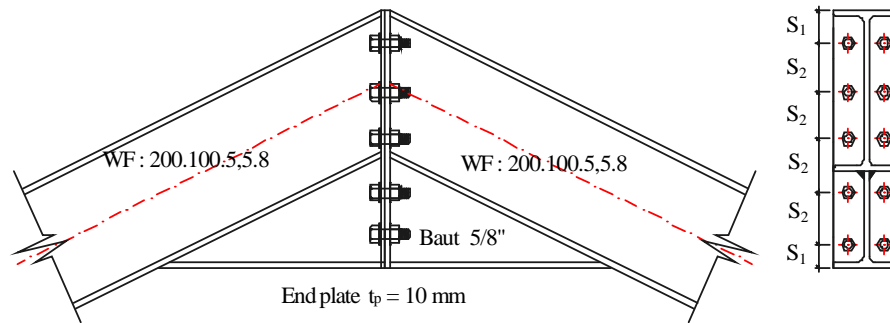
Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{116,077 \times 10^4}{1177,155} \\ &= 986,084 \text{ mm} \quad \quad \quad 990 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4.7.2 Perhitungan Sambungan Balok Balok Profil WF

Sambungan Rafter puncak (sambungan E)

Diketahui :



$S_1$  = jarak tepi baut

$S_2$  = jarak antar baut

**Gambar 4.38.** Skema penyambungan kolom dan balok

$$V_u = 2072,810 \text{ kg}$$

$$M_u = 1474,800 \text{ kgm}$$

$$T_u = 2427,258 \text{ kg}$$

Digunakan baut diameter 5/8"

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tarik baut } (f_u^b) &= 310 \text{ MPa} \\ &= 3100 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik pelat } (f_y) &= 240 \text{ Mpa} \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter baut} = 5/8" = 1,588 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut } (A_b) &= 1/4 \times 3,14 \times 1,588^2 \\ &= 1,979 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap geser (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned}
 {}_f V_r &= {}_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,40 \times 3100,0 \times 1,979 \\
 &= 1840,773 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- ${}_f$  = Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)
- $r_1$  = Untuk baut dengan tegangan ulir pada bidang geser (0,4)
- $f_u^b$  = Tegangan tarik putus baut
- $A_b$  = Luas penampang baut

Kuat nominal penyambung terhadap tarik (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

$$\begin{aligned}
 {}_f T_n &= {}_f \times (0,75 \times f_u^b) \times A_b \\
 &= 0,75 \times (0,75 \times 3100,00) \times 1,979 \\
 &= 3451,44987 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat nominal penyambung terhadap tumpu (*SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 100*)

Tebal plat penyambung  $t_p = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 {}_f R_n &= 2,0 \times {}_f \times d_b \times t_p \times f_y \\
 &= 2,0 \times 0,75 \times 1,588 \times 1,0 \times 2400,000 \\
 &= 5715,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- ${}_f$  = Faktor reduksi untuk fraktur (0,75)
- $d_b$  = Diameter baut nominal pada daerah tak berulir
- $t_p$  = Tebal plat penyambung
- $f_y$  = Tegangan tarik pelat

Diambil yang terkecil adalah akibat geser sebesar = 1840,773 kg

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_u}{w R_n} \\
 &= \frac{2072,810}{1840,773} \\
 &= 1,126 \text{ buah} \quad 2 \text{ buah baut}
 \end{aligned}$$

Diambil = 5 buah baut

$$\begin{aligned}
 f_{uv} &= \frac{V_u}{n \cdot A_b} \quad r_l \times f \times f_u^b \times m \\
 &= \frac{2072,810}{5 \times 1,979} \quad 1,9 \times 0,75 \times 3100,0 \times 2 \\
 &= 209,446 \text{ kg/cm}^2 \quad 8835,000 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

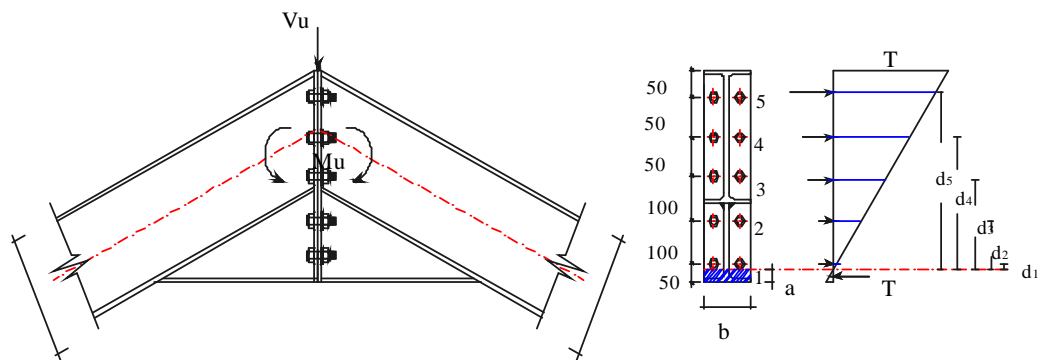
Dimana :

$r_l$  = Untuk baut dengan ulir pada bidang geser (1,9)

$m$  = Jumlah bidang geser

$$\begin{aligned}
 f T_n &= f \cdot f_u^b \cdot A_b \quad \frac{T_u}{n} \\
 &= 0,75 \times 3100,0 \times 1,979 \quad \frac{2427,258}{5} \\
 &= 4601,93316 \text{ kg} \quad 485,4516 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$





**Gambar 4.38.** Diagram tegangan baut

- Jarak tepi baut diambil  $= 1,5 d_b - 3 d_b$
- Jarak minimum  $= 1,5 \times 1,588 = 2,38 \text{ cm}$
- Jarak maksimal  $= 3 \times 1,588 = 4,76 \text{ cm}$
- Diambil jarak tepi bau  $= 5,00 \text{ cm}$
- Jarak antar baut  $= 3 d_b - 7 d_b$
- Jarak minimum  $= 3 \times 1,588 = 4,76 \text{ cm}$
- Jarak maksimal  $= 7 \times 1,588 = 11,11 \text{ cm}$
- Jarak antar lubang baut  $= 10,00 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b}{f_y \cdot b} \\
 &= \frac{0,75 \times 3100 \times 2 \times 5 \times 1,979}{2400 \times 10,0} \\
 &= 1,917 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

Jarak ( $d_i$ )

$$d_1 = 3,083 \text{ cm}$$

$$d_4 = 28,083 \text{ cm}$$

$$d_2 = 13,083 \text{ cm}$$

$$d_5 = 33,083 \text{ cm}$$

$$d_3 = 23,083 \text{ cm}$$

$$d_i = \mathbf{100,413 \text{ cm}}$$

$$\sum_{i=1}^n T \cdot d_i = 0,75 \times f_u^b \times n^1 \times n^2 \times A^b \times (d^1 + d^2 + d^3 + d^4 + d^5)$$

$$= 0,75 \times 3100,0 \times 2 \times 5 \times 1,979 \times 100,413$$

$$= 4.620.922,542 \text{ kg.cm}$$

$$M_n = \frac{0,9 \times 2400 \times 1,917^2 \times 10}{2} + 4.620.922,542$$

$$= 4.660.630,896 \text{ kg.cm}$$

$M_n$

$M_u$

$$46.606,309 \text{ kg.m}$$

$$1.474,800 \text{ kg.m} \quad \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 55 - 1,6 = 53,4 \text{ mm}$$

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

Gunakan las ukuran 10 mm

$$t_e = 0,707 \times a$$

$$= 0,707 \times 10$$

$$= 7,070 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned} R_{nw} &= t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \times (7,070) \times (0,60 \times 370) \\ &= 1177,155 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat :

$$\begin{aligned} \text{Nilai maks. } R_{nw} &= t \cdot (0,60 \cdot f_u) \\ &= 0,75 \times (55) \times (0,6 \times 240) \\ &= 5940,000 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned} T_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2 \times (41,456) + 1,6 \times (41,456) \\ &= 116,077 \text{ ton} \end{aligned}$$

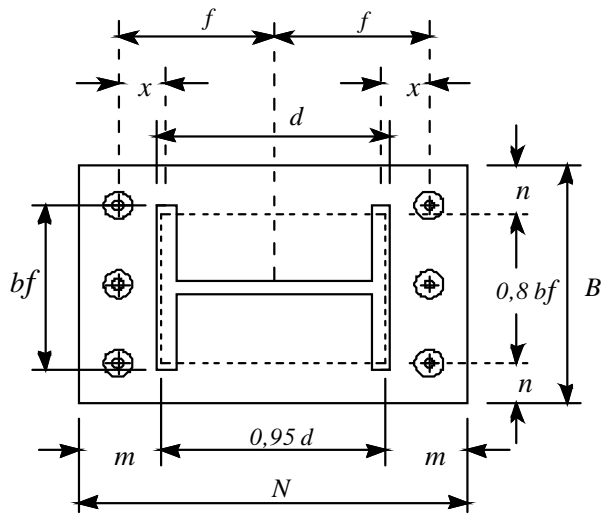
Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{116,077 \times 10^4}{1177,155} \\ &= 986,084 \text{ mm} \quad 990 \text{ mm} \end{aligned}$$

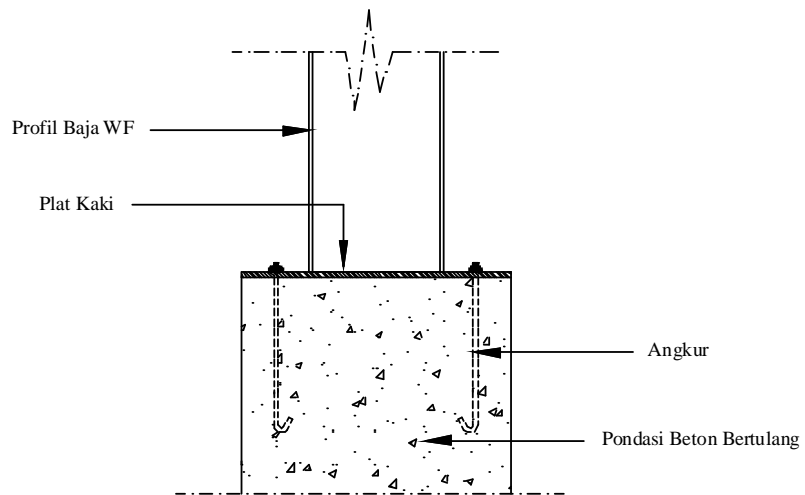
#### 4.7.3 Perhitungan Plat Landasan

Pondasi beton = 30 x 50 cm

$$\begin{aligned} f_c' &= 25 \text{ MPa} \\ P_u &= 3006,671 \text{ kg} \\ V_u &= 1323,854 \text{ kg} \\ R_H &= 1548,274 \text{ kg} \\ f_y &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



**Gambar 4.38.** Penampang plat lonsan beserta notasinya



**Gambar 4.38.** Pondasi dengan angkur

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{(N - 0,95.d)}{2} \\
 &= \frac{30 - 0,95 \times 20}{2} \\
 &= 5,550 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{(B - 0,8.bf)}{2} \\
 &= \frac{50 - 0,8 \times 10}{2} \\
 &= 21,000 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} \\
 &= 12,50 - \frac{20}{2} + \frac{0,8}{2} \\
 &= 2,10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_l &= B \cdot N \\
 &= 30 \times 50 \\
 &= 1500,000 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_p &= 8,85 \times f_c' \times A_l \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \\
 &= 8,85 \times 25 \times 1500 \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \\
 &= 31.875,000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$P_u$	$c \cdot P_p$	
3.006,671	0,6 x 31.875,000	
3.006,671	19.125,000	.....(OK)

Untuk angkur tipe A307 :    n = 4 Buah angkur

Diameter baut = 3/4" = 1,91 cm

$$\begin{aligned}
 A_b &= 1/4 \times 3,14 \times 1,91^2 \\
 &= 2,850 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$F_v = 166 \text{ MPa}$$

$$f_v = \frac{V_{ub}}{A_b}$$

$$V_{ub} = \frac{V_u}{A_b}$$

$$= \frac{1323,854}{4,00} = 330,964 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{330,964}{2,850} = 116,118 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v \cdot A_b = 0,75 \times 166 \times 2,850$$

$$= 354,854 \text{ kg}$$

$V_{ub}$	$\cdot F_v \cdot A_b$	
354,854 kg	330,964 kg	..... (OK)

Perehitungan tebal plat dasar :

$$t_{perlu} = 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot N \cdot f_y}}$$

$$= 1,49 \times 21,00 \times \sqrt{\frac{3.006,671}{3.600.000,0}}$$

$$= 0,904 \text{ cm}$$

Dipakai tebal = 1,00 cm

Desain panjang angkut minimum yang diperlukan

$$L_{min} = \frac{f_f}{(4 \cdot \sqrt{f_c'})} \times d_b$$

$$= \frac{240}{(4 \cdot \sqrt{25})} \times 1,905$$

$$= 228,600 \text{ mm}$$

Maka dipasang panjang angkut L = 300,000 mm

### Perhitungan panjang las

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal plat} - 1,6 = 80 - 1,6 = 78,4 \text{ mm}$$

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

Gunakan las ukuran 10 mm

$$\begin{aligned} t_e &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 10 \\ &= 7,070 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &= \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \times (7,070) \times (0,60 \times 370) \\ &= 1177,155 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat :

$$\begin{aligned} \text{Nilai maks.} \cdot R_{nw} &= \cdot t \cdot (0,60 \cdot f_u) \\ &= 0,75 \times (80) \times (0,6 \times 240) \\ &= 8640,000 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban tarik terfaktor,  $T_u$  :

$$\begin{aligned} T_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2 \times (30,964) + 1,6 \times (30,965) \\ &= 86,703 \text{ ton} \end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$  :

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{86,703 \times 10^4}{1177,155} \\ &= 736,550 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai  $L_w = 740 \text{ mm}$

#### 4.8. Perhitungan Berat Struktur

Tabel 4.10 Perbandingan berat struktur

<i>Allowable Stress Design (ASD)</i>						
No	Profil	Dimensi Profil	Berat Profil (kg/m)	Panjang Profil (m)	Jumlah Profil (buah)	Berat (kg)
1	Balok	WF 250. 125. 6. 9	29,560	11,034	2,000	652,317
2	Kolom	WF 250. 125. 6. 9	29,560	4,000	2,000	236,480
<b>Jumlah berat</b>						<b>= 888,797</b>

<i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i>						
No	Profil	Dimensi Profil	Berat Profil (kg/m)	Panjang Profil (m)	Jumlah Profil (buah)	Berat (kg)
1	Balok	WF 200. 100. 5,5. 8	21,320	11,034	2,000	470,480
2	Kolom	WF 200. 100. 5,5. 8	21,320	4,000	2,000	170,560
<b>Jumlah berat</b>						<b>= 641,040</b>

Diketahui : Berat Metode ASD = 888,797 kg

Berat Metode LRFD = 641,040 kg

Selisih Berat = 247,757 kg

Prosentase selisih berat baja dari kedua metode :

$$= \frac{247,757}{641,040} \times 100 \%$$

$$= 38,649 \%$$



## BAB V

### PENUTUP

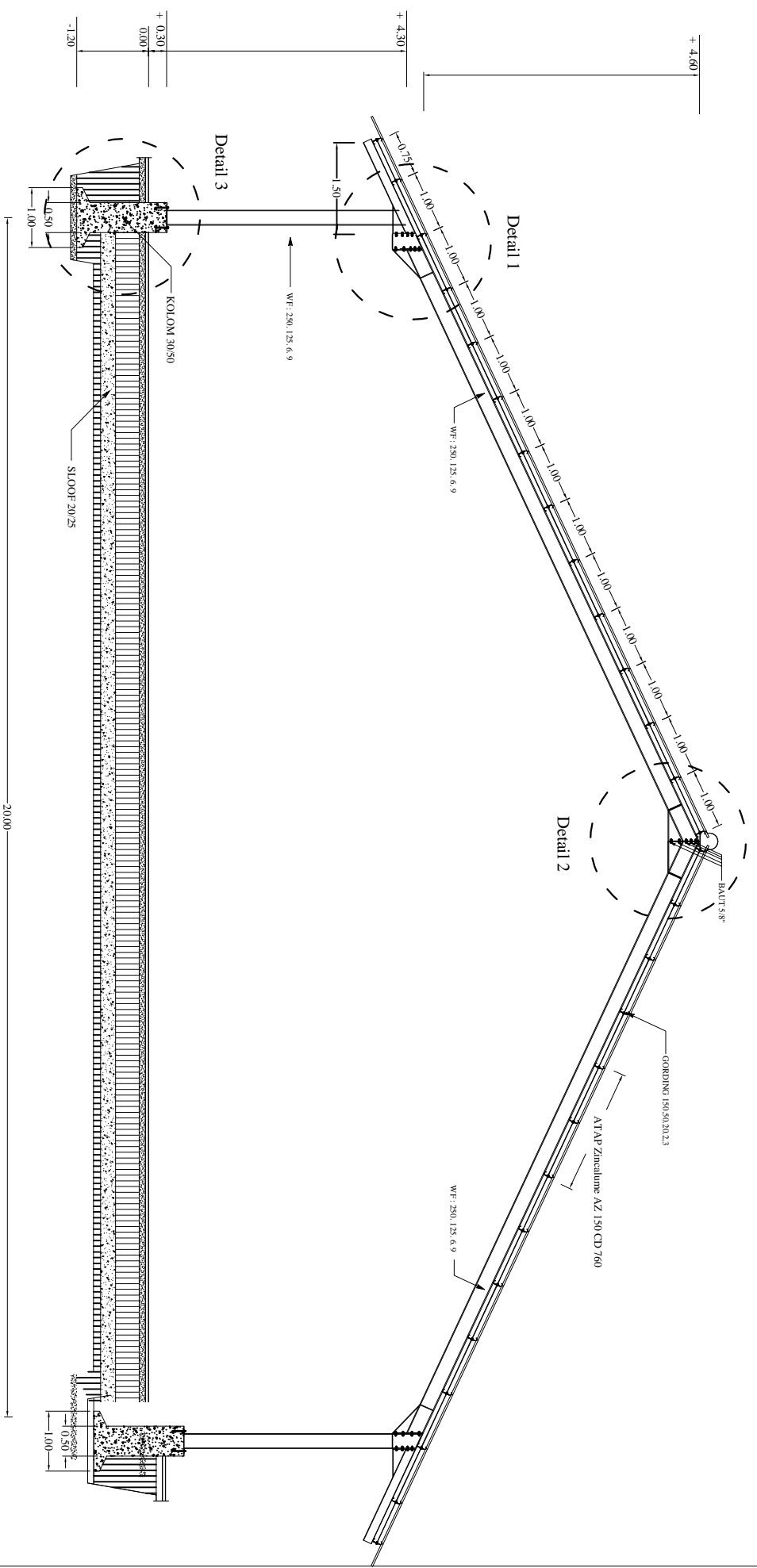
#### 5.1 Kesimpulan


Dari hasil analisa perhitungan struktur *Gable Frame* pada Relokasi Pasar Blimbing Malang dengan menggunakan metode *Allowable Stress Design* (ASD) dan *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) dapat ditarik suatu kesimpulan, yaitu :

1. Dari hasil analisa perhitungan, untuk metode *Allowable Stress Design* (ASD) perlu menggunakan baja profil WF : 250. 125. 6. 9. Sedangkan untuk metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) hanya perlu menggunakan baja profil WF : 200. 100. 5,5. 8.
2. Untuk pembuatan satu struktur *Gable Frame* dengan menggunakan metode *Allowable Stress Design* (ASD) menggunakan baja profil WF : 250. 125. 6. 9. dibutuhkan total berat baja sebesar **888,797** kg untuk setiap strukturnya. Sedangkan dengan menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design* cukup menggunakan profil WF : 200. 100. 5,5. 8 dan membutuhkan total berat baja **641,040** kg untuk setiap strukturnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode LRFD lebih ekonomis dalam penerapannya dengan memberikan perbedaan sebesar **38,649** % dalam kasus ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Institut Of Steel Construction, Inc, 1994, “*Manual Of Steel Construction, LRFD volume I, Structural Member, Spesification, And Codes*”, *Second edition*. Chicago.
- American Institut Of Steel Construction, Inc, 1994, “*Manual Of Steel Construction, LRFD volume II, Connections*”, *second edition*. Chicago.
- American Institut Of Steel Construction, Inc, 2005 “*Manual Of Steel Construction*”, *thirteenth edition*. Chicago.
- Badan Standarisasi Nasional, 2000 “*Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 03–1729–2002*”, Bandung.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1984 “*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*” Bandung.
- Kleinlogel.,A, 1951 “*Rigid Frame Formulas*”, Preface to the 12th edition, Frederick Unggar Publishing, New York.
- Mac, T.J.,1981 “*Steel Structures, Practical Design Studies*”, New York.
- Salmon, C.G., & Johnson, J.E., 1992 “*Struktur Baja 1, Desain dan Prilaku*”, edisi ketiga, PT. Gramedia Pusat Utama, Jakarta.
- Salmon, C.G., & Johnson, J.E., 1995 “*Struktur Baja 2, Desain dan Prilaku*”, edisi kedua, PT. Gramedia Pusat Utama, Jakarta.
- Setiawan Agus, 2013 “*Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD*”, edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Steel Design Guide Series, 2003 “*Column Base Plates*”, American Institute of Steel Construction, American.




  
**Portal Gable Frame**
  
 1 : 100



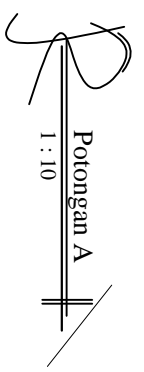
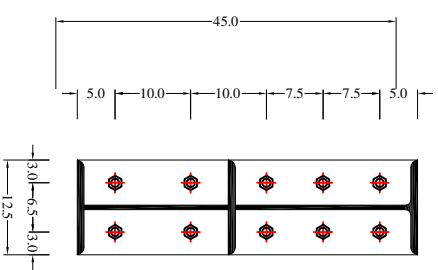
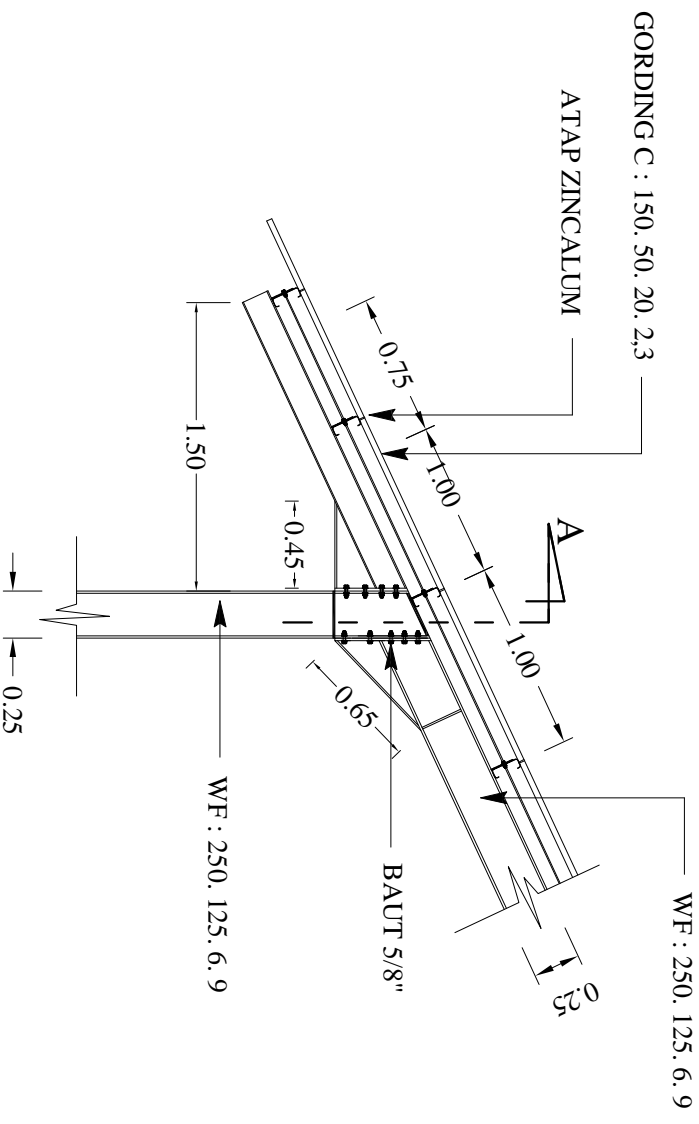
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S.1  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
**MALANG**


**SKRIPSI**

Digambar : Hakin Ramadhani (1021.071)

Diperiksa : Ir. Sudirman Indra, Msc  
 Ir. A. Agus Santosa, MT

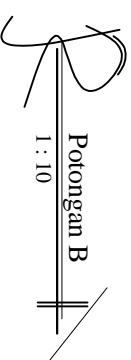
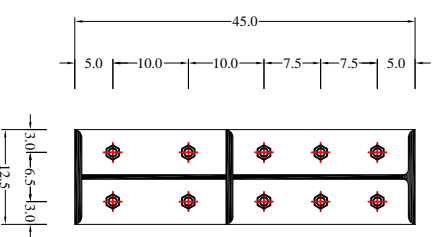
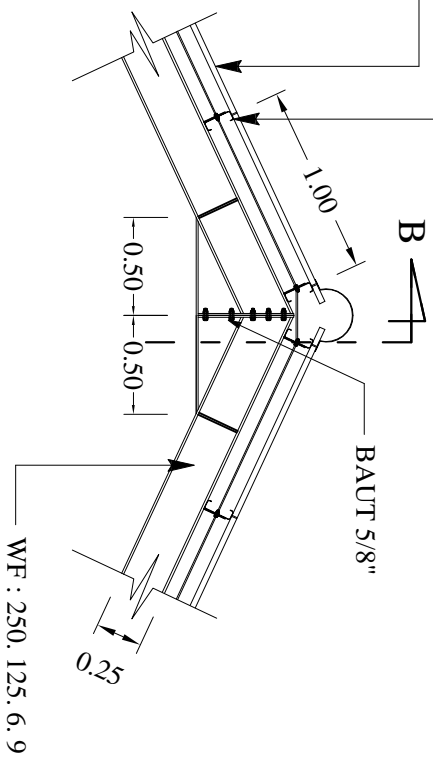
Nomor Lembar : 1      Jumlah Lembar : 4



	
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN <b>INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL</b> <b>MALANG</b>	
<b>SKRIPSI</b>	
Digambar :	Hakim Ramadhani (10.21.071)
Diperiksa :	Jr. Sudirman Indra., Msc. Ir. A. Agus Santosa., MT
Nomor Lembar :	2
Jumlah Lembar :	4

GORDING C : 150. 50. 20. 2,3

ATAP ZINCALUM



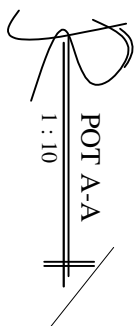
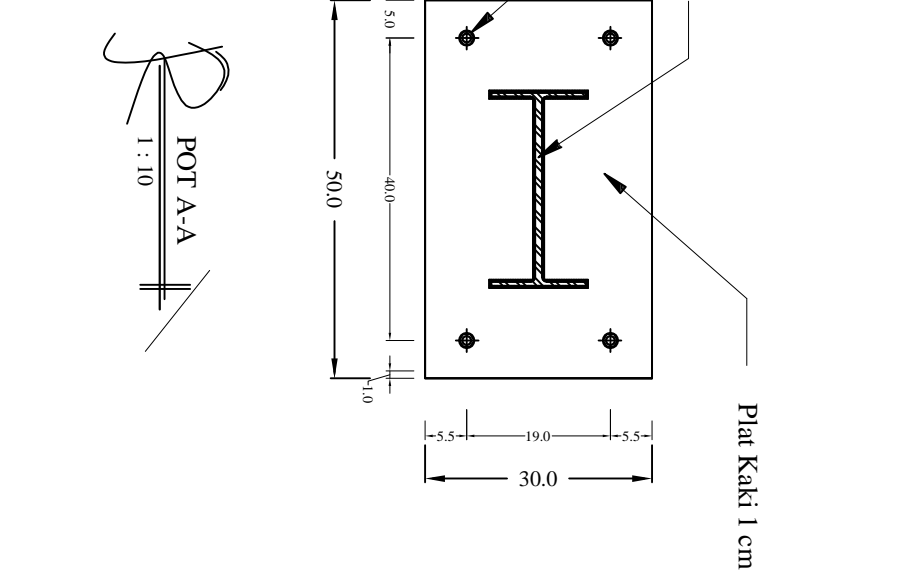
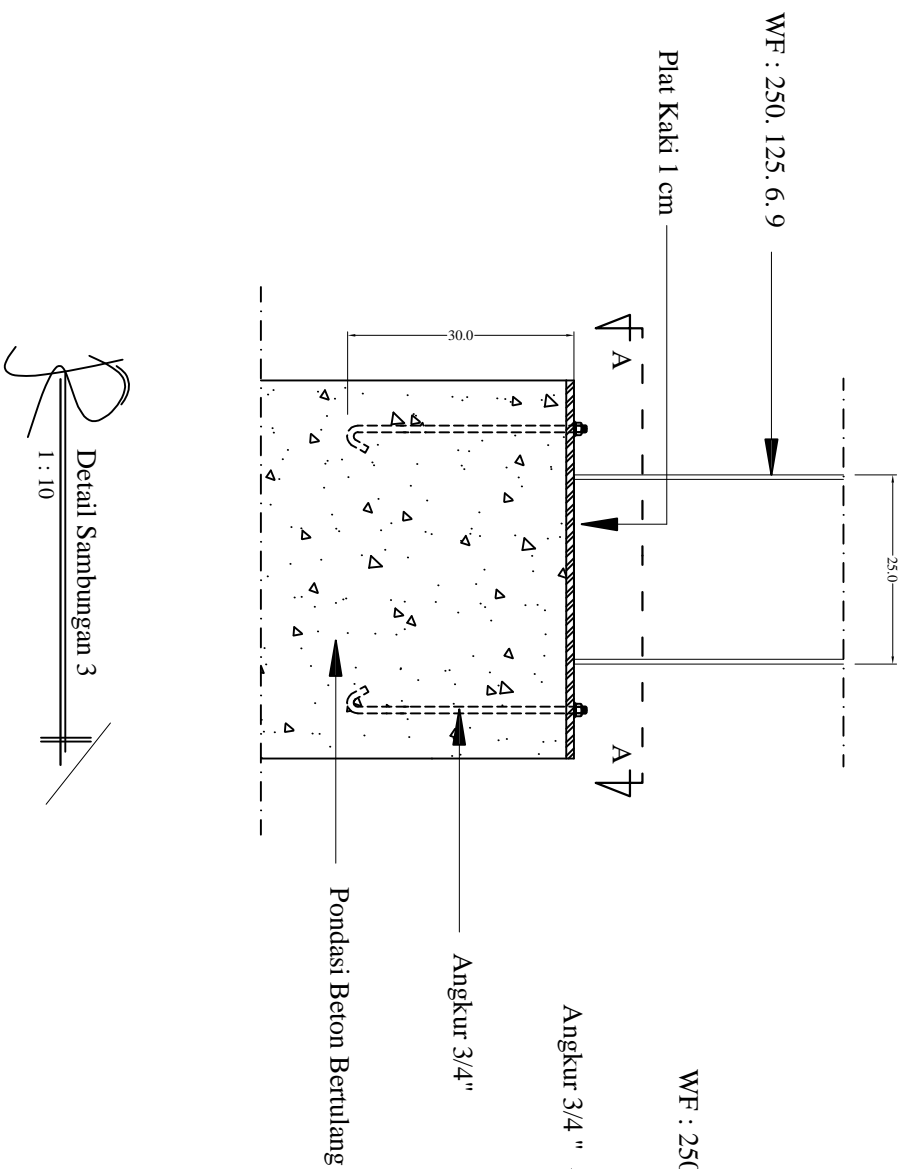
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG


**SKRIPSI**

Digambar : Hakim Ramadhani (10.21.071)

Diperiksa : Ir. Sudirman Indra, Msc  
Ir. A. Agus Santosa, MT

Nomor Lembar : 3 Jumlah Lembar : 4



		
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN <b>INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL</b> <b>MALANG</b>		
<b>SKRIPSI</b>		
Digambar :	Hakim Ramadhani (10.21.071)	
Diperiksa :	Ir. Sudirman Indra., Msc Ir. A. Agus Santosa., MT	
Nomor Lembar : 4		Jumlah Lembar : 4



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>1</b>	Rev
Part		
Job Title	Ref	
Client	By Date 21-Jul-14	Chd
	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39

## Beams

Beam	Node A	Node B	Length (m)	Property	S (degrees)
1	2	1	4.000	1	0
2	3	2	11.034	1	0
3	3	5	11.034	1	0
4	5	4	4.000	1	0

## Beam End Forces

Sign convention is as the action of the joint on the beam.

Beam	Node	L/C	Axial			Shear			Torsion	Bending			
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)					
1	2	1:BEBAN MATI	1.01E+3	-522.202	0.000	0.000	0.000	0.000	-20.484				
		2:BEBAN HIDL	1.2E+3	-611.583	0.000	0.000	0.000	0.000	-23.990				
		4:BEBAN ANG	-144.458	276.552	0.000	0.000	0.000	0.000	10.848				
		5:KOMBINASI	2.21E+3	-1.13E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	-44.475				
		6:KOMBINASI	864.623	-245.650	0.000	0.000	0.000	0.000	-9.636				
		1:BEBAN MATI	-1.13E+3	522.202	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
	1	2:BEBAN HIDL	-1.2E+3	611.583	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
		4:BEBAN ANG	144.458	-276.552	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
		5:KOMBINASI	-2.33E+3	1.13E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
		6:KOMBINASI	-982.751	245.650	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
		2	3	1:BEBAN MATI	473.277	220.688	0.000	0.000	0.000	0.000	-4.637		
				2:BEBAN HIDL	554.284	258.462	0.000	0.000	0.000	0.000	-6.056		
4:BEBAN ANG	-311.692			179.049	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.272				
2	5:KOMBINASI		1.03E+3	479.150	0.000	0.000	0.000	0.000	-10.693				
	6:KOMBINASI		161.585	399.738	0.000	0.000	0.000	0.000	-4.909				
	1:BEBAN MATI		-899.727	693.852	0.000	0.000	0.000	0.000	-20.484				
2	2	2:BEBAN HIDL	-1.06E+3	829.111	0.000	0.000	0.000	0.000	-23.990				
		4:BEBAN ANG	311.692	-14.049	0.000	0.000	0.000	0.000	10.848				
		5:KOMBINASI	-1.96E+3	1.52E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	-44.475				
		6:KOMBINASI	-588.035	679.802	0.000	0.000	0.000	0.000	-9.636				
		3	3	1:BEBAN MATI	473.277	220.689	0.000	0.000	0.000	0.000	-4.637		
				2:BEBAN HIDL	554.284	258.463	0.000	0.000	0.000	0.000	-6.056		
	4:BEBAN ANG			-63.197	-353.859	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.272			
	5		5:KOMBINASI	1.03E+3	479.152	0.000	0.000	0.000	0.000	-10.693			
			6:KOMBINASI	410.080	-133.170	0.000	0.000	0.000	0.000	-4.909			
			1:BEBAN MATI	-899.726	693.851	0.000	0.000	0.000	0.000	-20.484			
	3	5	2:BEBAN HIDL	-1.06E+3	829.110	0.000	0.000	0.000	0.000	-23.990			
			4:BEBAN ANG	63.197	-306.141	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.828			
5:KOMBINASI			-1.96E+3	1.52E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	-44.475				
6:KOMBINASI			-836.529	387.711	0.000	0.000	0.000	0.000	-23.313				
4			5	1:BEBAN MATI	1.01E+3	522.202	0.000	0.000	0.000	0.000	20.484		
				2:BEBAN HIDL	1.2E+3	611.583	0.000	0.000	0.000	0.000	23.990		
		4:BEBAN ANG		-304.166	72.103	0.000	0.000	0.000	0.000	2.828			
		4	5:KOMBINASI	2.21E+3	1.13E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	44.475			
			6:KOMBINASI	704.914	594.305	0.000	0.000	0.000	0.000	23.313			
			1:BEBAN MATI	-1.13E+3	-522.202	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000			
4		2:BEBAN HIDL	-1.2E+3	-611.583	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000				
		4:BEBAN ANG	304.166	-72.103	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000				



Software licensed to

Job No

Sheet No

**2**

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 21-Jul-14

Chd

Client

File ASD

Date/Time 13-Aug-2014 08:39

## Beam End Forces Cont...

Beam	Node	L/C	Axial	Shear		Torsion	Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
		5:KOMBINASI	-2.33E+3	-1.13E+3	0.000	0.000	0.000	-0.000
		6:KOMBINASI	-823.042	-594.305	0.000	0.000	0.000	-0.000

## Reactions

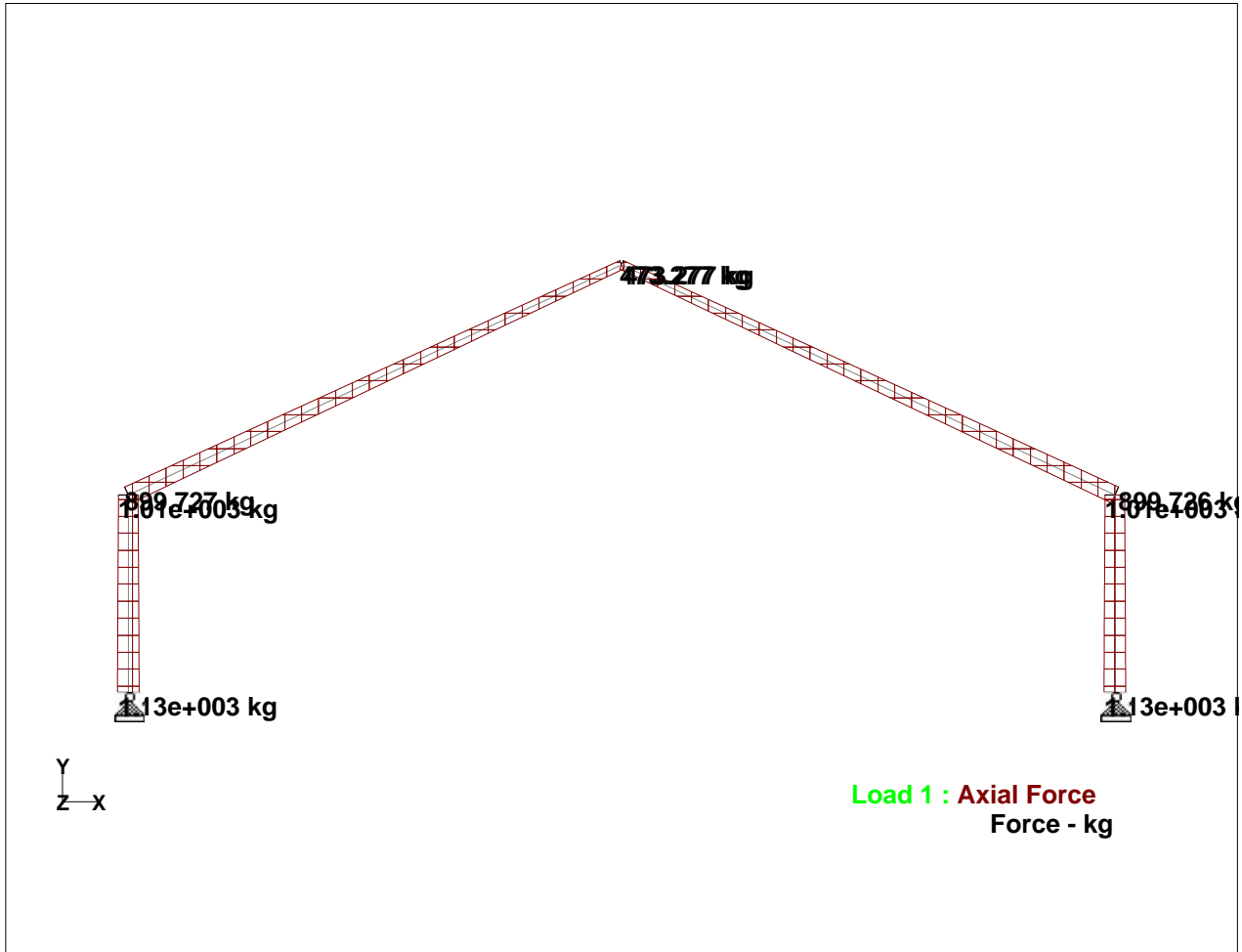
Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1	1:BEAN MATI	522.202	1.13E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	2:BEAN HIDL	611.583	1.2E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	4:BEAN ANG	-276.552	-144.458	0.000	0.000	0.000	0.000
	5:KOMBINASI	1.13E+3	2.33E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	6:KOMBINASI	245.650	982.751	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1:BEAN MATI	-522.202	1.13E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	2:BEAN HIDL	-611.583	1.2E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	4:BEAN ANG	-72.103	-304.166	0.000	0.000	0.000	0.000
	5:KOMBINASI	-1.13E+3	2.33E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	6:KOMBINASI	-594.305	823.042	0.000	0.000	0.000	0.000





Software licensed to

Job No	Sheet No <b>3</b>	Rev
Part	Ref	
By	Date 21-Jul-14	Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39

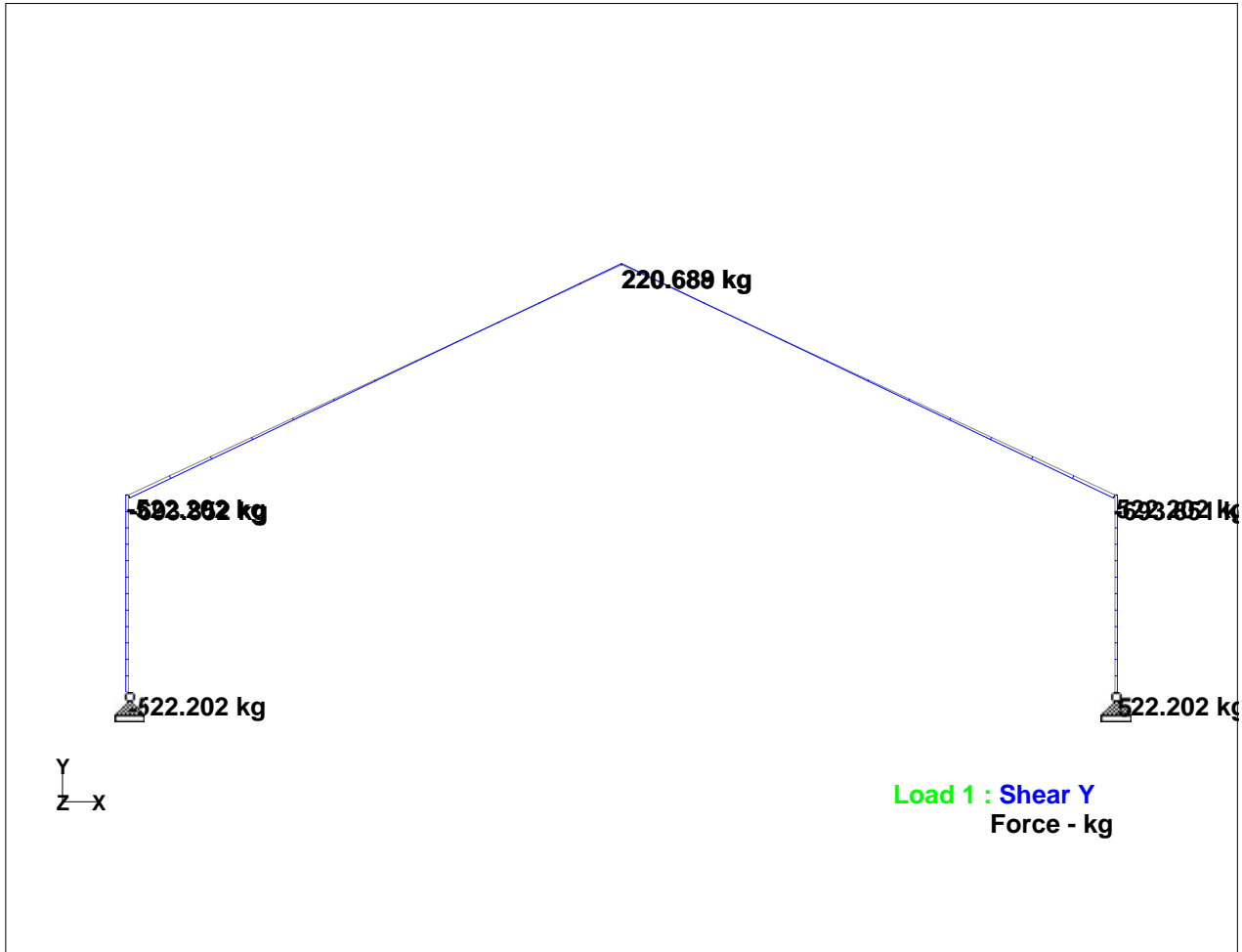


Whole Structure Fx 5098.58kg:1m 1 BEBAN MATI



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>4</b>	Rev
Part		
Job Title	Ref	
	By	Date 21-Jul-14 Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39

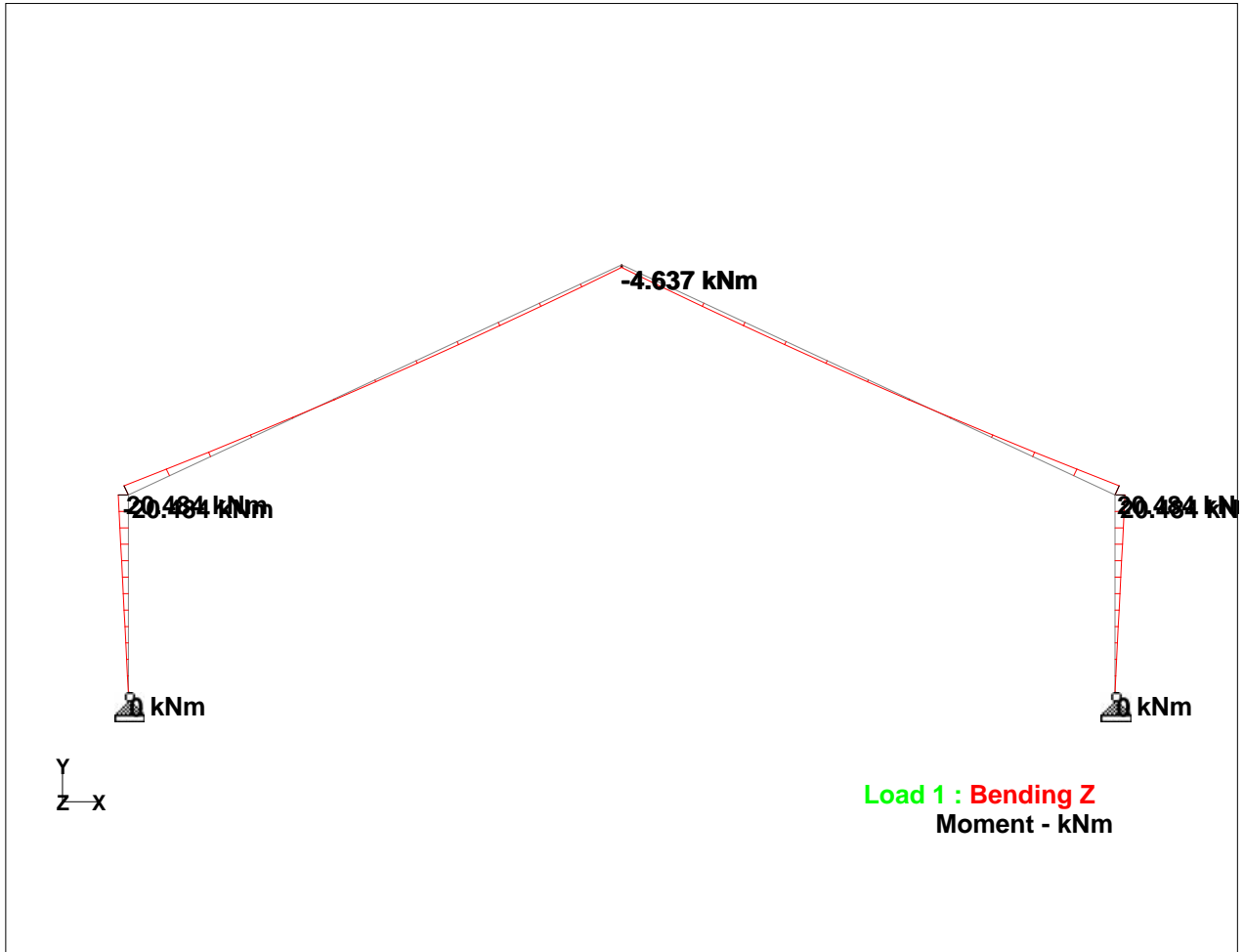


Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 1 BEBAN MATI



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>5</b>	Rev
Part	Ref	
By	Date 21-Jul-14	Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39



Whole Structure Mz 100kNm:1m 1 BEBAN MATI



Software licensed to

Job No

Sheet No

6

Rev

Part

Job Title

Ref

By

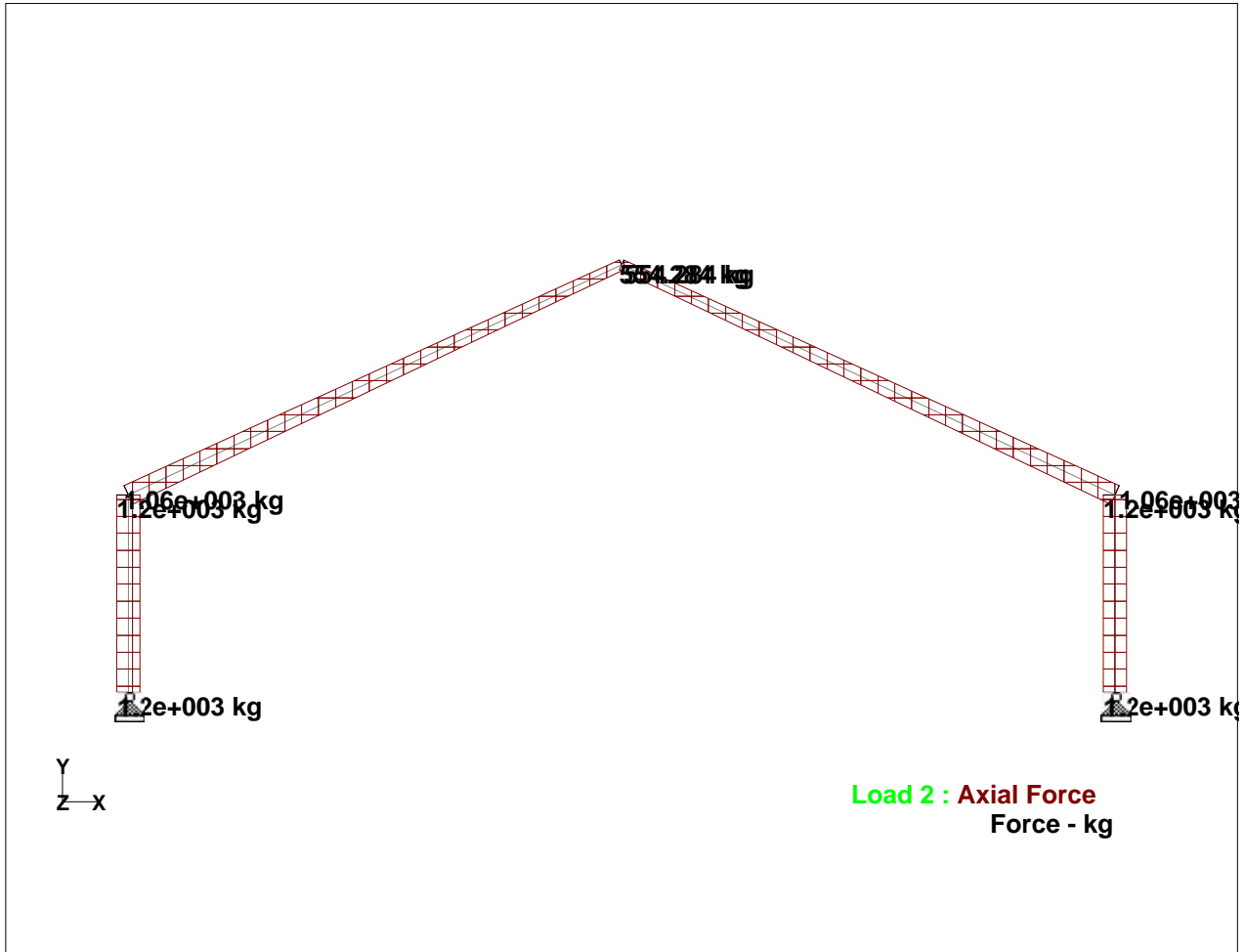
Date 21-Jul-14

Chd

Client

File ASD

Date/Time 13-Aug-2014 08:39

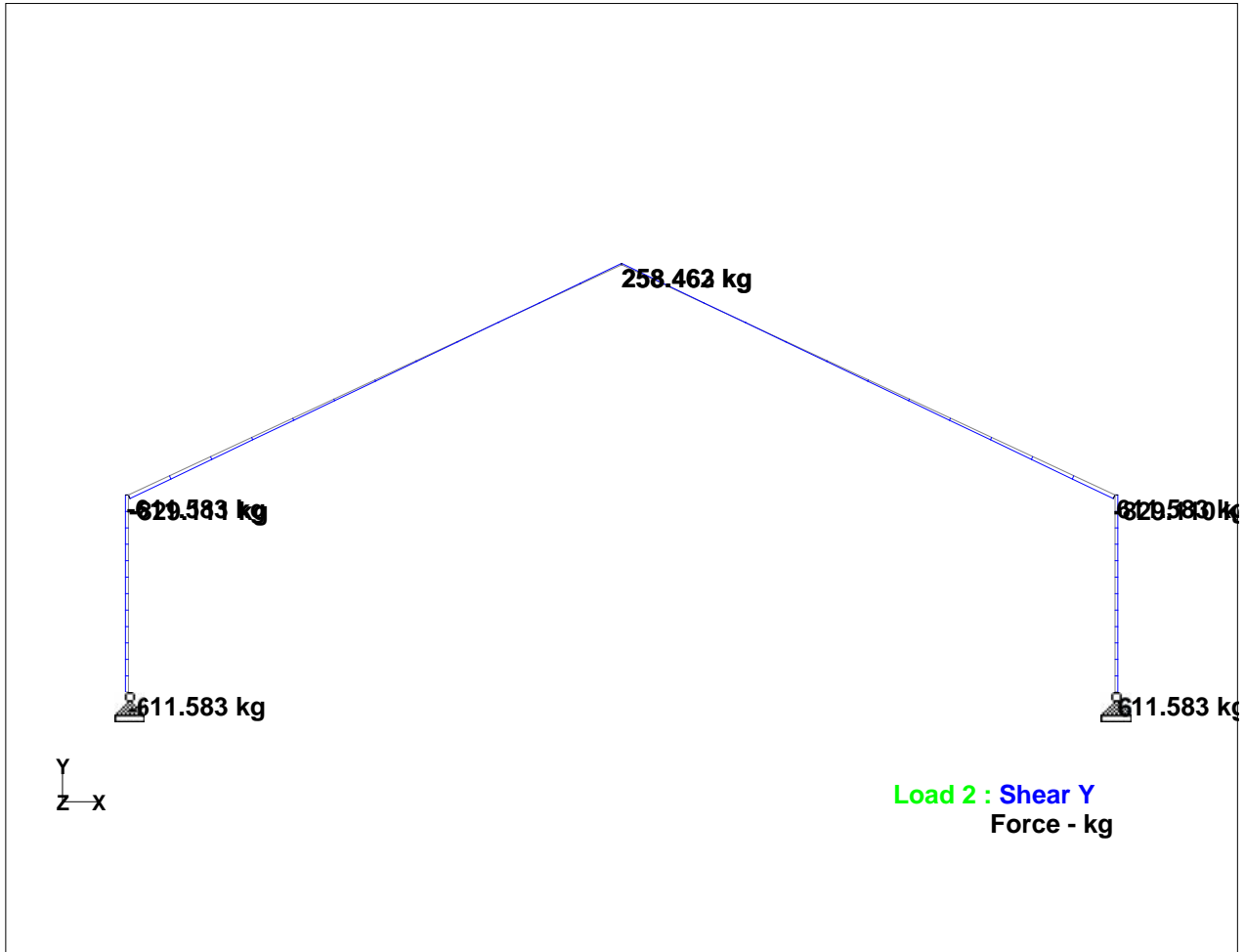


Whole Structure Fx 5098.58kg:1m 2 BEBAN HIDUP



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>7</b>	Rev
Part		
Job Title	Ref	
	By	Date 21-Jul-14 Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39

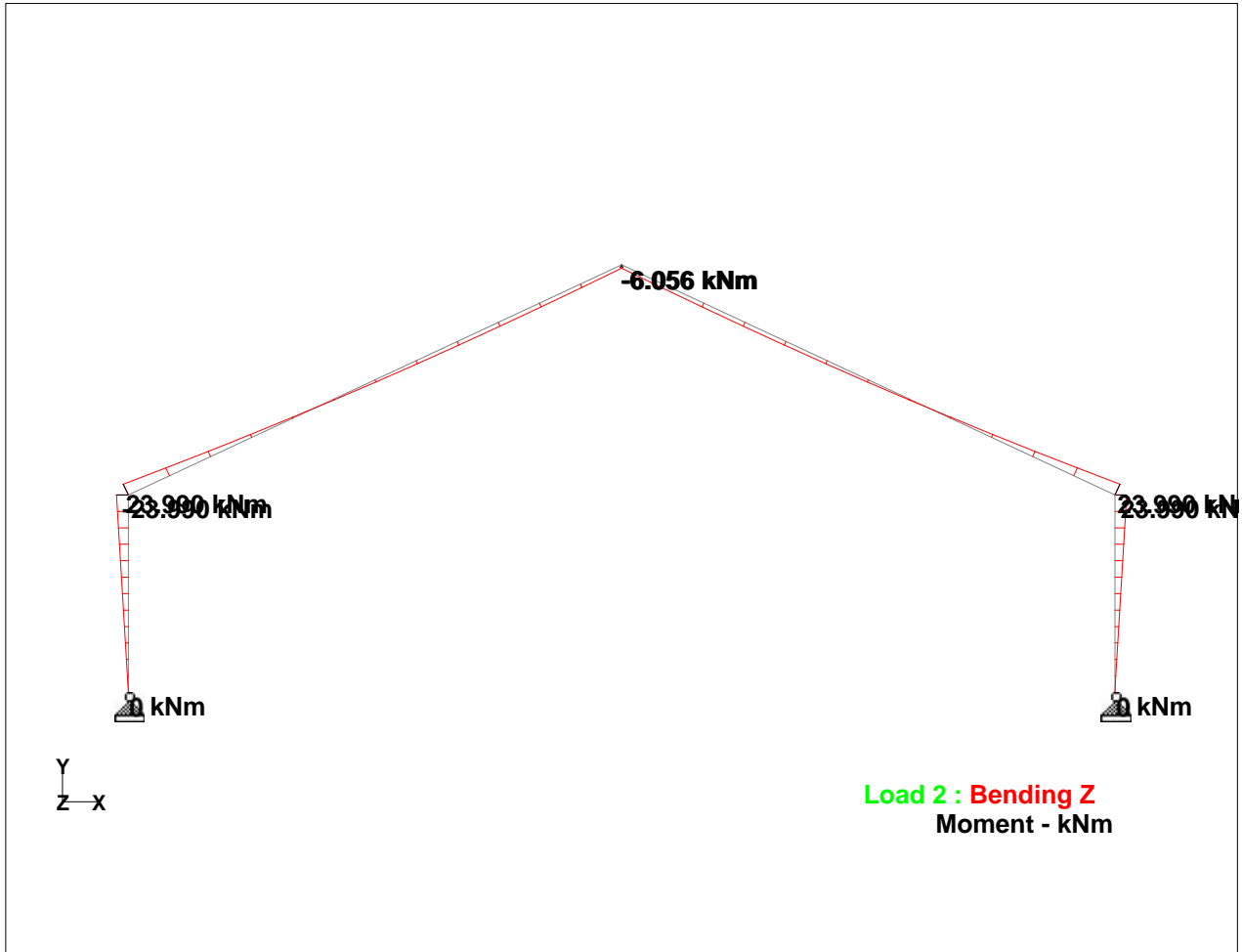


Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 2 BEBAN HIDUP



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>8</b>	Rev
Part		
Job Title	Ref	
	By	Date 21-Jul-14 Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39

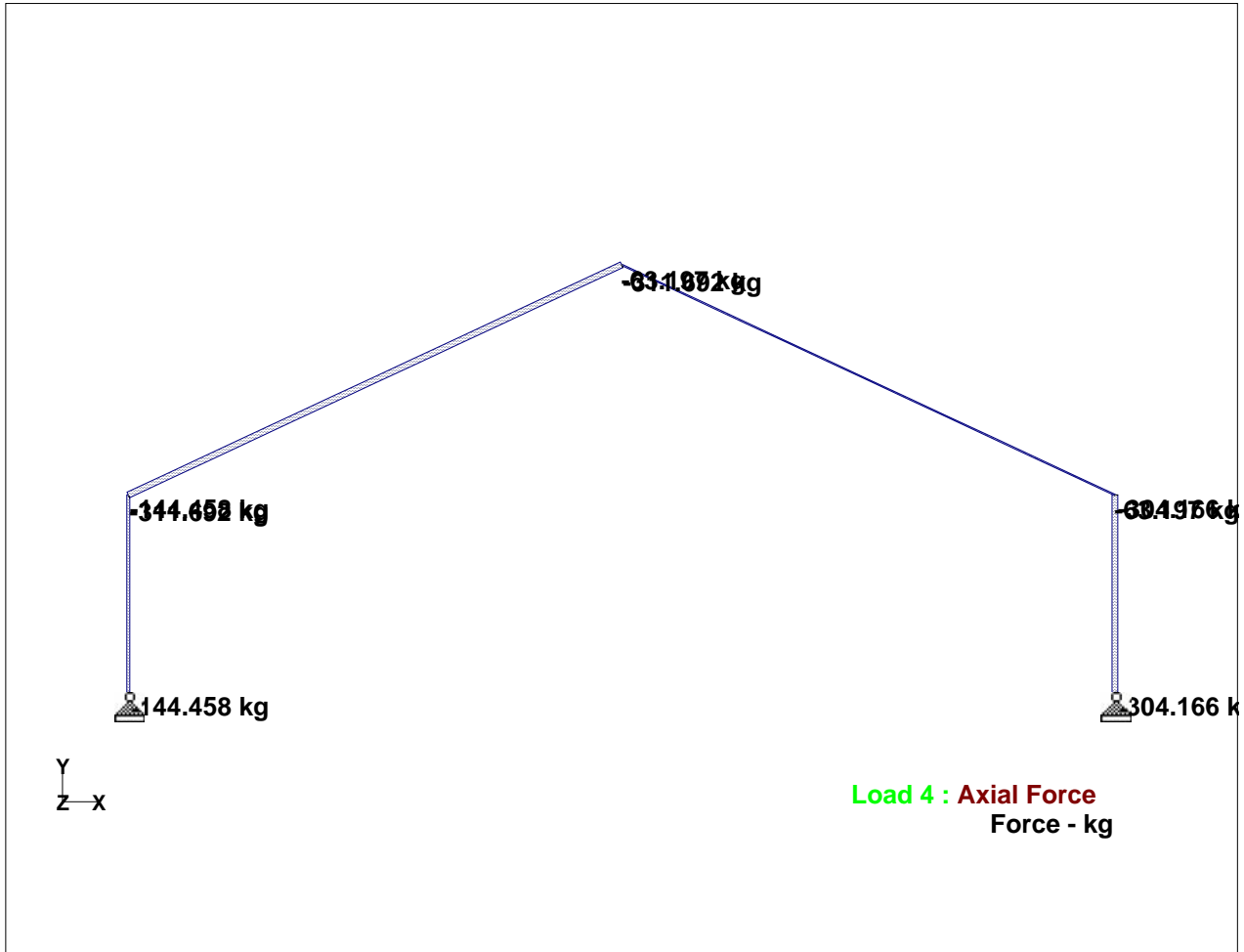


Whole Structure Mz 100kNm:1m 2 BEBAN HIDUP



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>9</b>	Rev
Part		
Job Title	Ref	
By	Date 21-Jul-14	Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39

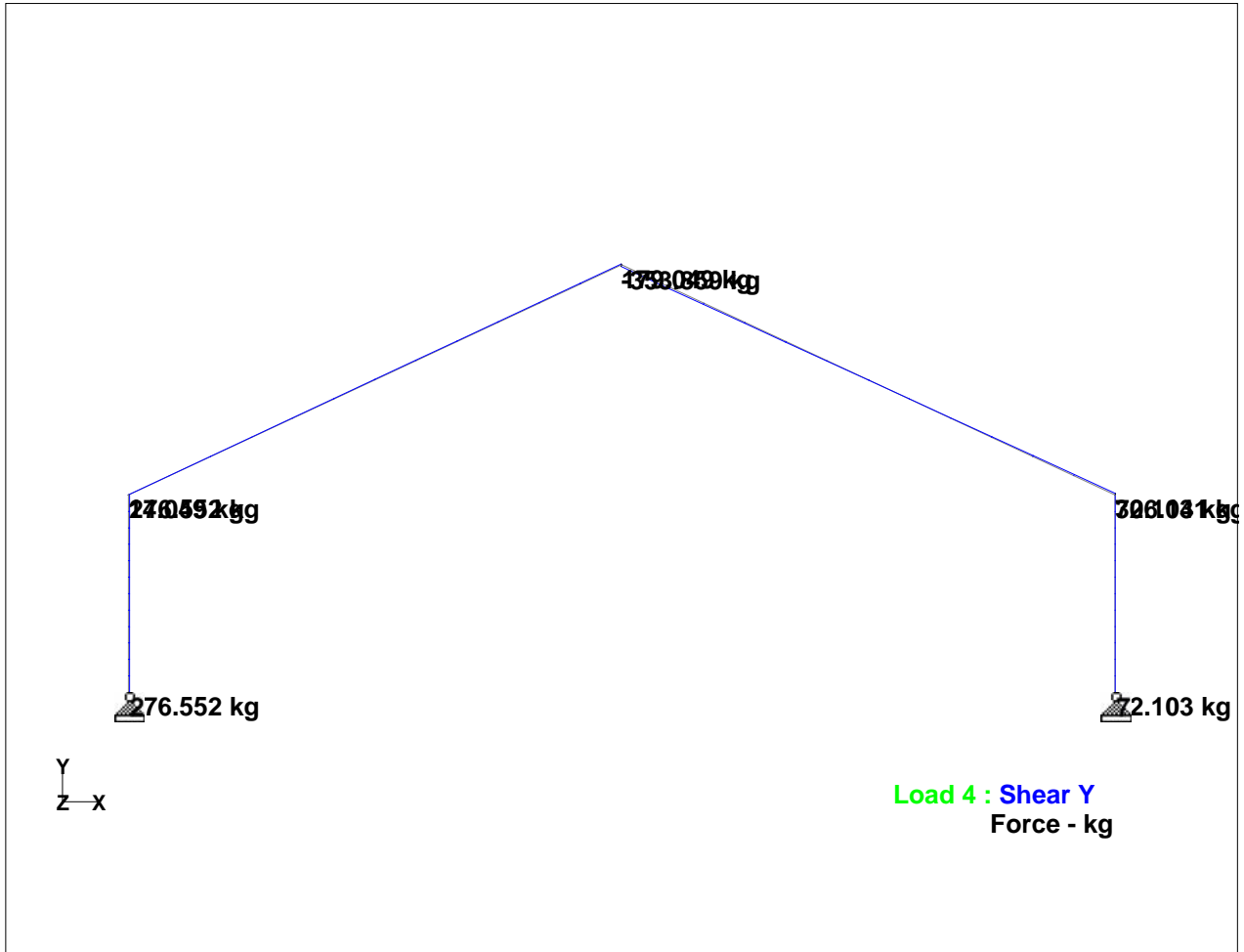


Whole Structure Fx 5098.58kg: 1m 4 BEBAN ANGIN



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>10</b>	Rev
Part		
Ref		
By	Date 21-Jul-14	Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39



Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 4 BEBAN ANGIN





Software licensed to

Job No

Sheet No

11

Rev

Part

Job Title

Ref

By

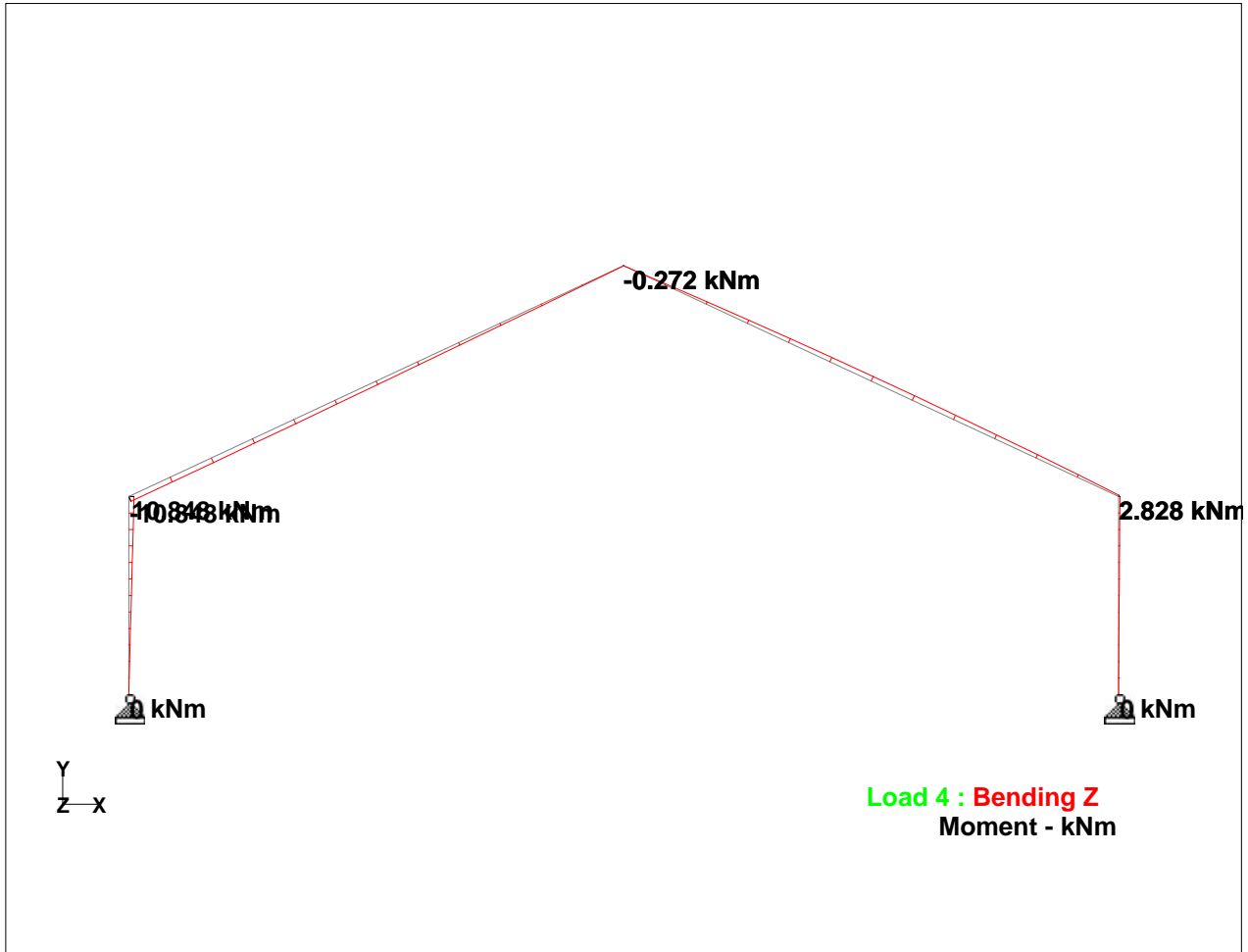
Date 21-Jul-14

Chd

Client

File ASD

Date/Time 13-Aug-2014 08:39



Whole Structure Mz 100kNm:1m 4 BEBAN ANGIN



Software licensed to

Job No

Sheet No

12

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 21-Jul-14

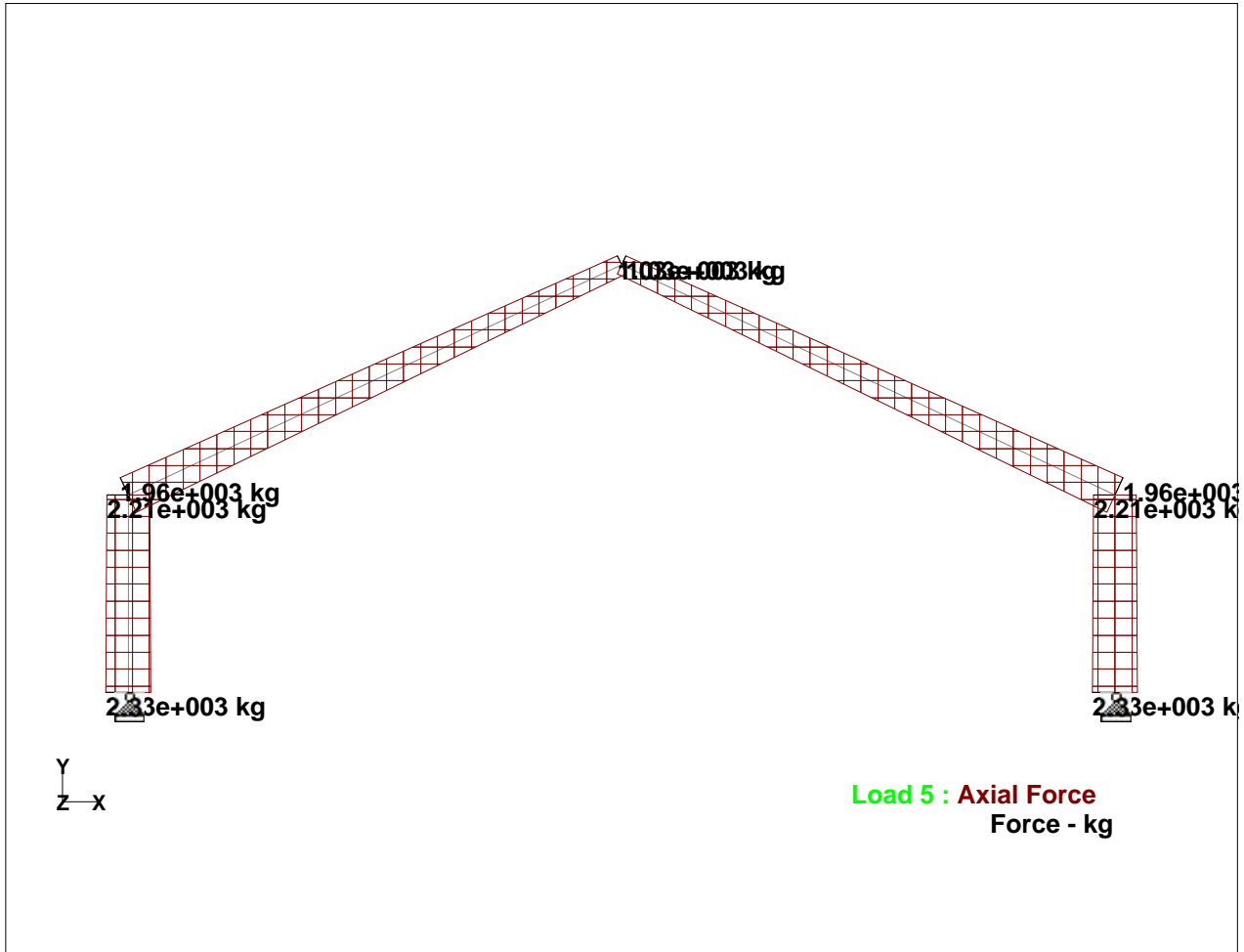
Chd

Client

File ASD

Date/Time

13-Aug-2014 08:39

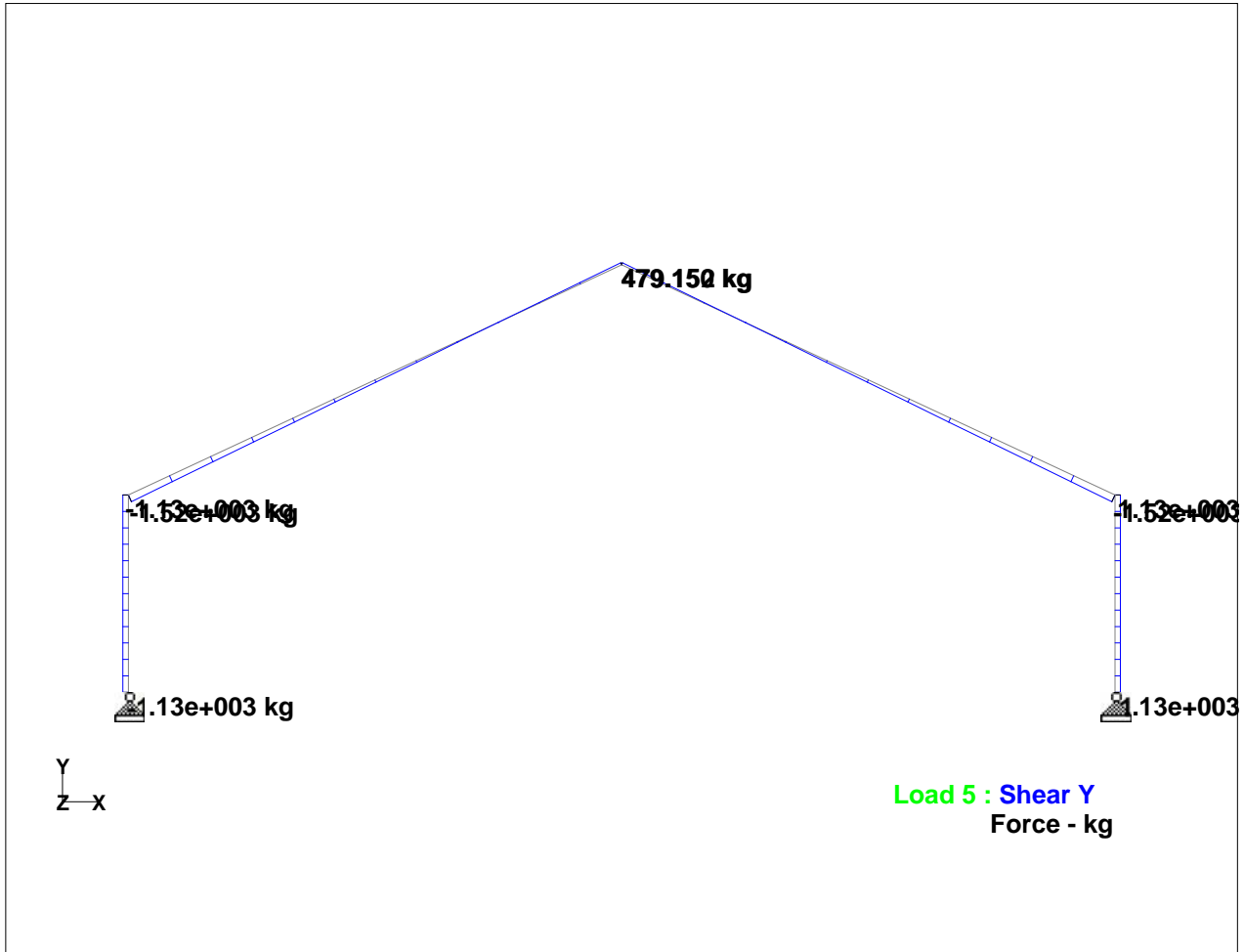


Whole Structure Fx 5098.58kg:1m 5 KOMBINASI 1



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>13</b>	Rev
Part	Ref	
By	Date 21-Jul-14	Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39

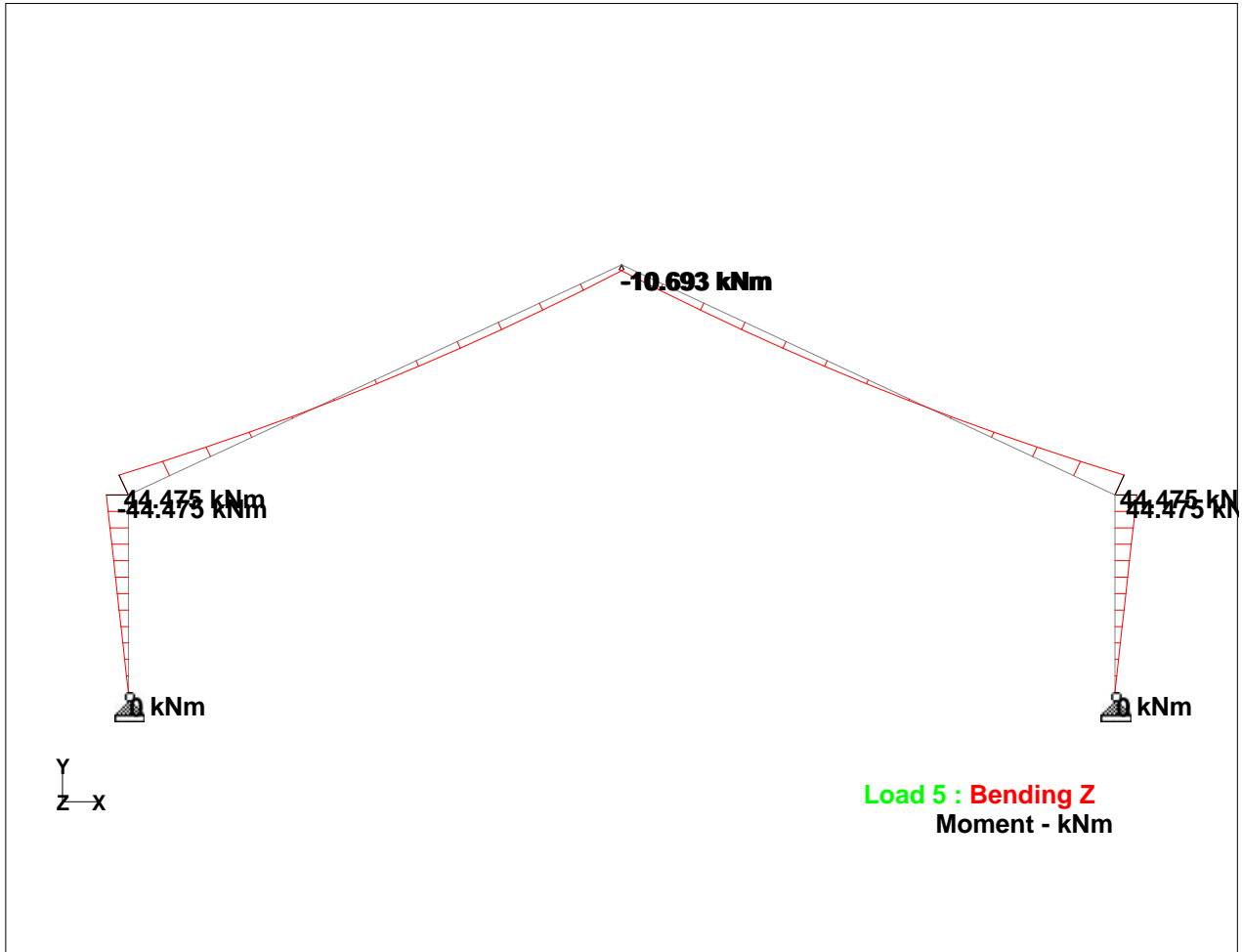


Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 5 KOMBINASI 1



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>14</b>	Rev
Part	Ref	
By	Date 21-Jul-14	Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39



Whole Structure Mz 100kNm:1m 5 KOMBINASI 1



Software licensed to

Job No

Sheet No

15

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 21-Jul-14

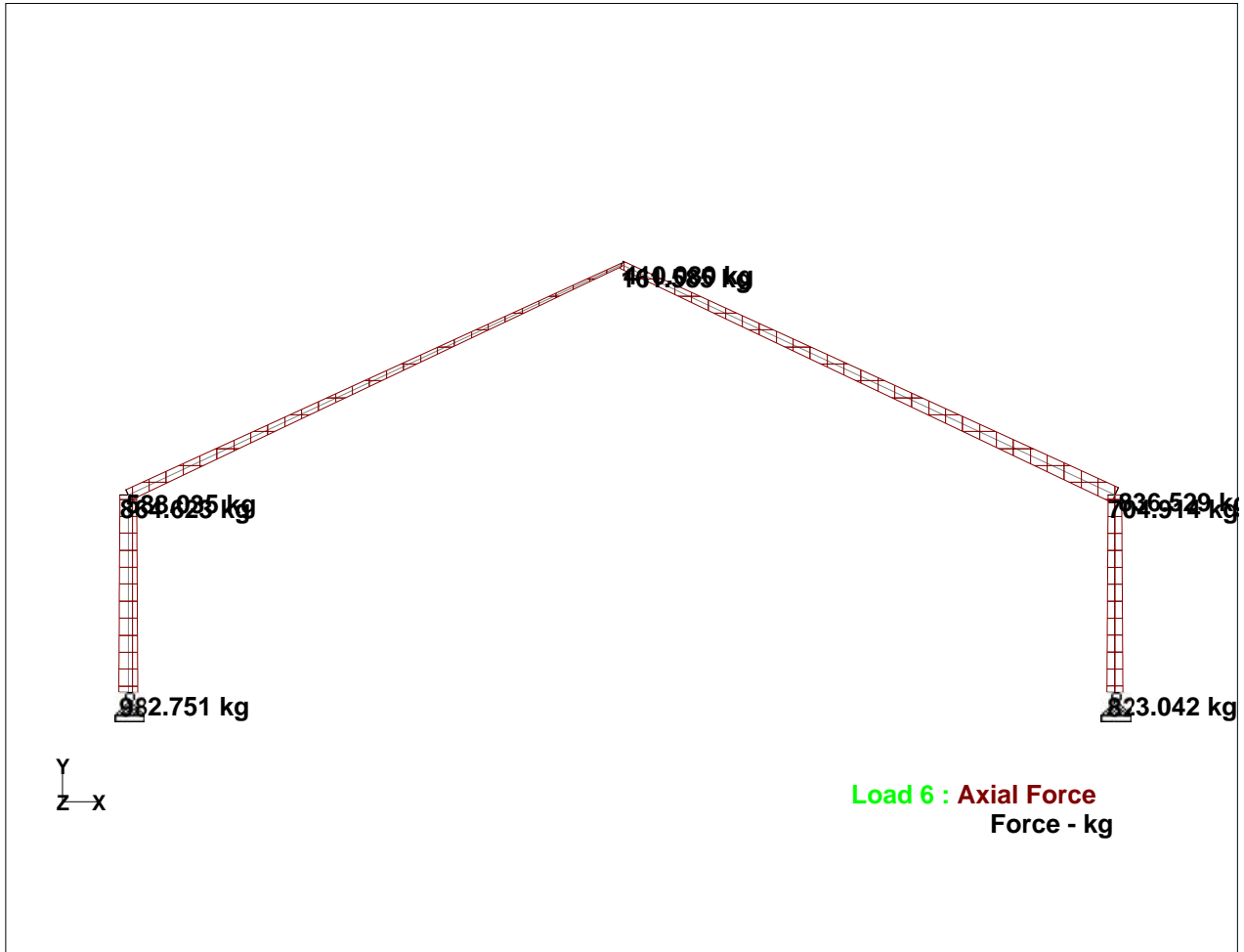
Chd

Client

File ASD

Date/Time

13-Aug-2014 08:39





Software licensed to

Job No

Sheet No

16

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 21-Jul-14

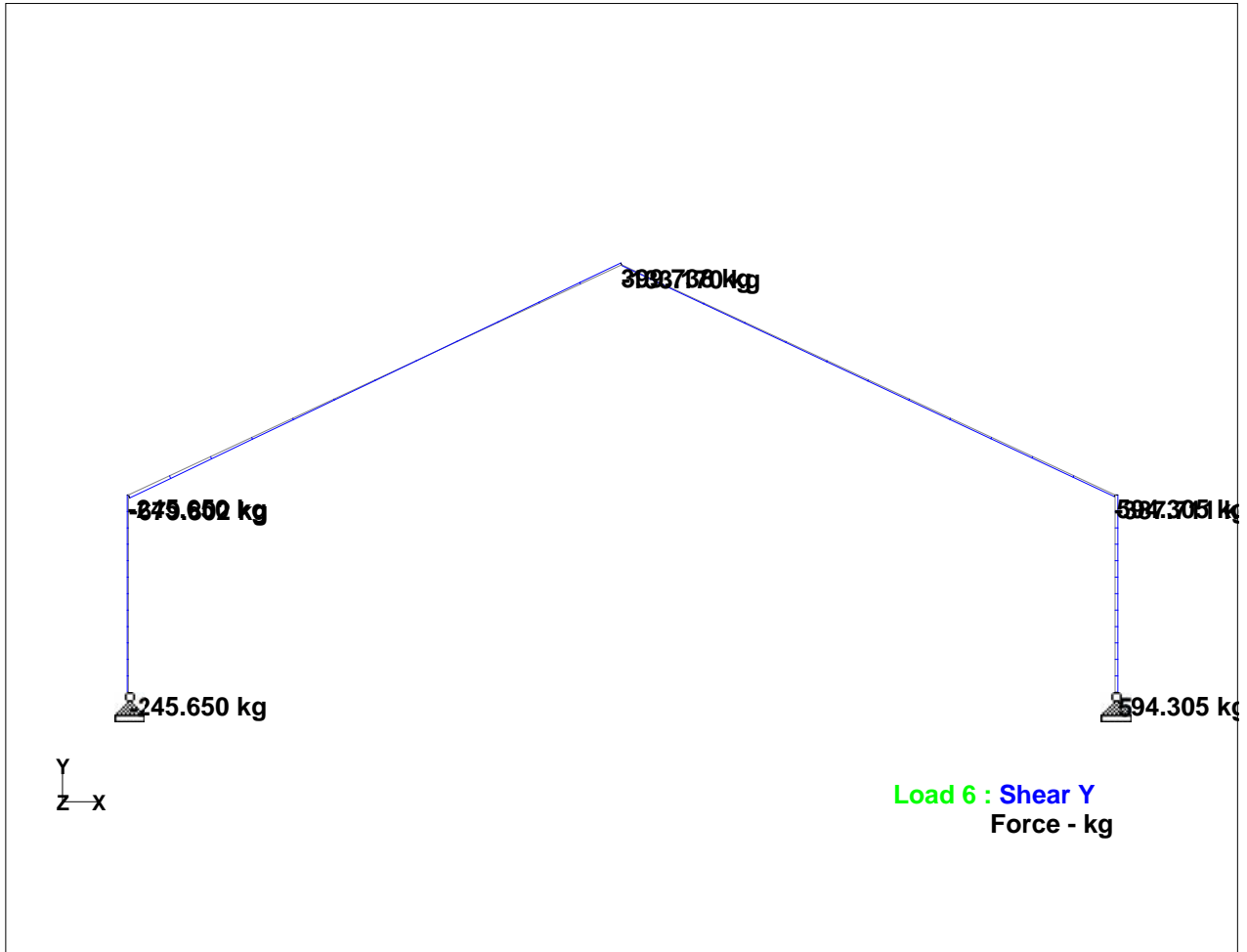
Chd

Client

File ASD

Date/Time

13-Aug-2014 08:39

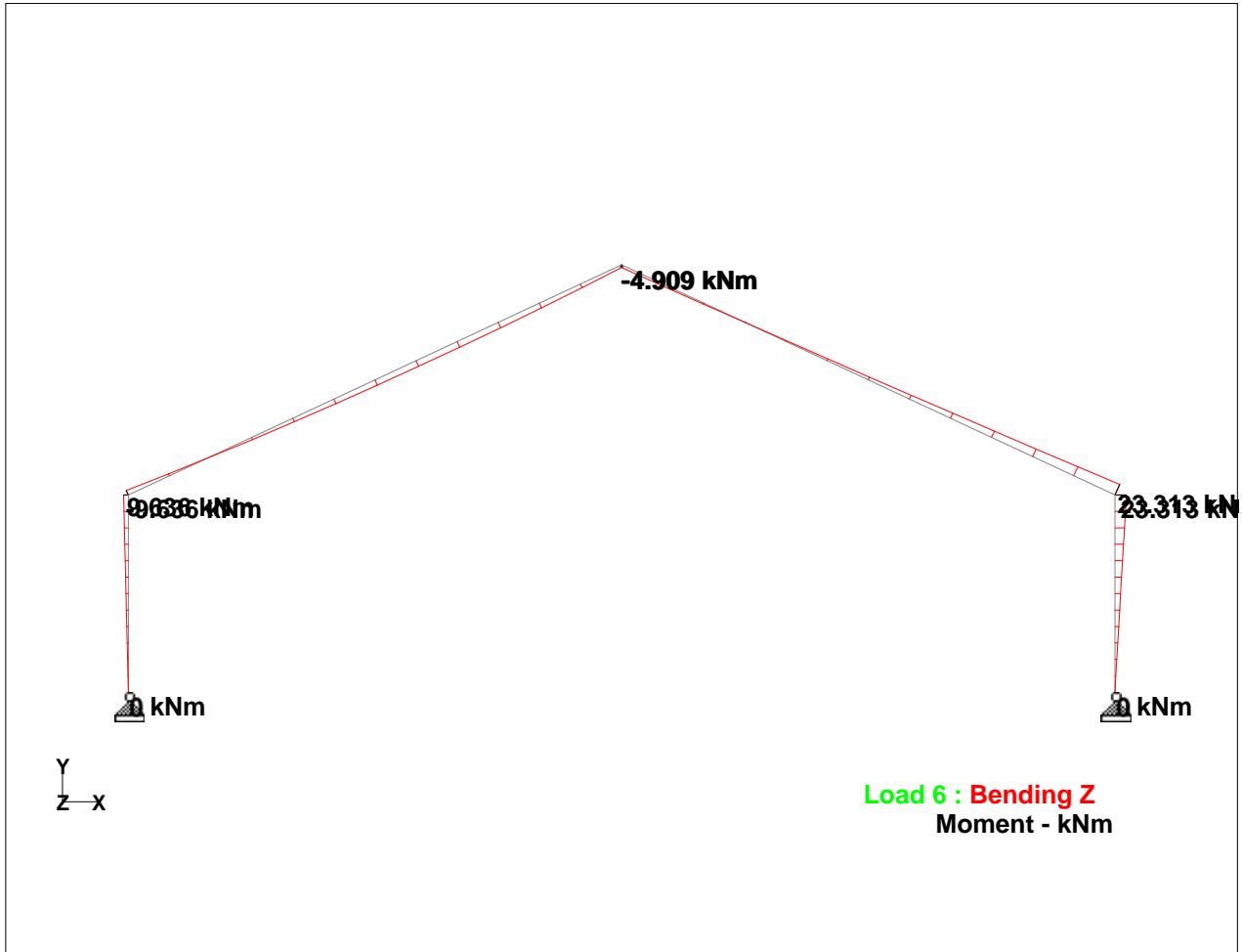


Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 6 KOMBINASI 2



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>17</b>	Rev
Part	Ref	
By	Date 21-Jul-14	Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39

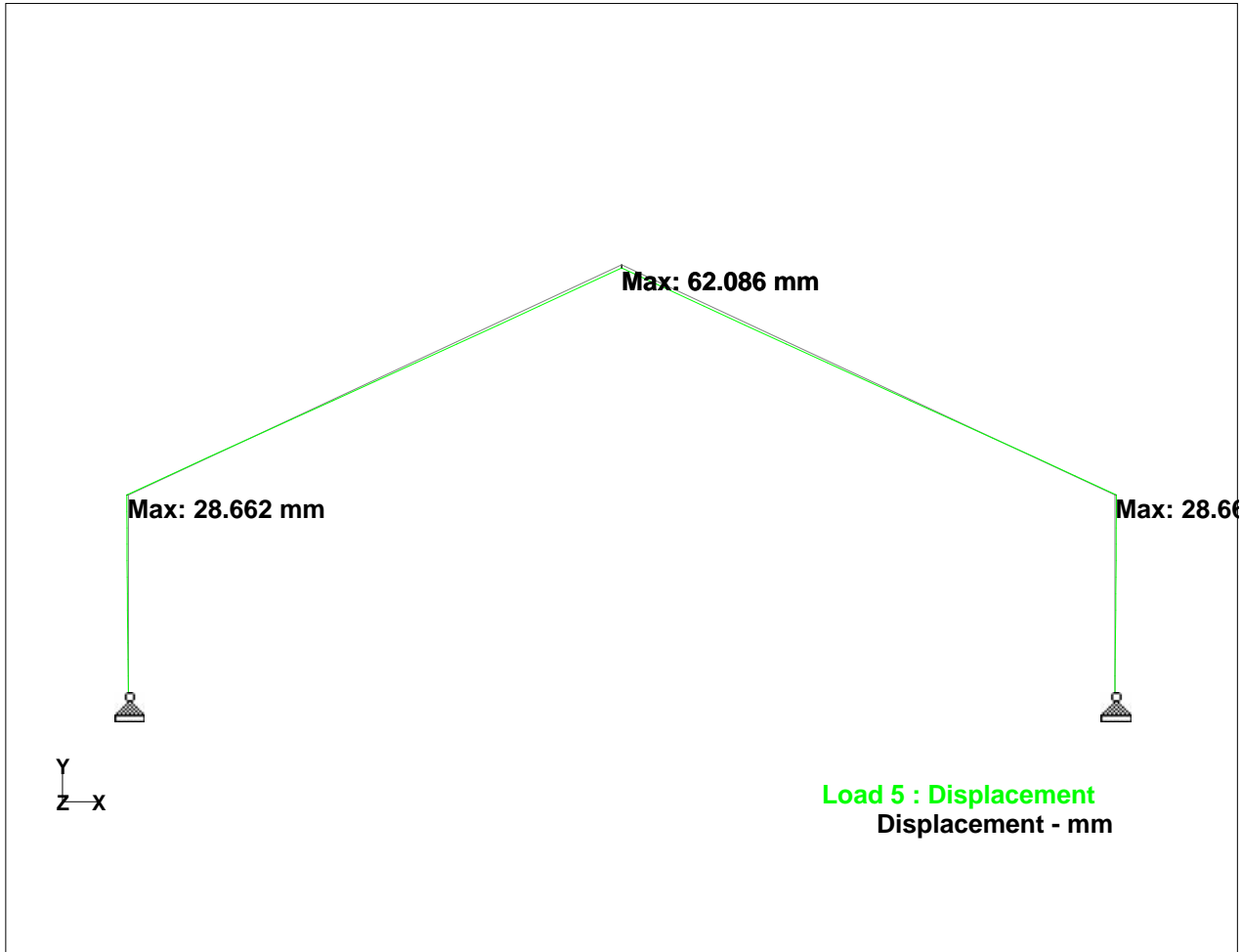


Whole Structure Mz 100kNm:1m 6 KOMBINASI 2



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>18</b>	Rev
Part		
Job Title	Ref	
	By	Date 21-Jul-14 Chd
Client	File ASD	Date/Time 13-Aug-2014 08:39



Whole Structure Displacements 1000mm:1m 5 KOMBINASI 1





Software licensed to

Job No	Sheet No <b>1</b>	Rev
Part		
Ref		
By	Date 19-Jul-14	Chd
Client	File LRFD	Date/Time 19-Aug-2014 08:25

## Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:			
Date:	19-Jul-14		

**Structure Type** | PLANE FRAME

Number of Nodes	5	Highest Node	5
Number of Elements	4	Highest Beam	4

Number of Basic Load Cases	4
Number of Combination Load Cases	3

Included in this printout are data for:

All	The Whole Structure
-----	---------------------

Included in this printout are results for load cases:

Type	L/C	Name
Primary	1	BEBAN MATI
Primary	2	BEBAN HIDUP
Primary	3	BEBAN HUJAN
Primary	4	BEBAN ANGIN
Combination	5	KOMBINASI 1
Combination	6	KOMBINASI 2
Combination	7	KOMBINASI 3

## Beams

Beam	Node A	Node B	Length (m)	Property	S (degrees)
1	2	1	4.000	1	0
2	3	2	11.034	1	0
3	3	5	11.034	1	0
4	5	4	4.000	1	0



Software licensed to

Job No

Sheet No

**2**

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 19-Jul-14

Chd

Client

File LRFD

Date/Time 19-Aug-2014 08:25

## Reactions

Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1	1:BEAN MATI	474.612	1E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	2:BEAN HIDL	611.713	1.2E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	3:BEAN HUJ/	685.415	1.32E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	4:BEAN ANG	-280.525	-146.994	0.000	0.000	0.000	0.000
	5:KOMBINASI	1.55E+3	3.12E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	6:KOMBINASI	1.32E+3	3.01E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	7:KOMBINASI	694.222	1.97E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1:BEAN MATI	-474.612	1E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	2:BEAN HIDL	-611.713	1.2E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	3:BEAN HUJ/	-685.415	1.32E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	4:BEAN ANG	-80.808	-328.819	0.000	0.000	0.000	0.000
	5:KOMBINASI	-1.55E+3	3.12E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	6:KOMBINASI	-1.61E+3	2.86E+3	0.000	0.000	0.000	0.000
	7:KOMBINASI	-1.16E+3	1.74E+3	0.000	0.000	0.000	0.000

## Beam End Forces

Sign convention is as the action of the joint on the beam.

Beam	Node	L/C	Axial	Shear		Torsion	Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
1	2	1:BEAN MATI	918.327	-474.612	0.000	0.000	0.000	-18.617
		2:BEAN HIDL	1.2E+3	-611.713	0.000	0.000	0.000	-23.995
		3:BEAN HUJ/	1.32E+3	-685.415	0.000	0.000	0.000	-26.887
		4:BEAN ANG	-146.994	280.525	0.000	0.000	0.000	11.004
		5:KOMBINASI	3.02E+3	-1.55E+3	0.000	0.000	0.000	-60.734
		6:KOMBINASI	2.9E+3	-1.32E+3	0.000	0.000	0.000	-51.930
		7:KOMBINASI	1.87E+3	-694.222	0.000	0.000	0.000	-27.232
	1	1:BEAN MATI	-1E+3	474.612	0.000	0.000	0.000	-0.000
		2:BEAN HIDL	-1.2E+3	611.713	0.000	0.000	0.000	0.000
		3:BEAN HUJ/	-1.32E+3	685.415	0.000	0.000	0.000	0.000
		4:BEAN ANG	146.994	-280.525	0.000	0.000	0.000	0.000
		5:KOMBINASI	-3.12E+3	1.55E+3	0.000	0.000	0.000	-0.000
		6:KOMBINASI	-3.01E+3	1.32E+3	0.000	0.000	0.000	-0.000
		7:KOMBINASI	-1.97E+3	694.222	0.000	0.000	0.000	-0.000
2	3	1:BEAN MATI	430.146	200.576	0.000	0.000	0.000	-4.230
		2:BEAN HIDL	554.402	258.517	0.000	0.000	0.000	-6.045
		3:BEAN HUJ/	621.199	289.664	0.000	0.000	0.000	-5.555
		4:BEAN ANG	-316.364	179.669	0.000	0.000	0.000	-0.360
		5:KOMBINASI	1.4E+3	654.318	0.000	0.000	0.000	-14.748
		6:KOMBINASI	1.15E+3	798.054	0.000	0.000	0.000	-15.037
		7:KOMBINASI	548.423	681.075	0.000	0.000	0.000	-10.381
	2	1:BEAN MATI	-818.242	631.713	0.000	0.000	0.000	-18.617
		2:BEAN HIDL	-1.06E+3	829.056	0.000	0.000	0.000	-23.995
		3:BEAN HUJ/	-1.18E+3	906.666	0.000	0.000	0.000	-26.887
		4:BEAN ANG	316.364	-14.669	0.000	0.000	0.000	11.004
		5:KOMBINASI	-2.68E+3	2.08E+3	0.000	0.000	0.000	-60.734
		6:KOMBINASI	-2.43E+3	2.07E+3	0.000	0.000	0.000	-51.930



Software licensed to

Job No

Sheet No

**3**

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 19-Jul-14

Chd

Client

File LRFD

Date/Time 19-Aug-2014 08:25

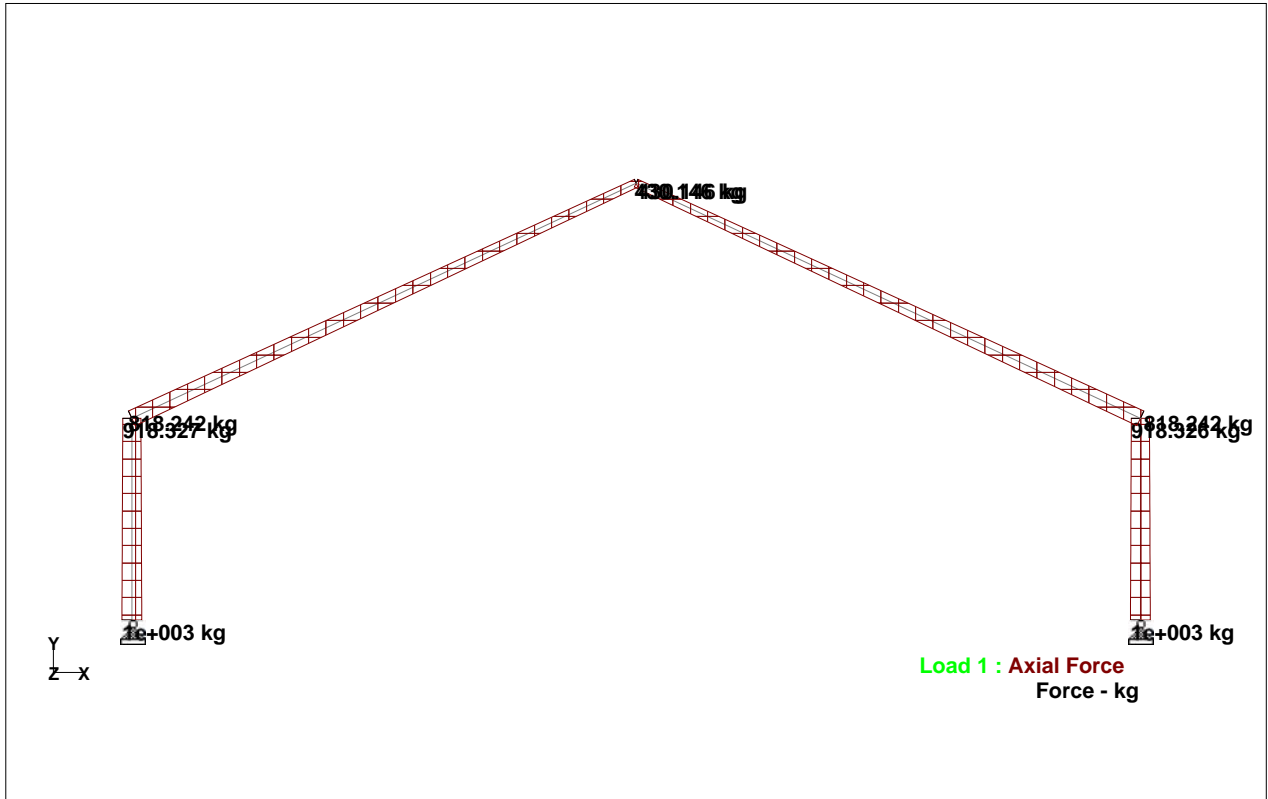
**Beam End Forces Cont...**

Beam	Node	L/C	Axial			Shear			Torsion	Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)			
		7:KOMBINASI	-1.42E+3	1.4E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-27.232	
3	3	1:BEBAN MATI	430.146	200.577	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-4.230	
		2:BEBAN HIDL	554.401	258.518	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-6.045	
		3:BEBAN HUJ/	621.198	289.665	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.555	
		4:BEBAN ANG	-65.725	-357.838	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.360	
		5:KOMBINASI	1.4E+3	654.321	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-14.748	
		6:KOMBINASI	1.35E+3	368.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-15.037	
		7:KOMBINASI	874.253	-17.682	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-10.381	
	5	1:BEBAN MATI	-818.242	631.712	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-18.617	
		2:BEBAN HIDL	-1.06E+3	829.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-23.995	
		3:BEBAN HUJ/	-1.18E+3	906.665	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-26.887	
		4:BEBAN ANG	65.725	-332.163	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.170	
		5:KOMBINASI	-2.68E+3	2.08E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-60.734	
		6:KOMBINASI	-2.63E+3	1.82E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-63.269	
		7:KOMBINASI	-1.75E+3	989.488	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-45.658	
4	5	1:BEBAN MATI	918.326	474.612	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18.617	
		2:BEBAN HIDL	1.2E+3	611.713	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	23.995	
		3:BEBAN HUJ/	1.32E+3	685.415	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	26.887	
		4:BEBAN ANG	-328.819	80.808	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.170	
		5:KOMBINASI	3.02E+3	1.55E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	60.734	
		6:KOMBINASI	2.76E+3	1.61E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.269	
		7:KOMBINASI	1.63E+3	1.16E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.658	
	4	1:BEBAN MATI	-1E+3	-474.612	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		2:BEBAN HIDL	-1.2E+3	-611.713	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	
		3:BEBAN HUJ/	-1.32E+3	-685.415	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		4:BEBAN ANG	328.819	-80.808	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	
		5:KOMBINASI	-3.12E+3	-1.55E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	
		6:KOMBINASI	-2.86E+3	-1.61E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	
		7:KOMBINASI	-1.74E+3	-1.16E+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	



Software licensed to

Job No	Sheet No <b>4</b>	Rev
Part	Ref	
By	Date 19-Jul-14	Chd
Client	File LRFD	Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Fx 5098.58kg:1m 1 BEBAN MATI

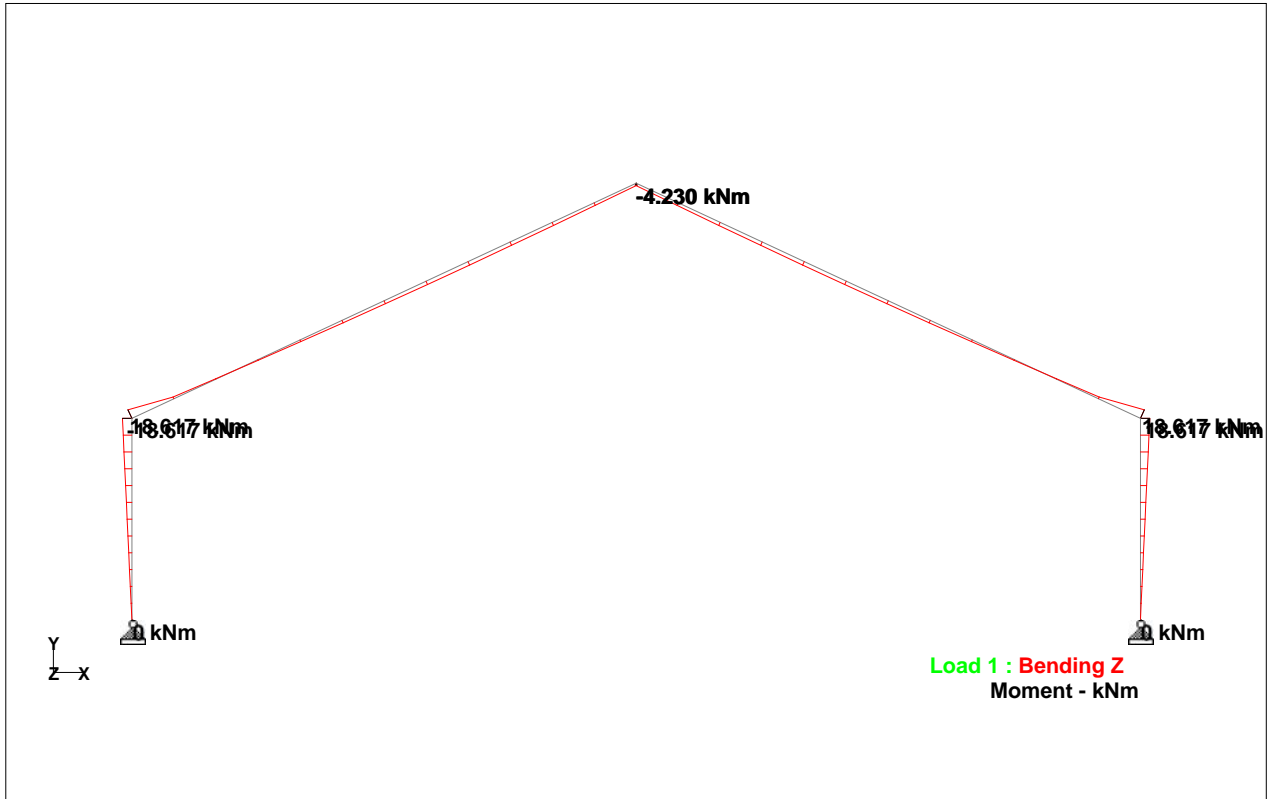


Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 1 BEBAN MATI

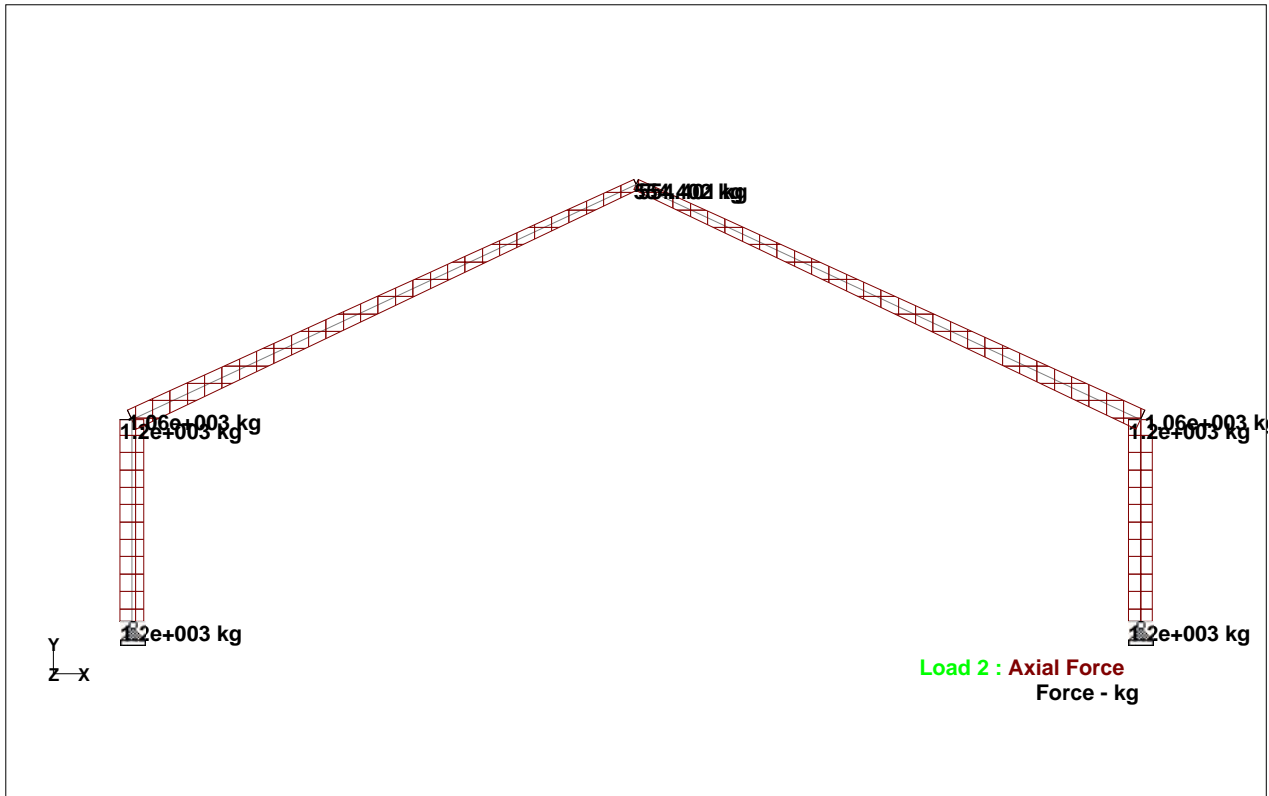


Software licensed to

Job No	Sheet No <b>5</b>	Rev
Part		
Ref		
By	Date 19-Jul-14	Chd
Client	File LRFD	Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Mz 100kNm:1m 1 BEBAN MATI



Whole Structure Fx 5098.58kg:1m 2 BEBAN HIDUP



Software licensed to

Job No

Sheet No

6

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 19-Jul-14

Chd

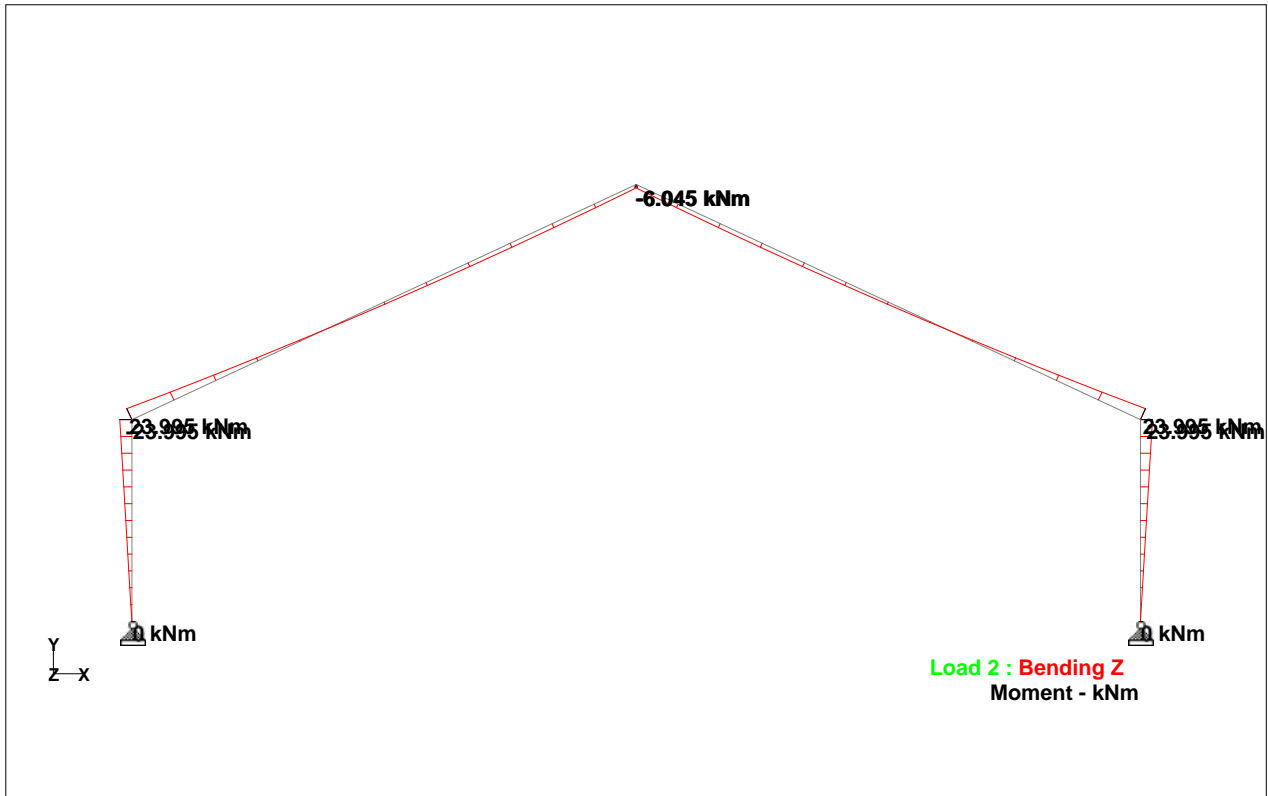
Client

File LRFD

Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 2 BEBAN HIDUP



Whole Structure Mz 100kNm:1m 2 BEBAN HIDUP



Software licensed to

Job No

Sheet No

7

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date

Chd

Client

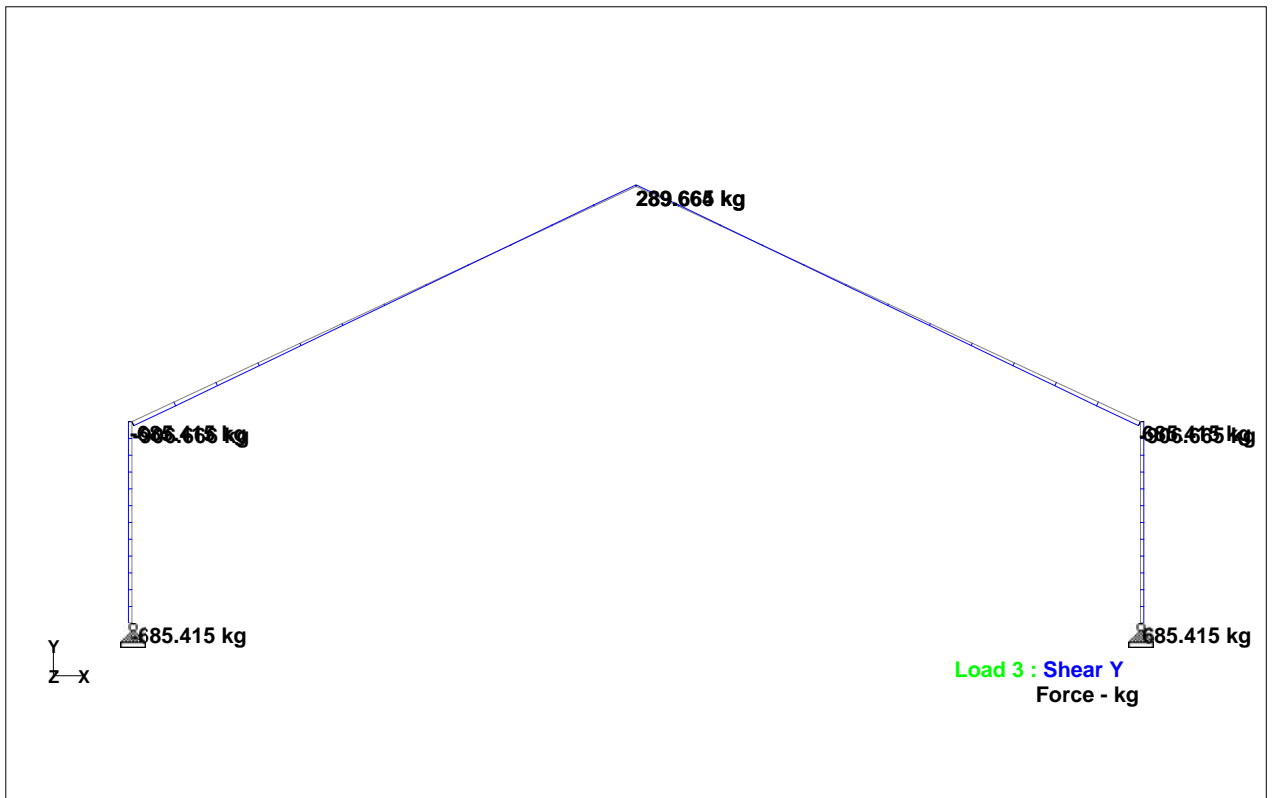
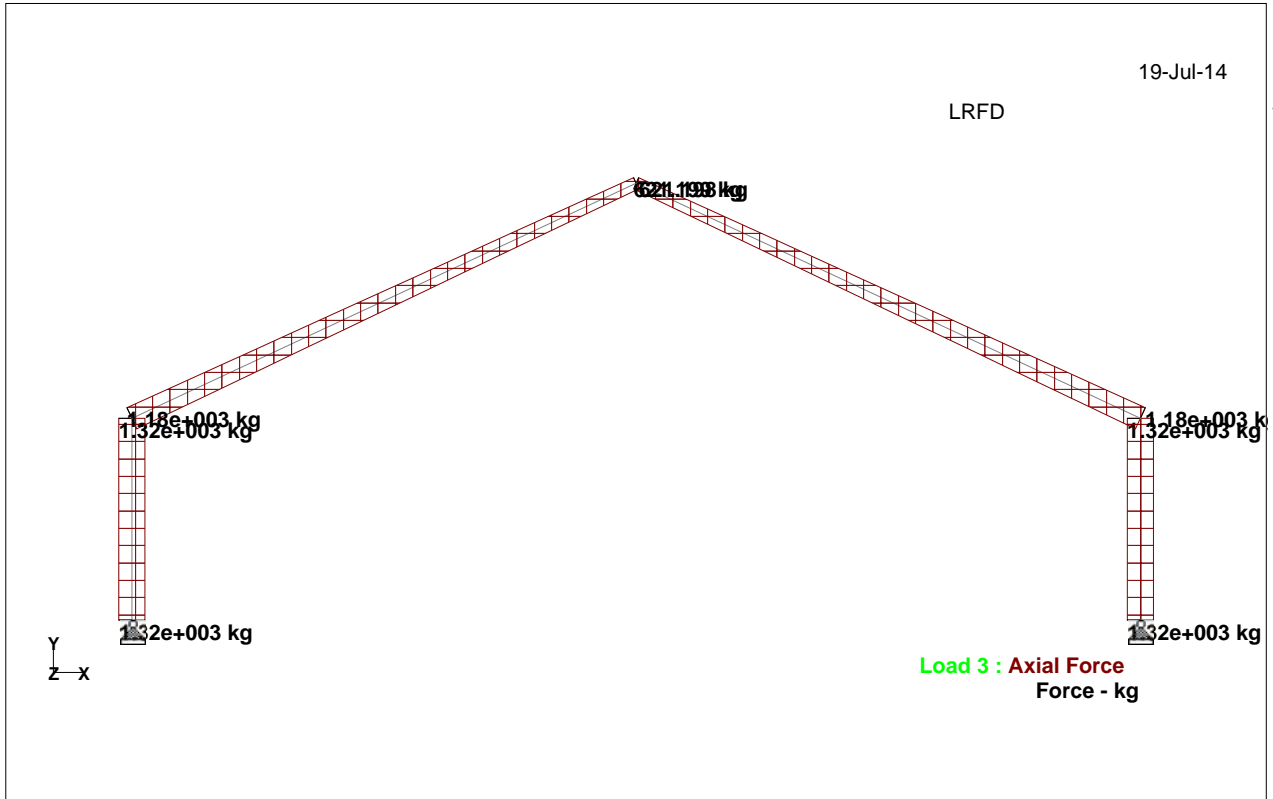
File

Date/Time

19-Jul-14

LRFD

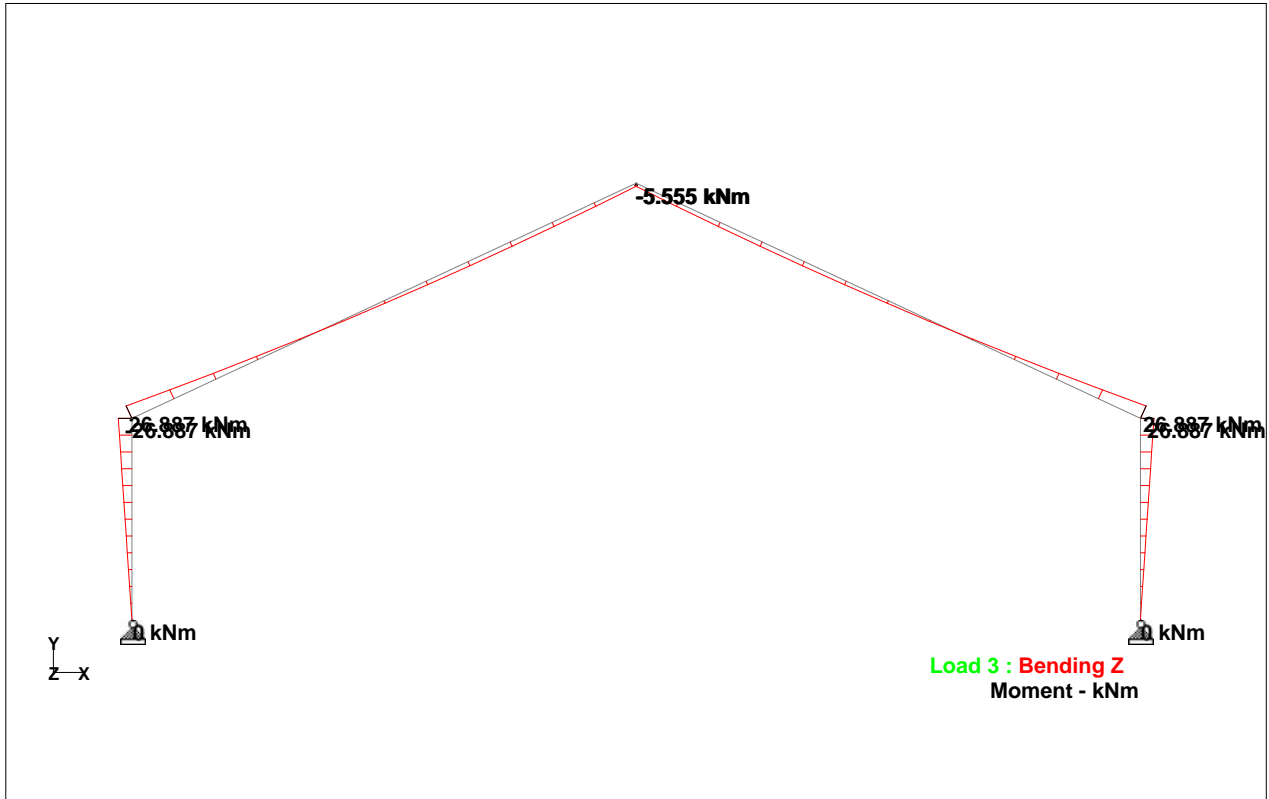
19-Aug-2014 0



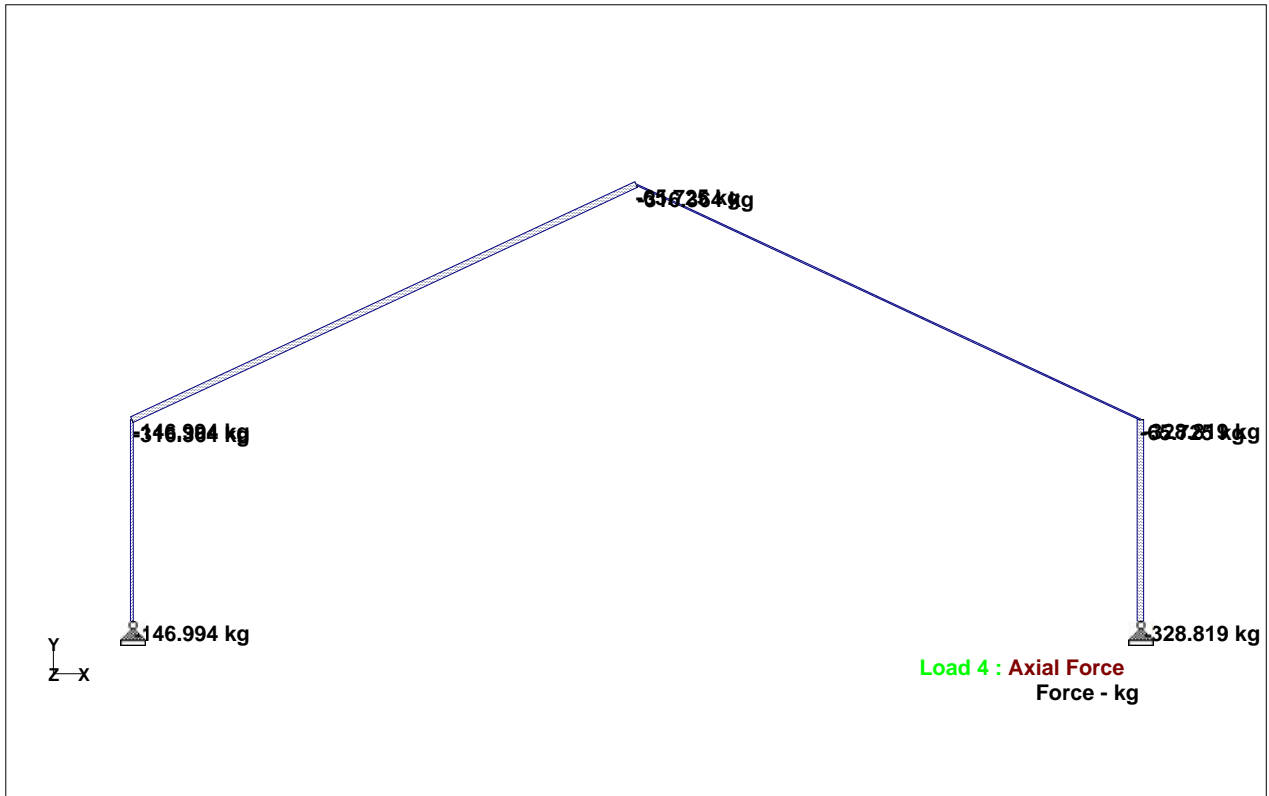


Software licensed to

Job No	Sheet No <b>8</b>	Rev
Part		
Ref		
By	Date 19-Jul-14	Chd
Client	File LRFD	Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Mz 100kNm:1m 3 BEBAN HUJAN



Whole Structure Fx 5098.58kg:1m 4 BEBAN ANGIN





Software licensed to

Job No

Sheet No

9

Rev

Part

Job Title

Ref

By

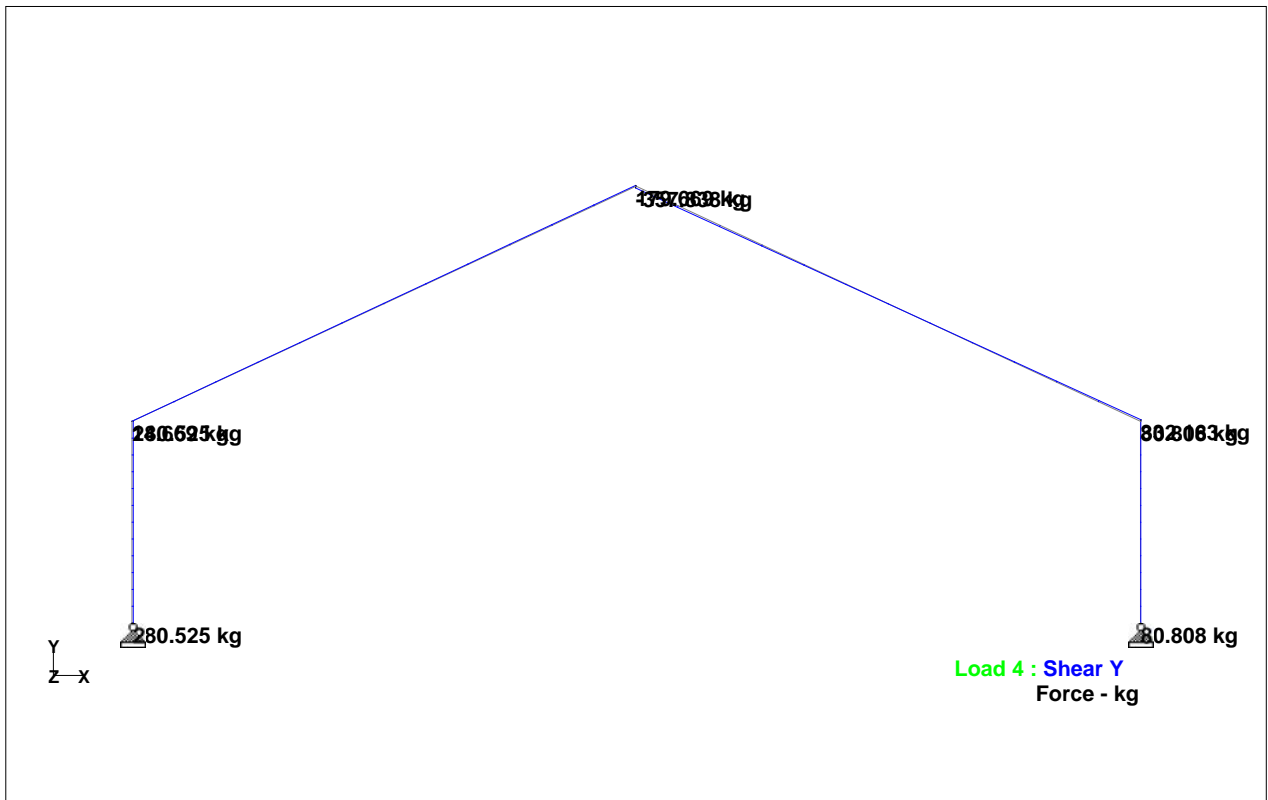
Date 19-Jul-14

Chd

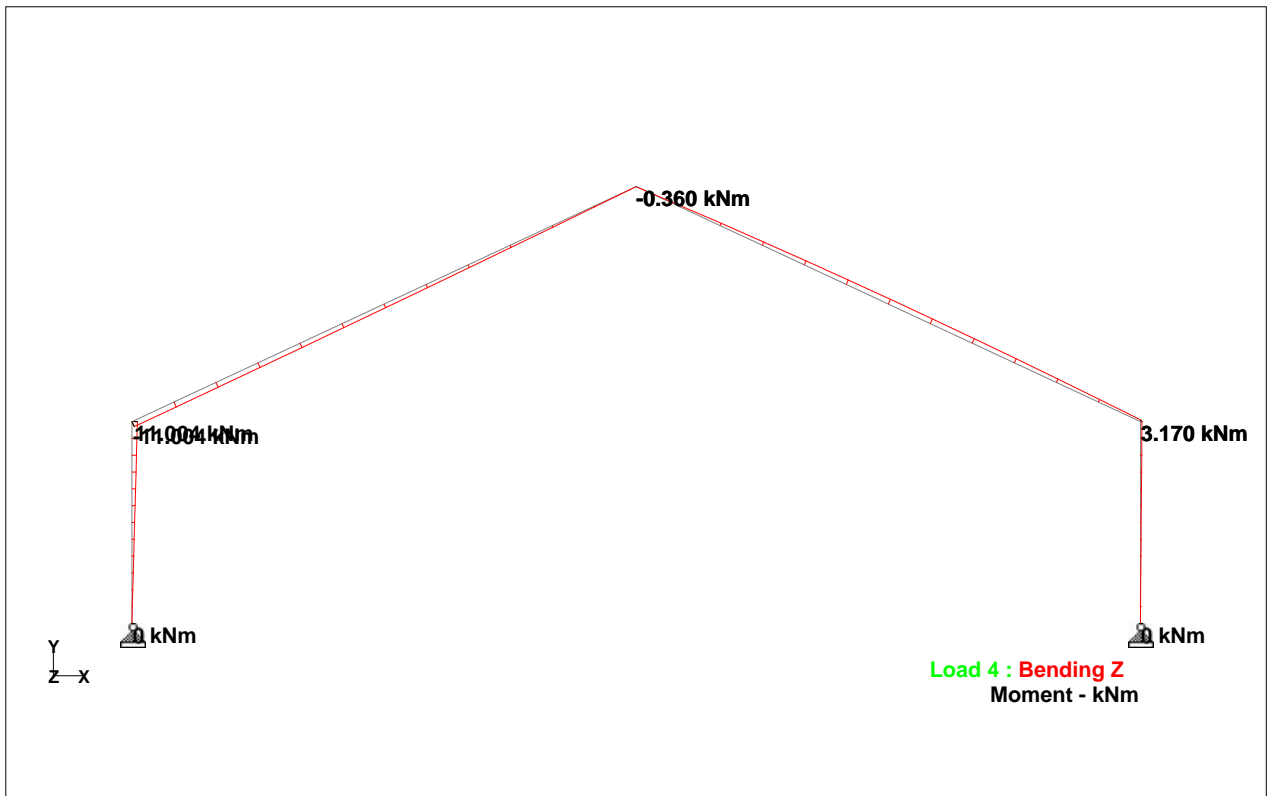
Client

File LRFD

Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 4 BEBAN ANGIN

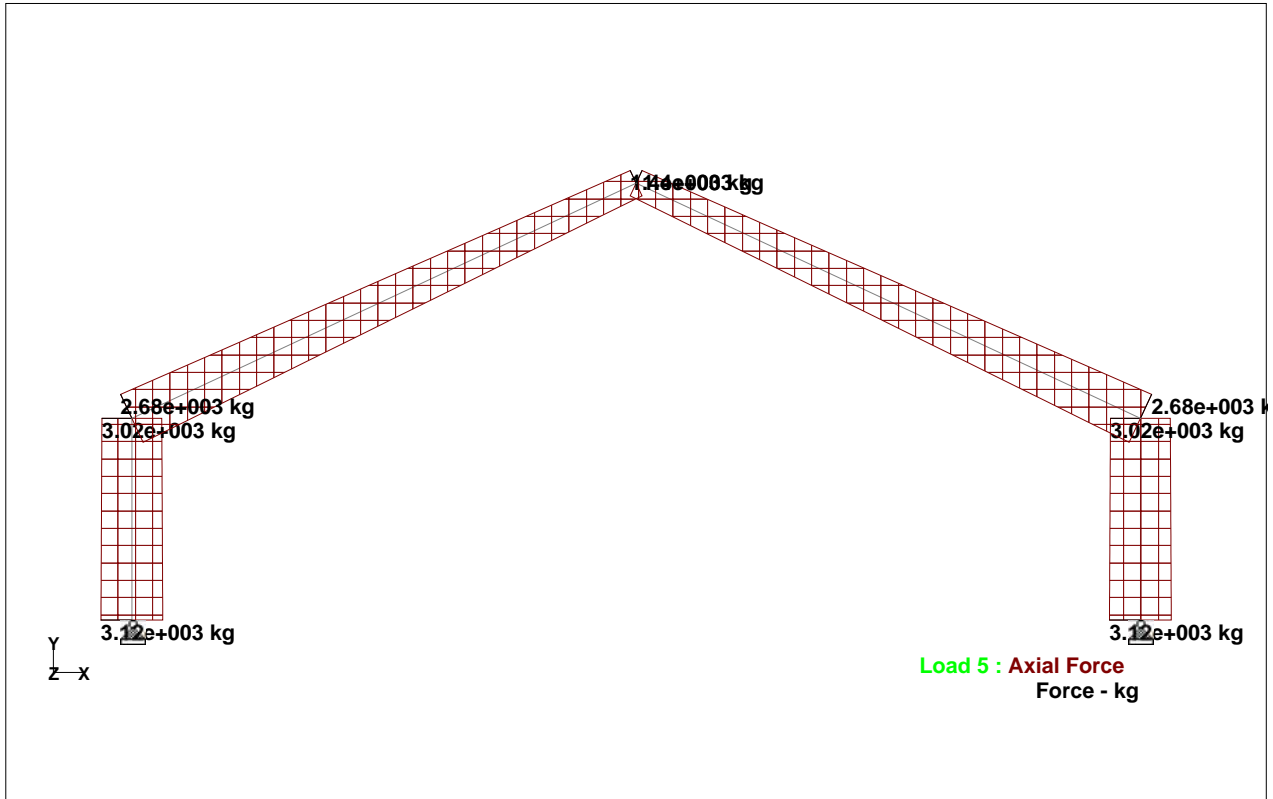


Whole Structure Mz 100kNm:1m 4 BEBAN ANGIN

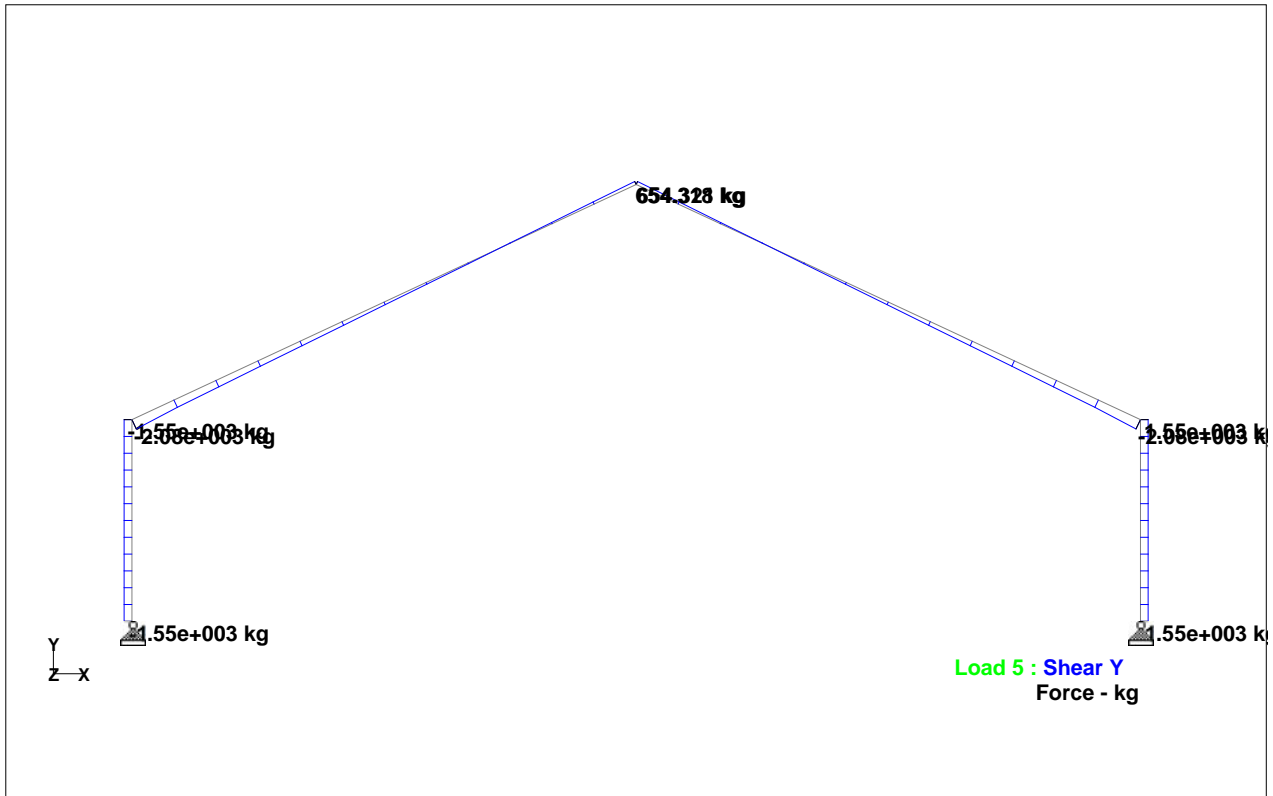


Software licensed to

Job No	Sheet No <b>10</b>	Rev
Part		
Ref		
By	Date 19-Jul-14	Chd
Client	File LRFD	Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Fx 5098.58kg:1m 5 KOMBINASI 1



Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 5 KOMBINASI 1



Software licensed to

Job No

Sheet No

11

Rev

Part

Job Title

Ref

By

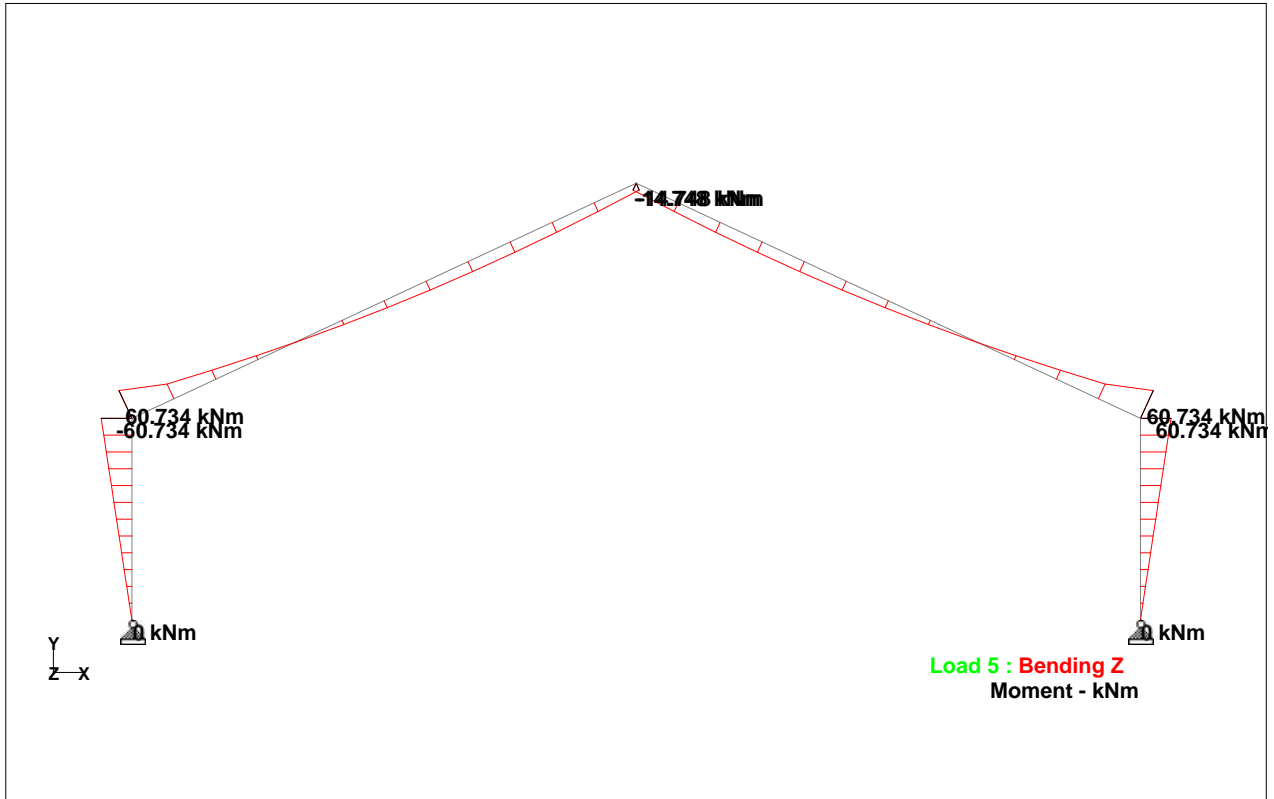
Date 19-Jul-14

Chd

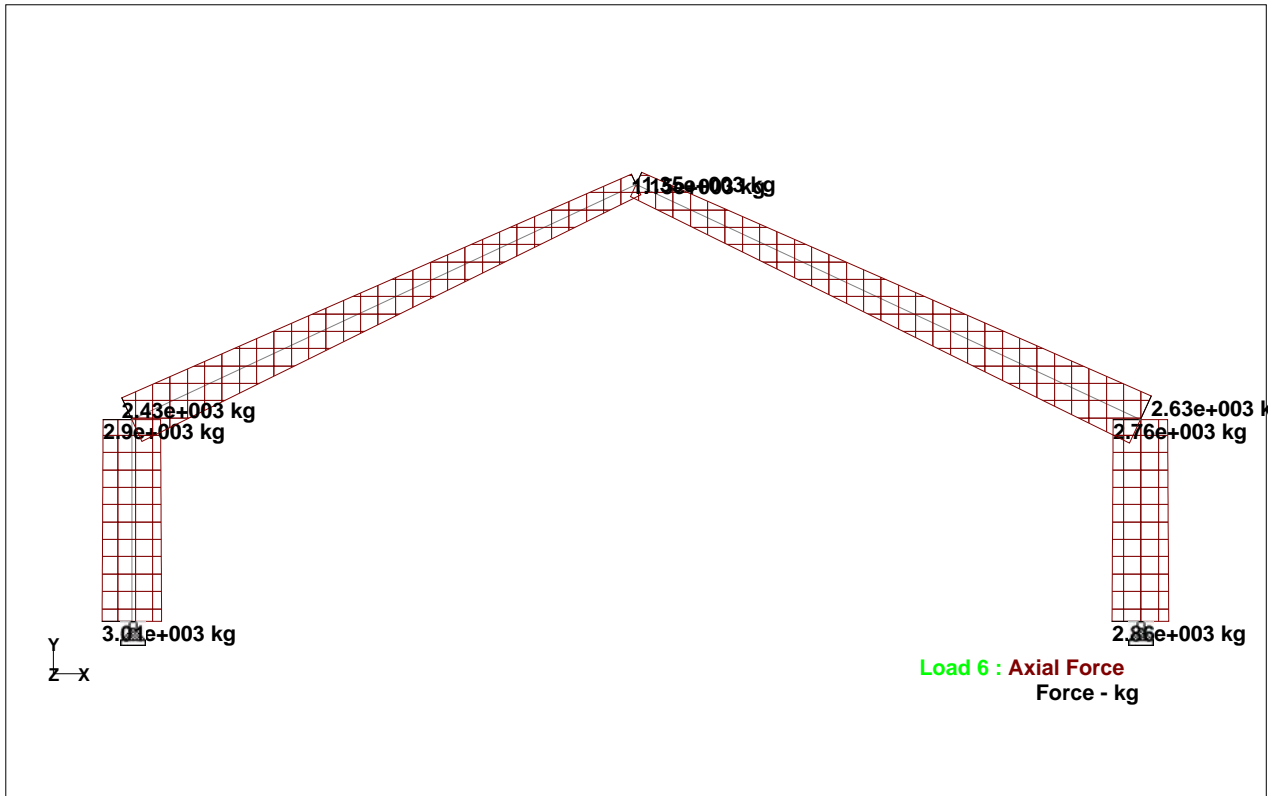
Client

File LRFD

Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Mz 100kNm:1m 5 KOMBINASI 1



Whole Structure Fx 5098.58kg:1m 6 KOMBINASI 2



Software licensed to

Job No

Sheet No

12

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 19-Jul-14

Chd

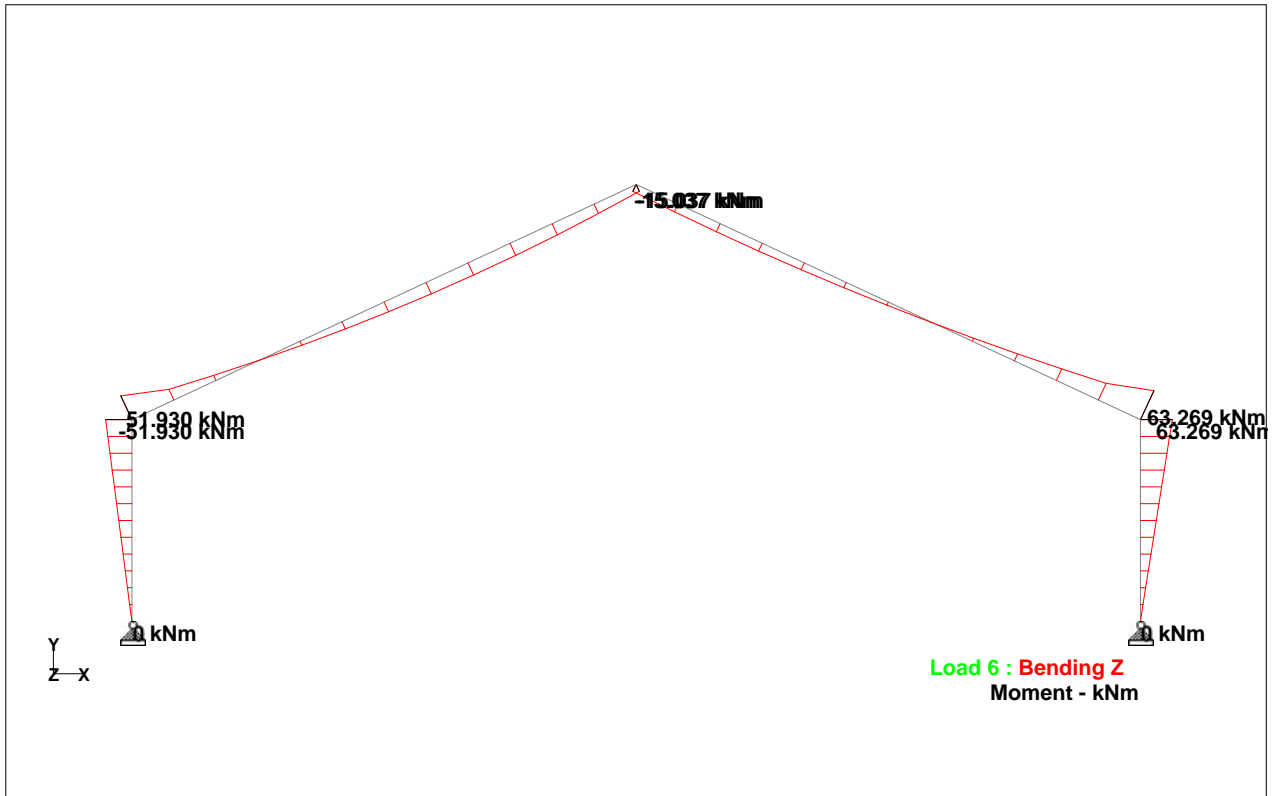
Client

File LRFD

Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 6 KOMBINASI 2



Whole Structure Mz 100kNm:1m 6 KOMBINASI 2



Software licensed to

Job No

Sheet No

13

Rev

Part

Job Title

Ref

By

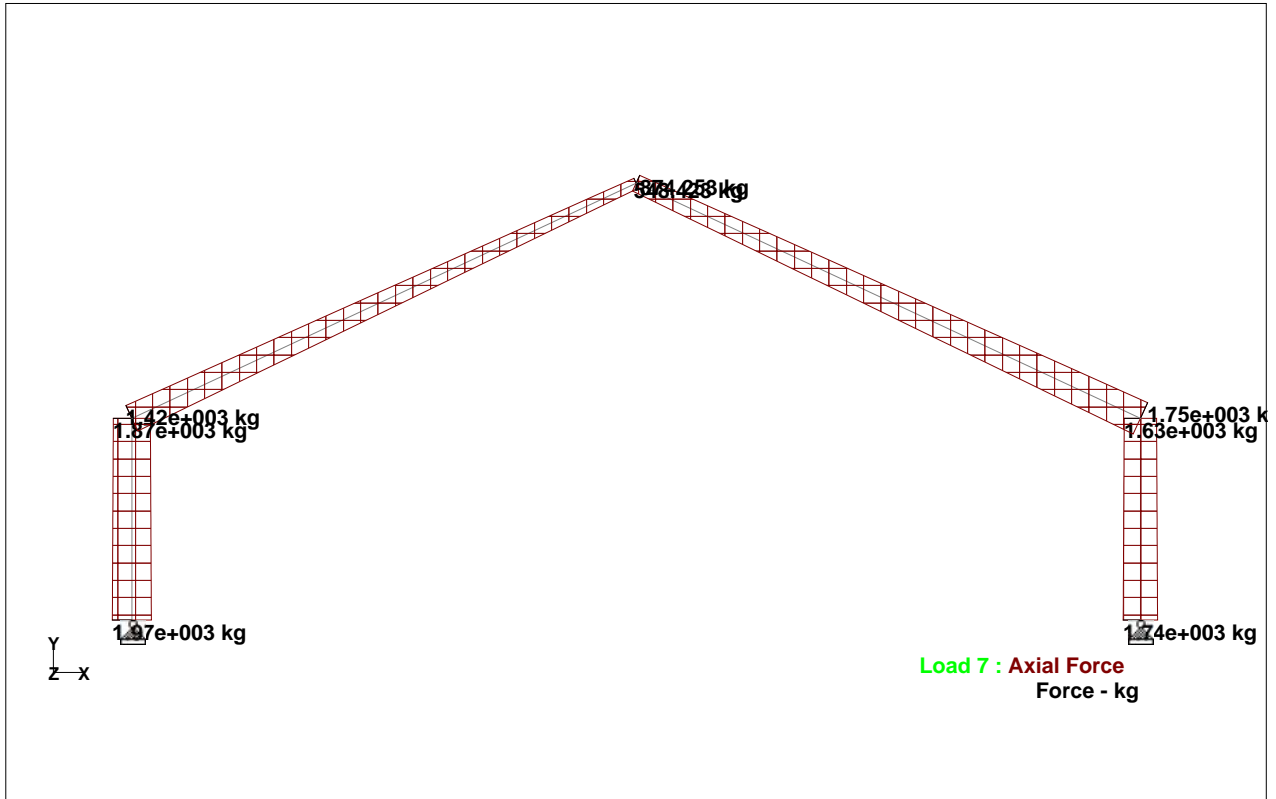
Date 19-Jul-14

Chd

Client

File LRFD

Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Fx 5098.58kg:1m 7 KOMBINASI 3



Whole Structure Fy 10197.2kg:1m 7 KOMBINASI 3



Software licensed to

Job No

Sheet No

14

Rev

Part

Job Title

Ref

By

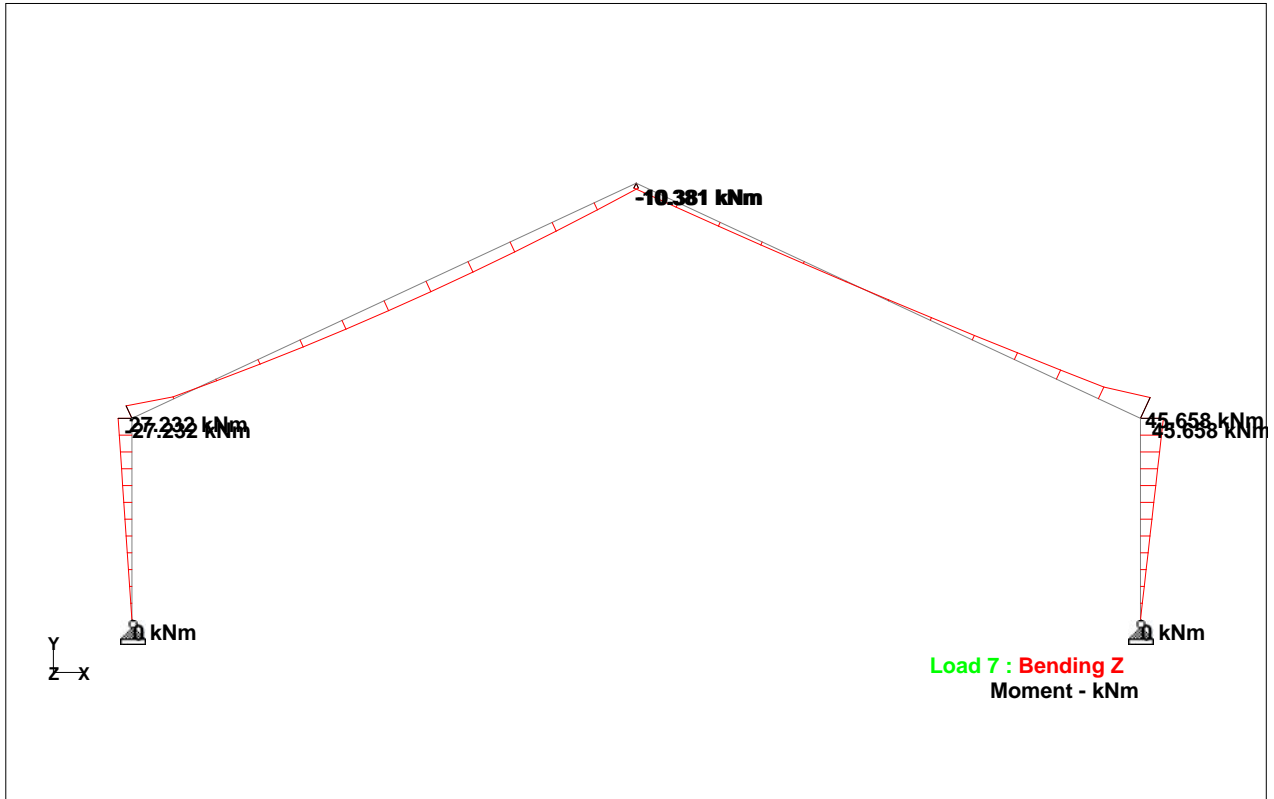
Date 19-Jul-14

Chd

Client

File LRFD

Date/Time 19-Aug-2014 08:25



Whole Structure Mz 100kNm:1m 7 KOMBINASI 3