

# **SKRIPSI**

## **PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL BAJA MENGGUNAKAN BALOK CASTELLA DENGAN PROFIL WF (WIDE FLANGE) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG DIBANGIL PASURUAN MENGGUNAKAN METODE DFBK**



**Disusun Oleh :**

**VIDIAN RIZQI ADI KURNIAWAN**

**11.21.078**

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

**2015**

# LEMBAR PERSETUJUAN

## SKRIPSI

### PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL BAJA MENGGUNAKAN BALOK CASTELLA DENGAN PROFIL WF (WIDE FLANGE) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG DIBANGIL PASURUAN MENGGUNAKAN METODE DFBK

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

**Disusun Oleh :**

**VIDIAN RIZQI ADI KURNIAWAN**

**11. 21. 078**

**Menyetujui :**

**Dosen**

**Pembimbing I**



**Ir. A. Agus Santosa, M.T.**

**NIP. Y. 101 87 00155**

**Dosen**

**Pembimbing II**



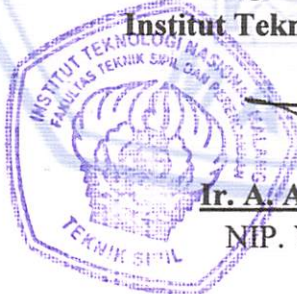
**Ir. Munasih, M.T.**

**NIP. Y. 102.88.00187**

**Mengetahui,**

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

**Institut Teknologi Nasional Malang**



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

**NIP. Y. 101 870 0155**

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

**2015**

# LEMBAR PENGESAHAN

## SKRIPSI

### PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL BAJA MENGGUNAKAN BALOK CASTELLA DENGAN PROFIL WF (WIDE FLANGE) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG DIBANGIL PASURUAN MENGGUNAKAN METODE DFBK

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)  
Pada Hari Kamis, 13 Agustus 2015  
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Sipil*

Disusun Oleh :

**VIDIAN RIZQI ADI KURNIAWAN**

11.21.078

Disahkan Oleh :

**Ketua Program Studi**

**Sekretaris Program Studi**

Ir. A. Agus Santosa, M.T.

NIP. Y. 101 87 00155

Lila Ayu Ratna Winanda, S.T. M.T.

NIP. Y. 103 08 00419

**Anggota Penguji :**

**Dosen Penguji I**

**Dosen Penguji II**

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc.

NIP. Y. 101 83 00054

Ir. Ester Priskasari, M.T.

NIP. Y. 103 39 00265

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

2015

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Vidian Rizqi Adi Kurniawan  
NIM : 11.21.078  
Program Studi : Teknik Sipil S-1  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL BAJA MENGGUNAKAN BALOK CASTELLA DENGAN PROFIL WF (WIDE FLANGE) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG DIBANGIL PASURUAN MENGGUNAKAN METODE DFBK”.**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur hasil karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil duplikasi atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 10 September 2015



**Vidian Rizqi Adi Kurniawan**

NIM : 11. 21. 078



## TEMBAK PERSEMBAHAN

### "Yang Utama Dari Segalanya..."

Sembah syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekalku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemurahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sekehendakMu ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sekehendakMu ini kepada orang yang sangat kukasih dan kusayang.

### My Father and My Mother

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ayah Prayitno dan Ibu Rohani yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada tara mungkin dapat kubalas hanya dengan selimbar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ayah dan Ibu bahagia dan bangga. Untuk Ayah dan Ibu yang selalu membantuku termotivasi dan selalu mendidikku, selalu memarahiku untuk jadi lebih baik karena aku tulang punggung keluarga dan imam untuk keluargaku kelak.

Terima Kasih Ayah.... Terima Kasih Ibu...

### My Brother

Untuk adikku Maulana, tiada yang paling pingin menghawakan saat kumpul bersama, walaupun sering bertengkar tapi hati itu selalu menyala warna yang tak akan bisa terganjikan, terima kasih atas doa dan bantuannya selama ini, hanya karya kecil ini yang dapat aku persembahkan. Maaf belum bisa menjadi panutan seutuhnya, tapi aku akan selalu berusaha tuk menjadi yang terbaik untuk keluarga...

### My Best friend's

Untuk sahabat sekligus partner segala laporan maupun tugas mulai semester awal sampai sekarang dan seterusnya "Rudy Rajar Darmawan, ST" terima kasih atas segala bantuan, doa, nasehat, hiburan, traktiran sekligus mampu menjadi kamus bergula dan jam weker bergula yang senantiasa mewarnai perjalanan menyusu sarjana S-1. Aku tak akan melupakan semua jasa yang telah kamu berikan selama ini. Buat sahabat-sahabat Sipil 2011 terima kasih banyak untuk bantuan dan kerja samanya selama ini dan meskipun berbeda tempat asal dan tujuannya kelak, tetapi tetap sipil, angkakan 2011, 1 aspek "Together Forever" the best lah...

**MILIE  
PERPUSTAKAAN  
ITS MALANG**

ACCIDENTALITY by  
dibaca 28/1/201

*For Someone*

*For someone terima kasih banyak untuk senantiasa disisiku dan memberi semangat sekaligus motivasi untuk jadi yang lebih baik daripada sebelumnya, dan memberi warna hidupku selama ini.  
For someone semoga engkau pilihan yang terbaik buatku dan masa depanku terima kasih....*

*Dosen Pembimbing Tugas Akhirku*

*Ibu Ir. Munasih., MT dan Bapak Ir. A. Agus Santosa., MT selaku dosen pembimbing tugas akhir saya, terima kasih banyak pak..bu..., saya sudah dibantu selama ini, sudah dinasehati, sudah diajari, saya tidak akan lupa atas bantuan dan kesabaran dari bapak dan ibu.  
bapak,ibu adalah dosen terfavorit saya...*

*Serta semua pihak yg sudah membantu selama penyelesaian Tugas Akhir ini...*

*"Pikirkan Apa yang Kamu Lakukan, Lakukan apa yang kamu Pikirkan"*

*Vidian Rizqi Adi Kurniawan, ST*

**“PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL BAJA MENGGUNAKAN BALOK CASTELLA DENGAN PROFIL WF (WIDE FLANGE) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG DIBANGIL PASURUAN MENGGUNAKAN METODE DFBK”.** Oleh :**Vidian Rizqi Adi Kurniawan** (Nim : 11.21.078), Pembimbing I : **Ir. A. Agus Santosa, M.T.** Pembimbing II : **Ir. Munasih, M.T.** Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

---

## **ABSTRAKSI**

Kemajuan struktur modern sudah sangat berkembang pesat terutama pada struktur baja baik dari segi metode perencanaan yang diterapkan, pembuatan pabrikan material serta memodifikasi dari bentuk asli yang bertujuan untuk menciptakan bentuk yang memiliki kekuatan lebih besar dari pada yang asli dan tentunya ekonomis.

Tugas Akhir ini bertujuan untuk merencanakan pembangunan gudang penyimpanan barang di daerah Bangil Pasuruan menggunakan baja profil WF (Wide Flange) pada bagian kolom sedangkan baja Castella pada bagian atap dengan menggunakan metode DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan) dengan bentang 20,00 m, tinggi 12,50 m dan panjang 30,00 m, terdiri dari 1 lantai. Perencanaan struktur disesuaikan dengan peraturan SNI 1727-2013 dan SNI 1729-2015 dengan metode LRFD. Pemodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu StaadPro V8i 2007.

Dari hasil perhitungan didapatkan dimensi untuk atap menggunakan profil baja castella 450.150.6,5.9 yang diperoleh dari profil WF 300.150.6,5.9 dengan sudut pemotongan 45°. Untuk kolom didapatkan dimensi 200.200.8.12. Dan untuk sambungan didapatkan tebal pelat, jumlah baut, dan panjang las yang dibutuhkan dan sesuai dengan beban-beban yang berkerja pada struktur.

*Kata Kunci : Baja Castella, Baja Profil WF, Sambungan Baja,*



## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, Yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul. ***“Perencanaan Struktur Portal Baja Menggunakan Balok Castella Dengan Profil WF (Wide Flange) Pada Proyek Pembangunan Gudang di Bangil Pasuruan Menggunakan Metode DFBK”***.

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah agar memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana di Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis saya menyampaikan rasa hormat dan mengucapkan banyak terima kasih kepada

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA Selaku REKTOR ITN Malang.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang dan selaku dosen pembimbing I
3. Ibu Ir. Munasih, M.T. selaku dosen pembimbing II
4. Bapak Ir. Sudirman Indra, M.Sc. dan bapak Ir. Ester Priskasari, M.T. selaku dosen penguji skripsi ini
5. Kedua orang tua bapak Prayitno dan Ibu Rohani yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil kepada penyusun hingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.
6. Rekan – rekan Civitas Akademika Institut Teknologi Nasional Malang dan semua pihak yang membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Dengan segala kerendahan hati kami menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penulis menerima dan mengharapkan kritik dan saran dari pembaca, akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 10 September 2015

Penulis,

**Vidian Rizqi Adi Kurniawan**

**NIM : 11.21.078**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	
<b>ABSTRAKSI</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	x
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Maksud dan Tujuan</b> .....	3
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
<b>2.1 Teori Dasar</b> .....	5
2.1.1 Pengertian Baja .....	5
2.1.2 Sifat-Sifat Utama Baja .....	5
2.1.3 Sifat-Sifat Material Baja.....	6
<b>2.2 Pembebanan</b> .....	7
2.2.1 Jenis-Jenis Beban .....	8
2.2.2 Kombinasi Pembebanan .....	10
<b>2.3 Metode DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)</b> .....	11
2.3.1 Faktor keamanan .....	11
2.3.2 Faktor Tahanan .....	12

2.3.3 Batas-Batas Lendutan .....	13
<b>2.4 Balok Castella .....</b>	<b>14</b>
2.4.1 Geometri Penampang Balok Castella .....	15
2.4.2 Teknis Pembuatan Balok Castella .....	16
2.4.3 Desain Penampang Balok castella .....	17
<b>2.5 Baja Profil WF .....</b>	<b>24</b>
2.5.1 Komponen Struktur Menahan Tekanan Aksial .....	25
2.5.2 Komponen Struktur Menahan Tekanan Lentur .....	26
<b>2.6 Perencanaan Sambungan .....</b>	<b>27</b>
2.6.1 Prencanaan Sambungan Baut .....	27
2.6.2 Perencanaan Sambungan Las Sudut .....	33
<b>2.7 Pelat Dasar (Base Plate) .....</b>	<b>35</b>

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

<b>3.1 Data Perencanaan .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2 Metode Penelitian .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3 Teknik Pengumpulan Data .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4 Bagan Alir .....</b>	<b>42</b>

### **BAB IV PERHITUNGAN**

<b>4.1 Perencanaan Gording .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2 Pembebanan .....</b>	<b>46</b>
4.2.1 Beban Mati (D) .....	46
4.2.2 Beban Hidup Atap (Lr) .....	48
4.2.3 Beban Angin (W) .....	49
4.2.4 Beban Hujan (R) .....	56
<b>4.4 Perencanaan Balok Castella .....</b>	<b>65</b>
4.4.1 Data Perencanaan .....	66
<b>4.5 Perencanaan Kolom Profil WF .....</b>	<b>81</b>
4.4.1 Data Perencanaan .....	81



4.5.2 Aksi desak yang diakibatkan oleh Gaya Tekan.....	81
4.5.3 Aksi Lentur yang diakibatkan oleh Momen .....	83
<b>4.6 Perhitungan Sambungan .....</b>	<b>85</b>
4.6.1 Sambungan Rafter Balok Balok (Sambungan E) .....	86
a. Sambungan Baut .....	87
b. Sambungan Las Sudut.....	91
c. Pelat Ujung ( <i>End Plate</i> ) .....	93
4.6.2 Sambungan Rafter Balok kolom (Sambungan C dan D) .....	95
a. Sambungan Baut .....	95
b. Sambungan Las Sudut.....	101
c. Pelat Ujung ( <i>End Plate</i> ) .....	103
4.6.3 Sambungan Base Plate (Sambungan A dan B) .....	105
a Perencanaan sambungan Base Plate.....	105
b. Sambungan Las Sudut.....	112
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>114</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>114</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Mekanisme Baja Struktural .....	7
Tabel 2.2 Faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk keadaan kekuatan batas .....	12
Tabel 2.3 Batas Lendutan Maksimum.....	13
Tabel 2.4 Kekuatan Nominal Pengencang dan bagian yang berulir .....	28
Tabel 2.5 Jarak Tepi Minimum .....	31
Tabel 2.6 Tipe Elektroda Las .....	33
Tabel 2.7 Ukuran Minimum Las Sudut.....	34
Tabel 4.1 Pembebanan Gording .....	57
Tabel 4.2 Kombinasi Pembebanan Gording .....	58
Tabel 4.3 Pembagian Beban Kuda-Kuda .....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Profil balok I dipotong zig-zag sepanjang badannya .....	16
Gambar 2.2. Balok Castella segi enam .....	16
Gambar 2.3. Geometrik Penampang Castellated Beam .....	17
Gambar 2.4. Penampang $T$ .....	22
Gambar 2.5. Pengaruh Geser nominal pada penampang.....	22
Gambar 2.6. Spesifikasi profil <i>Wide Flange</i> .....	22
Gambar 2.7. Tata Letak Baut .....	32
Gambar 2.8. Model Sambungan Tepi (Sambungan kolom-balok) .....	32
Gambar 2.9. Model Sambungan Puncak (Sambungan balok-balok) .....	33
Gambar 2.10. Tebal Efektif Las Sudut.....	33
Gambar 2.11. Geometrik Pelat Dasar.....	36
Gambar 2.12 Gaya yang bekerja pada Pelat Dasar (Base Plate).....	36
Gambar 4.1. Jarak Antar Gording .....	44
Gambar 4.2. Denah Atap Kuda-Kuda .....	45
Gambar 4.3. Skema Pembebanan Pada Gording Akibat Beban Mati .....	46
Gambar 4.4. Skema Pembebanan Untuk Beban Mati.....	48
Gambar 4.5. Skema Pembebanan Pada Gording Akibat Beban Hidup Atap... ..	49
Gambar 4.6. Skema Pembebanan Untuk Beban Hidup Atap.....	49
Gambar 4.7. Skema Pembebanan Pada Gording Akibat Beban Angin.....	54
Gambar 4.8. Skema Pembebanan Untuk Beban Angin .....	55
Gambar 4.9. Skema Pembebanan Pada Gording Akibat Beban Hujan.....	56
Gambar 4.10. Skema Pembebanan Untuk Beban Hujan.....	57
Gambar 4.11. Lendutan Maksimum Pada Gording.....	61

Gambar 4.12. Gaya Tarik Trekstang .....	63
Gambar 4.13. Jarak Antar Trekstang pada Gording.....	63
Gambar 4.14. Penamaan Notasi Balok Castella.....	66
Gambar 4.15. Potongan Balok T .....	68
Gambar 4.16. Penamaan Notasi Penampang melintang Castella.....	69
Gambar 4.17. Dimensi Castella.....	76
Gambar 4.18. Gaya Geser Horizontal Pada Sumbu Netral .....	79
Gambar 4.19. Penamaan Sambungan.....	86
Gambar 4.20. Skema Rafter Balok - Balok.....	87
Gambar 4.21. Diagram Tegangan Balok - Balok.....	90
Gambar 4.22. Skema Rafter Balok - Kolom .....	95
Gambar 4.23. Diagram Tegangan Balok - Kolom .....	98
Gambar 4.24. Penamaan Sambungan Base Plate.....	105
Gambar 4.25. Beban yang bekerja pada Base Plate .....	107



## DAFTAR NOTASI

E	: Modulus Elastisitas Baja( 200.000 MPa )
G	: Modulus Geser ( 79.300 MPa )
$\mu$	: Angka Poisson (0,26)
$f_y$	: Tegangan leleh baja
Mn	: Momen lentur nominal (Nmm)
Mu	: Momen lentur akibat beban terfaktor (Nmm)
$\phi_b$	: Faktor reduksi untuk lentur (0,9)
$\phi_c$	: Faktor reduksi untuk tekan (0,75)
$\phi_t$	: Faktor reduksi untuk tarik (0,75)
D	: Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)
Lr	: Beban Hidup Atap
W	: Beban angin
R	: Beban hujan
$Z_x$	: Modulus penampang arah x ( $\text{mm}^3$ )
I	: Momen inersia profil ( $\text{mm}^4$ )
dg	: Tinggi balok (castella) setelah peninggian (mm)
db	: Tinggi balok (balok asli) sebelum peninggian (mm)
Sg	: Modulus plastisitas penampang balok setelah peninggian ( $\text{mm}^3$ )
Sb	: Modulus plastisitas penampang balok sebelum peninggian ( $\text{mm}^3$ )
K1	: Perbandingan tinggi balok setelah peninggian dan sebelum peninggian.
h	: Pertambahan tinggi akibat pemotongan zig – zag (mm)
$d_T$	: Tinggi penampang T perlu (mm)
$t_w$	: Tebal badan balok (mm)

- $t_f$  : Tebal flens penampang (mm)  
 $\bar{\sigma}$  : Tegangan lentur ijin balok *castella* (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_v$  : Tegangan geser ijin balok *castella* (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\theta$  : Sudut pemotongan *castella*  
 $\sigma_{\max}$  : Tegangan geser maksimum balok *castella* (N/mm<sup>2</sup>)  
 $V_u$  : Gaya geser yang terjadi (N)  
 $e$  : Panjang bidang horizontal (mm)  
 $s$  : Jarak antar panel (mm)  
 $I_g$  : Momen inersia balok *castella* (mm<sup>4</sup>)  
 $I_T$  : Momen inersia penampang T *castella* (mm<sup>4</sup>)  
 $t_f$  : Tebal *flens* penampang (mm)  
 $b_f$  : Lebar *flens* penampang (mm)  
 $\lambda_f$  : Rasio kelangsingan *flens* (sayap)  
 $\lambda_{pf}$  : Rasio kelangsingan maksimum pada *flens* untuk elemen kompak  
 $\lambda_w$  : Rasio kelangsingan *web* (badan)  
 $\lambda_{pw}$  : Rasio kelangsingan maksimum pada *web* untuk elemen kompak  
 $A_g$  : Luas bruto komponen struktur komposit, mm<sup>2</sup>  
 $A_{sr}$  : Luas batang tulangan menerus, mm<sup>2</sup>  
 $P_e$  : Beban tekuk kritis elastis (N)  
 $A_c$  : Luas beton (mm<sup>2</sup>)  
 $A_s$  : Luas penampang baja (mm<sup>2</sup>)  
 $E_c$  : Modulus elastisitas beton =  $0,043W_c^{1,5}\sqrt{f'_c}$ , (Mpa)  
 $C_1$  : Koefisien untuk perhitungan kekakuan dari suatu komponen Struktur tekan komposit terbungkus beton.

- Fysr** : Tegangan leleh minimum yang diisyaratkan dari batang tulangan, (Mpa)
- Ic** : Momen inersia penampang beton di sumbu netral elastis dari penampang komposit ( $\text{mm}^4$ )
- Is** : Momen inersia profil baja di sumbu netral elastis dari penampang komposit, ( $\text{mm}^4$ )
- Isr** : Momen inersia batang tulangan di sumbu netral elastis dari penampang komposit ( $\text{mm}^4$ )
- K** : Faktor panjang efektif
- $f'_c$**  : Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa
- Wc** : Berat beton per unit volume ( $1500 < Wc < 2500 \text{ kg/m}^3$ )
- Mnx** : Kuat lentur nominal terhadap sumbu x
- Mny** : Kuat lentur nominal terhadap sumbu y
- Mux** : Kuat lentur perlu terhadap sumbu x
- Muy** : Kuat lentur perlu terhadap sumbu y
- Pn** : Kuat aksial nominal
- Pu** : Kuat aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, (N)
- $\phi$**  : Faktor reduksi (untuk konektor harga itu dengan tipe kejadian, seperti 0,75 untuk retakan tarik. 0,65 untuk geser pada baut berkekuatan tinggi dan 0,75 untuk tumpuan baut pada sisi lubang).
- Rn** : Kuat nominal baut (N)
- Ru** : Beban terfaktor (N)
- S1** : Jarak baut ke tepi (mm)
- S2** : Jarak antar baut (mm)
- $f_n$**  : Tegangan tarik nominal,  $f_{nt}$  , atau tegangan geser,  $f_{nv}$  (MPa)

- $A_b$  : Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir ( $\text{mm}^2$ )  
 $t_p$  : Tebal plat (mm)  
 $d$  : Diameter baut nominal (mm)  
 $f_{nt}$  : Tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser (MPa)  
 $n_1$  : Jumlah kolom baut  
 $n_2$  : Jumlah baris baut  
 $f_u^b$  : Kuat tarik nominal baut  
 $a$  : Tinggi penampang tekan  
 $R_{uw}$  : Beban terfaktor las  
 $R_{nw}$  : Tahanan nominal per satuan panjang las (N/mm)  
 $t_e$  : Tebal efektif las (mm)  
 $a$  : tebal las sudut (mm)  
 $f_{uw}$  : Kuat tarik las  
 $L_w$  : Panjang las yang dibutuhkan  
 $N$  : Panjang *base plate* (mm)  
 $B$  : Lebar *base plate* (mm)  
 $A_1$  : Luas permukaan *base plate* ( $\text{mm}^2$ )  
 $A_2$  : Luas permukaan yang ditumpu *base plate* ( $\text{mm}^2$ )  
 $e$  : Jarak Eksentrisitas Beban (mm)  
 $T_u$  : Gaya tarik pada angkur  
 $q$  : Gaya merata pada plat (N/mm)  
 $t_p$  : Tebal *base plate*  
 $M_{pl}$  : Momen lentur terfaktor pada *base plate* (Nmm)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan struktur modern sudah sangat berkembang pesat terutama pada struktur baja baik dari segi metode perencanaan yang diterapkan, pembuatan pabrikasi material serta memodifikasi dari bentuk asli yang bertujuan untuk menciptakan bentuk yang memiliki kekuatan lebih besar dari pada yang asli dan tentunya ekonomis. Selain itu merencanakan suatu konstruksi bangunan yang terlebih dahulu harus diketahui adalah fungsi dan kegunaan bangunan tersebut. Selain itu sebagai perencana kita harus mempertimbangkan berbagai aspek seperti aspek structural, aspek arsitektural dan aspek finansial.

Dalam perkembangan konstruksi saat ini selalu dituntut persaingan dalam banyak hal, termasuk didalamnya adalah pemilihan jenis material yang digunakan, misalnya baja profil WF (*Wide Flange*) dengan baja Castella. Baja profli WF sendiri mempunyai kekuatan yang tinggi dan sama kuat pada kekuatan tarik maupun tekan. Umumnya dipergunakan pada konstruksi bangunan maupun infrastruktur dari pembangunan kecil seperti pembangunan lapangan futsal, aula, hingga pembangunan industri besar seperti pembangunan pabrik, gudang, gedung dan lain-lain. Sedangkan baja Castella merupakan salah satu contoh modifikasi bentuk baja bertujuan untuk meningkatkan kekuatan yang lebih besar dengan cara peninggian badan profil. Dan seperti yang diketahui bahwa sangat banyak metode yang digunakan dalam dunia konstruksi diantaranya *American Institute of Steel Construction (AISC)*, *Load and Resistence Factor Design (LRFD)* atau yang sekarang sering disebut DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)

Pada perencanaan ini penulis merencanakan konstruksi kuda-kuda menggunakan balok Castella karena balok castella mempunyai elemen pelat badan berlubang, yang dibentuk dengan cara membelah bagian tengah pelat badan, kemudian bagian bawah dari belahan tersebut dibalik dan disatukan kembali antara bagian atas dan bawah dengan cara digeser sedikit kemudian dilas. Dengan adanya lubang-lubang disepanjang balok castella memberi nilai tambah terhadap estetika bangunan dan pengurangan berat sendiri balok sehingga berat keseluruhan kuda-kuda berkurang.

Dari hal-hal diatas maka pada Tugas Akhir ini penulis mencoba merencanakan pembangunan gudang penyimpanan barang didaerah Bangil Pasuruan menggunakan baja profil WF (*Wide Flange*) pada bagian kolom sedangkan baja Castella pada bagian atap dengan menggunakan metode DFBK. Tugas akhir ini dibuat berdasarkan data yang diperoleh dilapangan diantaranya adalah :

1. Fungsi dari bangunan tersebut sebagai Gudang penyimpanan barang di Bangil, Pasuruan
2. Struktur yang dipakai menggunakan struktur rangka baja
3. Struktur portal menggunakan bentang 20 m

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang dapat diambil dari uraian diatas adalah sebagai berikut:

1. Berapakah dimensi struktur atap balok Castella yang dibutuhkan untuk perencanaan gudang penyimpanan barang di Bangil, Pasuruan?

2. Berapakah dimensi kolom Profil WF yang dibutuhkan untuk perencanaan gudang penyimpanan barang di Bangil, Pasuruan?
3. Berapakah hasil perhitungan sambungan kolom profil WF dan struktur atap menggunakan baja castella?
4. Berapakah hasil perhitungan sambungan pelat dasar (*Base Plate*), sambungan Baut, dan sambungan Las?

### **1.3 Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penulisan ini adalah merencanakan struktur portal baja menggunakan baja profil WF pada kolom dan baja Castella pada balok dengan menggunakan metode DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)

Tujuan direncanakannya pembangunan gudang penyimpanan di Bangil, Pasuruan antara lain :

- Mendapatkan dimensi pada struktur atap baja dengan alternatif menggunakan baja Castella.
- Mendapatkan dimensi kolom dengan alternatif menggunakan kolom baja profil WF
- Mendapatkan perhitungan sambungan kolom profil WF dan struktur atap menggunakan baja castella
- Mendapatkan perhitungan sambungan Base Plate, sambungan Baut, dan sambungan Las

### **1.4 Batasan Masalah**

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan diatas, maka batasan masalah yang dipakai dalam penulisan tugas akhir ini meliputi :



1. Perencanaan struktur kuda-kuda menggunakan baja castella dan struktur kolom menggunakan baja WF (*Wide Flange*).
2. Perencanaan sambungan tiap simpul.
3. Perhitungan sambungan Base Plate, sambungan baut, dan sambungan Las.

Peraturan-peraturan yang dipakai sebagai pedoman dalam perencanaan

1. Peraturan SNI 03-1729-2002 “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung”
2. Peraturan SNI 1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan bangunan gedung dan Struktur lain”
3. Peraturan SNI 1729-2015 “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Teori Dasar**

##### **2.1.1 Pengertian**

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

##### **2.1.2 Sifat – Sifat Utama Baja**

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

(Ir.H.Sudirman Indra, M.Sc, Konstruksi Baja I hal 6)

Sifat-sifat utama baja antara lain :

a) Keteguhan (*Solidity*)

Adalah batas dari tegangan dalam dimana perpatahan mulai berlangsung, ini berarti daya lawan baja terhadap terikan tekanan, dan lentur.

b) Elastisitas (*Elastisity*)

Adalah kesanggupan dalam batas-batas pembebanan tertentu, dan apabila sesudahnya pembebanan diiadakan maka kembali kepada bentuk semula.

c) Kekenyalan atau keliatan (*Tenacity*)

Merupakan kemampuan baja untuk menyerap energy mekasnis 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 biasa merubah bentuknya.

d) Kemungkinan ditempa (*Malleability*)

Dalam keadaan merah pijar baja menjadi lembek dan plastis tanpa merugikan sifat-sifat keteguhannya sehingga dapat dirubah bentuknya dengan baik

e) Kemungkinan dilas (*Weldability*)

Sifat dalam panas dapat digabungkan satu sama lain dengan memakai atau tidak memakai bahan tambahan tanpa merugikan sifat-sifat keteguhannya.

f) Kekerasan (*Hardness*)

Adalah kekuatan melawan terhadap masuknya benda lain ke dalamnya.

### 2.1.3 Sifat – Sifat Material Baja

Dalam perencanaan struktur baja ada sifat-sifat mekanis dari material baja untuk perencanaan yaitu:

Modulus Elastisitas,  $E$  = 200.000 MPa

Modulus Geser,  $G$  = 79.300 MPa

Angka poisson = 0,26

Density = 7,85 g/cc

Sedangkan berdasarkan Tegangan leleh ( $f_y$ ) dan tegangan plastis ( $f_u$ ) untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan Tabel sifat mekanisme baja struktural. SNI 03-1729-2002 mengklasifikasikan mutu dari material baja menjadi 5 kelas sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Sifat Mekanisme Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Min $f_u$ (MPa)	Tegangan Leleh Min $f_y$ (MPa)	Regangan Min (%)
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 : SNI 03-1729-200, hal 11)

## 2.2 Pembebanan

Besar dan macam beban yang bekerja pada struktur sangat tergantung dari jenis struktur. Berikut ini akan disajikan jenis-jenis beban. Data beban serta

faktor-faktor dan kombinasi pembebanan sebagai dasar acuan bagi perhitungan struktur.

### **2.2.1 Jenis – Jenis Beban**

Jenis-jenis beban yang biasa dipergunakan dalam perencanaan struktur antara lain sebagai berikut:

#### **a). Beban mati (*Dead Load / DL*)**

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727:2013, hal 15)

#### **b). Beban hidup (*Life Load / LL*)**

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

(SNI 1727:2013, hal 18)

#### **c). Beban Hidup Atap (*Life Roof Load / Lr*)**

Beban pada atap yang diakibatkan (1) pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material dan (2) selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian. (SNI 1727:2013, Pasal)

#### **d). Beban angin (*Wind Load / W*)**

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada suatu konstruksi yang disebabkan oleh tekanan-tekanan dari gerakan angin. Menurut SNI 1727 : 2013

hal 63-64 dalam menentukan tekanan angin tipe SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) adalah dengan melalui beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

Langkah 1: Tentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain,

Langkah 2: Tentukan kecepatan angin dasar,  $V$ , untuk kategori risiko yang sesuai

Langkah 3: Tentukan parameter beban angin:

- Faktor arah angin,  $K_d$ ,
- Kategori eksposur,
- Faktor topografi,  $K_{zt}$ ,
- Faktor efek tiupan angin,  $G$
- Klasifikasi ketertutupan,
- Koefisien tekanan internal, ( $GC_{pi}$ ),

Langkah 4: Tentukan koefisien eksposur tekanan velositas,  $K_z$  atau  $K_h$ ,

Langkah 5: Tentukan tekanan velositas  $q$ , atau  $q_h$

Langkah 6: Tentukan koefisien tekanan eksternal,  $C_p$  atau  $C_N$

Langkah 7: Hitung tekanan angin,  $p$ , pada setiap permukaan bangunan gedung

#### e). **Beban Air Hujan (*Rain Load* / R)**

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

$$\text{Dalam SI: } R = 0,0098 (d_s + d_h)$$

$R$  = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam  $\text{kN/m}^2$ . Apabila istilah atap yang tidak melendut' digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan

jumlah air hujan pada atap.

$d_s$  = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. (mm).

$d_h$  = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam in. (mm).

#### f). Beban Gempa (*Earthquake / E*)

Beban gempa adalah beban yang ditimbulkan oleh tanah akibat dari pergerakan bumi ke arah horizontal namun terkadang pergerakan vertikalnya ada tetapi sangat kecil dibandingkan dengan pergerakan ke arah horizontalnya.

#### 2.2.2 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan perencanaan pembebanan, SNI 1729-2013 hal 12 beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R \text{ atau } S) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0 E + L$
6.  $0,9D + 1,0 W$
7.  $0,9D + 1,0 E$

## Keterangan

D = Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain

Lr = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain

W = beban angin

H = beban Hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air

E = beban gempa

(Sumber : SNI 1727-2013, hal 12)

## 2.3 Metode DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)

### 2.3.1 Faktor Keamanan

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan) dengan persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban.

$$R_u \geq \phi R_n \quad (2.3.1-1)$$

Dimana :

$\phi$  = Faktor Ketahanan

$R_u$  = Tahanan Nominal

$R_n$  = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban LRFD



### 2.3.2 Faktor Tahanan

Tabel 2.2 Faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk keadaan kekuatan batas.

Kuat Rencana Untuk	Faktor Reduksi
Komponen struktur yang memikul lentur: <ul style="list-style-type: none"><li>• balok</li><li>• balok pelat berdinding penuh</li><li>• pelat badan yang memikul geser</li><li>• pelat badan pada tumpuan</li><li>• pengaku</li></ul>	0,90 0,90 0,90 0,90 0,90
Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial: <ul style="list-style-type: none"><li>• kuat penampang</li><li>• kuat komponen struktur</li></ul>	0,85 0,85
Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial: <ul style="list-style-type: none"><li>• terhadap kuat tarik leleh</li><li>• terhadap kuat tarik fraktur</li></ul>	0,90 0,75
Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi: <ul style="list-style-type: none"><li>• kuat lentur atau geser</li><li>• kuat tarik</li><li>• kuat tekan</li></ul>	0,90 0,90 0,85
Komponen struktur komposit: <ul style="list-style-type: none"><li>• kuat tekan</li><li>• kuat tumpu beton</li><li>• kuat lentur dengan distribusi tegangan plastik</li><li>• kuat lentur dengan distribusi tegangan Elastic</li></ul>	0,85 0,60 0,85 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
Sambungan las:	
• las tumpul penetrasi penuh	0,90
• las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0,75
• las pengisi	0,75

(SNI 03-1729-2002, hal 18)

### 2.3.3 Batas-batas lendutan

Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan-layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan, serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut. (SNI 03-1729-2002, hal 15)

**Tabel 2.3** 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 analisis orde pertama saja	$h/500$	$h/200$
Kolom dengan analisis orde kedua	$h/300$	$h/200$

$L$  adalah panjang bentang,  $h$  adalah tinggi tingkat, beban tetap adalah beban mati dan beban

- kontrol kekuatan lentur

$$\frac{1}{240} L > \frac{5.M.L^2}{48.EI} \quad (2.3.2-1)$$

Dimana :

L : Panjang gelagar (m)

M : Momen Maksimal (Nmm)

E : Modulus elastisitas baja (N/mm<sup>2</sup>)

I : Momen inersia profil (mm<sup>4</sup>)

## 2.4 Balok Castella

*Castellated beam* (balok castela) adalah sebutan yang umum dipergunakan untuk jenis *open web expanded beam*. *open web expanded beam and girder* (perluasan balok dan girder dengan badan berlubang) adalah balok yang mempunyai elemen pelat badan, kemudian bagian bawah dari belahan tersebut dibalik dan disatukan kembali antara bagian atas dan bawah dengan cara digeser sedikit kemudian dilas. Aplikasi struktural dari *castellated beam* dapat menghemat material, berat dari profil akan berkurang sehingga membuat berat struktur keseluruhan juga akan berkurang, selain itu bukaan pada *web* dapat digunakan untuk pemasangan perlengkapan *mechanical electrical*.

*Castellated beam* dapat dimodifikasi dengan berbagai bentuk, modifikasi ini bertujuan agar meminimalisir kelemahan yang terjadi pada *castellated beam*. Adapun kelebihan dari *castellated beam* modifikasi ini dibandingkan dengan *castellated beam* pada umumnya adalah penambahan tinggi yang diperoleh

menjadi tidak terbatas karena dapat dibuat seoptimum mungkin dengan memperhatikan kekurangan yang ada dengan panjang profil siku yang digunakan sebagai penyambung dari profil I atau WF yang telah dipotong menjadi dua dari ujung ke ujung, proses pemotongan castellated beam modifikasi lebih sederhana.

#### **2.4.1 Geometri Penampang Balok *Castella***

Geometri penampang castella beam dibagi menjadi tiga parameter, yaitu: (*L. Amayreh dan M. P. Saka, 2005*)

##### **1. Sudut Pemotongan ( $\theta$ )**

Sudut Pemotongan ( $\theta$ ) mempengaruhi jumlah *castellation* (N per unit panjang). Riset membuktikan bahwa dengan adanya penambahan N tidak berpengaruh banyak terhadap kekakuan elastis *Castellated Beam*, akan tetapi perlu meningkatkan daktilitas serta kapasitas rotasi. Sudut pemotongan berkisar antara  $45^{\circ}$ - $70^{\circ}$ .

##### **2. *Ekspansion Ratio* ( $\alpha$ )**

*Ekspansion ratio* ( $\alpha$ ) adalah ratio penambahan tinggi yang dicapai *castellation* secara teoritis tinggi asli balok bertambah 50% dari tinggi semula, namun secara keseluruhan ketinggian pada bagian T (*tee section*) terdapat faktor pembatas.

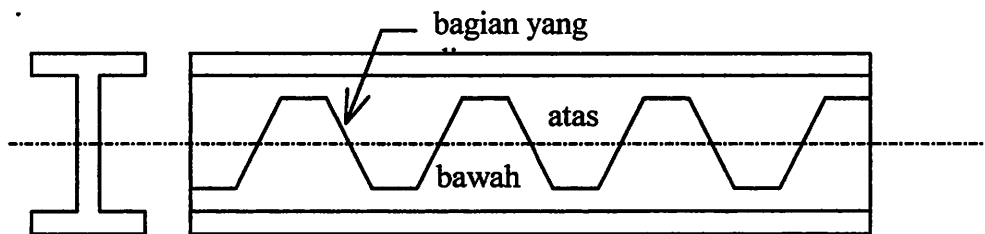
##### **3. *Welding Lenght* ( $e$ )**

Bila panjang bidang disambung (las) terlalu pendek. Maka akan terjadi kegagalan gaya geser horizontal pada badan profil, begitu juga sebaliknya apabila panjang bidang yang disambung (las) terlalu panjang, berdampak pada pertambahan panjang bagian T (*tee section*) dimana akan terjadi

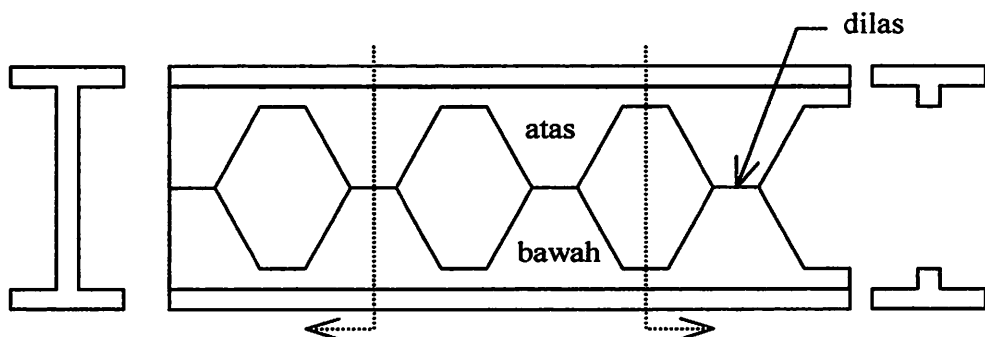
kegagalan lentur Vierendeel. Jadi, panjang yang diijinkan untuk dua tipe kegagalan tersebut.

#### 2.4.2 Teknis Pembuatan Balok Castella

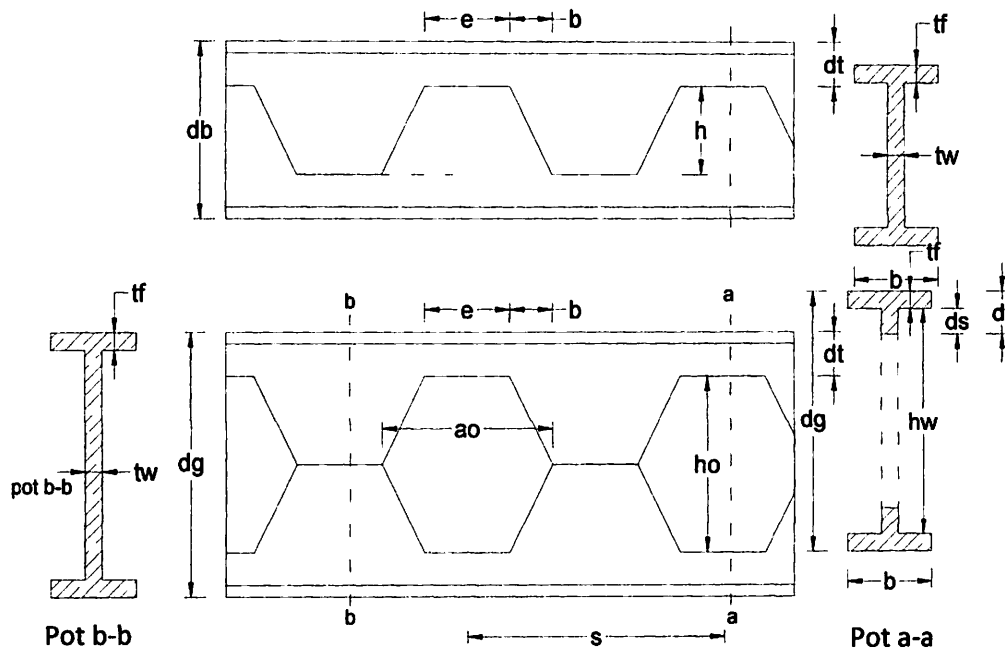
Secara garis besar teknis pemotongan dan bentuk dari pelat badan profil I yaitu dibelah zig-zag horisontal dengan ukuran sama antara bagian ujung bentang dan bagian tengah bentang. Gambar 2.1, menunjukkan profil I yang dibelah zig-zag lurus di tengah pelat badan, kemudian hasil belahan bagian bawah dibalik dan disatukan kembali dengan bagian atas dengan cara dilas seperti yang terlihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.1. Profil balok I dipotong zig-zag sepanjang badannya



Gambar 2.2. Balok Castella segi enam.



**Gambar 2.3.** Geometrik Penampang Castellated Beam

#### 2.4.2 Desain penampang Balok Castellated Beam

Tahapan untuk mendisain balok castella menggunakan rumus-rumus sebagai berikut : berdasarkan *Design of Welded Structure*, mengenai *Open web expanded beams and girders* pasal 4.7-15.

- A. Menentukan modulus plastisitas tampang yang diperlukan balok *Castella* ( $S_g$ ) untuk momen lentur maksimum.

$$S_g = \frac{M}{\sigma \cdot f_y} \quad (2.4.2-1)$$

Keterangan :

$S_g$  = Modulus plastisitas penampang balok ( $\text{cm}^3$ )

$M$  = momen, (kgcm)

$f_y$  = Tegangan leleh profil baja, (kg/cm<sup>2</sup>)

$\phi$  = Faktor reduksi (0,90 : untuk lentur)

B. Menentukan perbandingan tinggi balok castella dengan tinggi balok aslinya.

Diamsumsikan kenaikan tinggi balok mencapai 1,5 kali dari tinggi balok aslinya.

$$K_1 = \frac{d_g}{d_b} \quad (2.4.2-2)$$

$$1,5 = \frac{d_g}{d_b} = \frac{S_g}{S_b} \quad (2.4.2-3)$$

$$S_b = \frac{S_g}{1,5} \quad (2.4.2-4)$$

Dimana :

$K_1$  = Perbandingan tinggi balok setelah peninggian dan sebelum peninggian.

$d_g$  = Tinggi balok (castella) setelah peninggian (cm)

$d_b$  = Tinggi balok (balok asli) sebelum peninggian (cm)

$S_g$  = Modulus plastisitas penampang balok setelah peninggian (cm<sup>3</sup>)

$S_b$  = Modulus plastisitas penampang balok sebelum peninggian (cm<sup>3</sup>)

Menentukan nilai perbandingan tinggi ( $K_1$ ) yang sebenarnya

$$K_1 = \frac{S_g}{S_b} \quad (2.4.2-5)$$

C. Menentukan tinggi pemotongan zig – zag (h) :

$$h = d_b \cdot (K_1 - 1) \quad (2.4.2-6)$$

Dimana :

h : Pertambahan tinggi akibat pemotongan zig – zag (cm)

$K_1$  : Perbandingan tinggi balok setelah peninggian dan sebelum peninggian.

Perkiraan tinggi penampang T yang diperlukan :

$$d_T = \frac{V_u}{2 \cdot t_w \cdot f_y} \quad (2.4.2-7)$$

Dimana :

$d_T$  : Tinggi penampang T perlu (cm)

$V_u$  : Gaya geser terfaktor (kg)

$t_w$  : Tebal badan balok (cm)

$f_y$  : Tegangan leleh profil (kg/cm<sup>2</sup>)

**D. Menentukan tinggi balok castella :**

$$d_g = d_b + h \quad (2.4.2-8)$$

Dimana :

$d_g$  : Tinggi balok (*castella*) setelah peninggian (cm)

**E. Menentukan tinggi dan tangkai penampang T**

$$d_T = \frac{d_g}{2} - h \quad (2.4.2-9)$$

Dimana :

$d_T$  : Tinggi penampang T (cm)

$$d_s = d_T - t_f \quad (2.4.2-10)$$

Dimana :

$d_s$  : Tinggi tangkai penampang T (cm)

$d_T$  : Tinggi penampang T (cm)

$t_f$  : Tebal flens penampang (cm)



F. Menentukan tegangan lentur ijin plat badan balok *castella* :

$$\bar{\sigma} = \left(1 - \frac{10,43}{Cc^2} \cdot \left(\frac{h}{tw}\right)^2\right) \cdot 0,6 \cdot f_y \quad (2.4.2-11)$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{f_y}}$$

Dimana :

$\bar{\sigma}$  : Tegangan lentur ijin balok *castella* (N/mm<sup>2</sup>)

$f_y$  : Tegangan leleh profil (N/mm<sup>2</sup>)

G. Menentukan tegangan geser balok *castella* :

$$\sigma_v = \frac{4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \theta}{180}\right)^2}{3 \cdot \tan \theta} \cdot \sigma \leq 0,4 f_y \quad (2.4.2-12)$$

Dimana :

$\sigma_v$  : Tegangan geser ijin balok *castella* (N/mm<sup>2</sup>)

$\theta$  : Sudut dalam

$\bar{\sigma}$  : Tegangan lentur ijin balok *castella* (N/mm<sup>2</sup>)

H. Menentukan tegangan geser maksimum balok *castella* :

$$\sigma_{\max} = 1,16 \cdot \frac{95\% \cdot V}{t_w \cdot d_g} \quad (2.4.2-13)$$

Dimana :

$\sigma_{\max}$  : Tegangan geser maksimum balok *castella* (N/mm<sup>2</sup>)

$V$  : Gaya geser yang terjadi (N)

- I. Rasio tegangan geser maksimum untuk balok berbadan utuh dan tegangan geser ijin untuk balok berlubang ( $K_2$ ) :

$$\frac{e}{s} = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_v} = K_2 \quad (2.4.2-14)$$

- J. Menentukan panjang bidang horizontal dan jarak antar panel :

$$e \geq \frac{2.h.\tan\phi}{\frac{1}{K_2}-2} \quad (2.4.2-15)$$

$$s = 2.(e + h.\tan\phi) \quad (2.4.5-16)$$

Dimana :

$e$  : Panjang bidang horizontal (mm)

$s$  : Jarak antar panel (mm)

- K. Menentukan ukuran dimensi balok *castella* :

Luas penampang T balok *castella* :

$$A_T \geq A_f + A_s \quad (2.4.2-17)$$

Modulus kelembaman penampang T balok *castella* :

$$W_T = A_f.\left(d_s + \frac{t_f}{2}\right) + A_s.\frac{d_s}{2} \quad (2.4.2-18)$$

Modulus inersia penampang T balok *castella* :

$$I_T = A_f.\left(d_s^2 + d_s.t_f + \frac{t_f^2}{3}\right) + A_s.\frac{d_s^2}{3} \quad (2.4.2-19)$$

Jarak garis berat penampang T pada ujung tangkai balok *castella* :

$$C_s = \frac{W_T}{A_T} \quad (2.4.2-20)$$

Momen inersia tangkai penampang T:

$$I_t = I_T - C_s.W_T \quad (2.4.2-21)$$

Modulus tahanan tangkai penampang T pada ujung tangkai :

$$Z_s = \frac{I_t}{C_s} \quad (2.4.2-22)$$

Jarak antara garis berat penampang T atas dan bawah :

$$d = 2 \cdot (h + C_s) \quad (2.4.2-23)$$

Momen inersia balok *castella*:

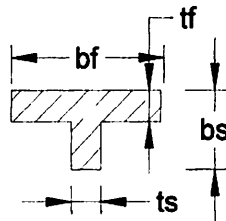
$$I_g = 2 \cdot I_t + \frac{A_T \cdot d^2}{2} \quad (2.4.2-24)$$

Modulus tahanan balok *castella*:

$$Z_g = \frac{2 \cdot I_g}{d_g} \quad (2.4.2-25)$$

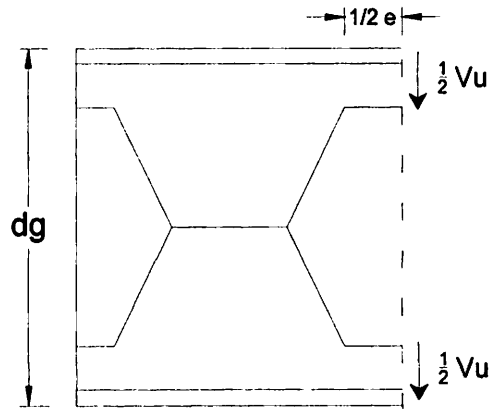
L. Pemeriksaan bagian T yang merupakan bagian yang mengalami gaya tekan aksial :

$$\frac{b_f}{t_f} \leq \frac{3000}{\sqrt{f_y}} \quad \frac{b_s}{t_s} \leq \frac{4000}{\sqrt{f_y}} \quad (2.4.2-26)$$



**Gambar 2.4. Penampang T**

M. Pemeriksaan kuat geser nominal pada penampang T:



Gambar 2.5. Pengaruh geser nominal pada penampang

$$V_{nT} = \frac{4 \cdot Z_g \cdot f_y}{e} \quad (2.4.2-27)$$

$$V_n = 2 \cdot V_{nT} \quad (2.4.2-28)$$

$$V_u \leq \phi \cdot V_n \quad (2.4.2-29)$$

Dimana :

$V_{nT}$  : Gaya geser nominal penampang T

$V_n$  : Gaya geser nominal penampang

$V_u$  : Gaya geser *ultimate*

N. Menentukan profil, kontrol kriteria dan kapasitas penampang :

$$\lambda_f = \frac{b_f}{t_f} < \lambda_{pf} = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (2.4.2-30)$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (2.4.2-31)$$

Dimana :

$t_f$  : Tebal *flens* penampang (mm)

$b_f$  : Lebar *flens* penampang (mm)

$t_w$  : Tebal *web* (badan) penampang (mm)

$h$  : Tinggi bersih *web* (badan) penampang (mm)

$\lambda_f$  : Rasio kelangsingan *flens* (sayap)

$\lambda_{pf}$  : Rasio kelangsingan maksimum pada *flens* untuk elemen kompak

$\lambda_w$  : Rasio kelangsingan *web* (badan)

$\lambda_{pf}$  : Rasio kelangsingan maksimum pada *web* untuk elemen kompak

**O. Kontrol tegangan total :**

$$\bar{\sigma} + \sigma b \leq \sigma T \quad (2.4.2-32)$$

Batas – batas kelangsingan adalah :

$$\sigma b = \frac{F}{AT} = \frac{M}{d \cdot AT} \quad (2.4.2-33)$$

$$\sigma T = \frac{V \cdot e}{4 \cdot Z_s} \quad (2.4.2-34)$$

Dimana :

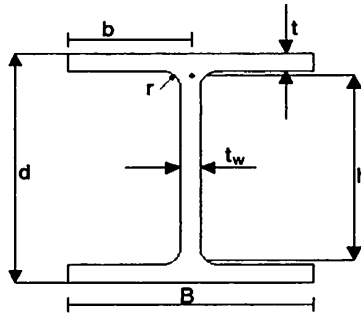
$\sigma T$  : Tegangan lentur sekunder (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma b$  : Tegangan tarik dan desak (N/mm<sup>2</sup>)

$\bar{\sigma}$  : Tegangan lentur ijin balok *castella* (N/mm<sup>2</sup>)

## 2.5 Baja profil WF (Wide Flange)

Baja Berat WF (Wide Flange) mempunyai kekuatan yang tinggi dan sama kuat pada kekuatan tarik maupun tekan. WF (Wide Flange) juga merupakan balok besi dengan ruas utama yang lebih lebar



Gambar 2.6. Spesifikasi profil *Wide Flange*

### 2.5.1 Komponen struktur menahan tekanan Aksial

(SNI 1729:2015, tabel B4.1a)

$$\text{Sayap} \quad \lambda = b/t \leq 0,64 \sqrt{\frac{Kc \cdot E}{Fy}} \quad (2.5.1-1)$$

$$\text{Badan} \quad \lambda = h/tw \leq 1,40 \sqrt{\frac{E}{Fy}} \quad (2.5.1-2)$$

$$0,35 < Kc = \frac{4}{\sqrt{h/tw}} < 0,76 \quad (2.5.1-3)$$

Kekuatan tekan desain ditentukan dari (SNI 1729:2015, hal 35)

$$Pc = \phi_c \cdot Pn \quad (2.5.1-4)$$

Dimana :

$Pc$  = Kekuatan tekan desain

$\phi_c$  = koefisien tekan = 0,90

$Pn$  = Kekuatan tekan nominal (  $Fcr \cdot Ag$  )

$F_{cr}$  = tegangan kritis

$A_g$  = luas penampang

## 2.5.2 Komponen struktur menahan tekanan Lentur

(SNI 1729:2015, tabel B4.1b)

Kompak ( $\lambda < \lambda_p$ )

$$\text{Sayap} \quad \lambda = b/t \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.5.2-1)$$

$$\text{Badan} \quad \lambda = h/t_w \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.5.2-2)$$

Non Kompak ( $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ )

$$\text{Sayap} \quad \lambda = b/t \leq \lambda_r = 1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.5.2-3)$$

$$\text{Badan} \quad \lambda = h/t_w \leq \lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.5.2-4)$$

Kekuatan tekan desain ditentukan dari (SNI 1729:2015, hal 47)

$$M_b = \phi_b \cdot M_n \quad (2.5.2-5)$$

Dimana :

$M_b$  = Kekuatan tekan desain

$\phi_b$  = koefisien tekan = 0,90

$M_n$  = Kekuatan tekan nominal ( $M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$ )

Kontrol desain komponen struktur untuk kombinasi lentur dan tekan

(SNI 1729:2015, hal 79)

Bila  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$  menggunakan persamaan

$$\frac{Pr}{Pc} + \frac{8}{9} \left( \frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right) \leq 1,0 \quad (2.5.2-6)$$

Bila  $\frac{Pr}{Pc} \leq 0,2$  menggunakan persamaan

$$\frac{Pr}{2Pc} + \left( \frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right) \leq 1,0 \quad (2.5.2-7)$$

Dimana

$Pr$  = kekuatan aksial perlu, N

$Mr$  = kekuatan lentur perlu, Nmm

$x$  = sumbu kuat lentur

$y$  = sumbu lemah lentur

## 2.6 Perencanaan Sambungan

Sambungan dalam suatu struktur merupakan bagian yang tidak mungkin diabaikan begitu saja, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan struktur secara keseluruhan. Dalam merencanakan sambungan tidak boleh kurang dari beban terfaktor yang dihitung dan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Harus kuat, aman tetapi cukup ekonomis.
2. Mudah dalam pelaksanaan pemasangan dilapangan.
3. Deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan



## 2.6.1 Perencanaan sambungan Baut

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang disamping las adalah baut bermutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keling sebagai alat pengencang karena beberapa kelebihan yang dimilikinya seperti kemampuan menerima gaya yang lebih besar dan secara keseluruhan dan menghemat biaya konstruksi

Kuat nominal baut terhadap tarik dan geser :

$$\phi \cdot R_n = f_n \cdot A_b \quad (2.6.1-1)$$

Dimana :

$R_n$  : Kuat tarik nominal

$\phi$  : Faktor reduksi tarik (0,75)

$f_n$  : Tegangan tarik nominal,  $f_{nt}$  , atau tegangan geser,  $f_{nv}$  (MPa)

$A_b$  : Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir ( $\text{mm}^2$ )

(SNI 1729-2015, hal 129)

**Tabel 2.4** Kekuatan nominal pengencang dan bagian yang berulir

Deskripsi pengencang	Kekuatan tarik nominal, $f_{nt}$ (MPa)	Kekuatan geser nominal dalam sambungan tipe tumpu, $f_{nv}$ (MPa)
Baut A307	310	188
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	620	372
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	620	457
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	780	457

Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	780	579
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	$0,75 f_u$	$0,45 f_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	$0,75 f_u$	$0,563 f_u$

Kuat nominal tumpu pada lubang – lubang baut :

$$\emptyset . R_n = 1,2 . l_c . t_p . f_u \leq 2,4 . d . t_p . f_u \quad (2.6.1-2)$$

Dimana :

$R_n$  : Kuat tumpu nominal

$\emptyset$  : Faktor reduksi tumpu (0,75)

$f_u$  : Kuat tarik putus terendah dari baut atau plat (MPa)

$t_p$  : Tebal plat (mm)

$d$  : Diameter baut nominal (mm)

$l_c$  : Jarak bersih, dalam arah gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari baut atau plat (mm)

Menentukan Jumlah Baut :

$$n = \frac{Ru}{\emptyset . R_n} \quad (2.6.1-3)$$

Dimana :

$n$  : Jumlah baut

$R_n$  : Tahanan nominal baut

$Ru$  : Beban terfaktor

Kombinasi terhadap tarik dan geser :

$$\emptyset . Rn = f'nt . Ab \quad (2.6.1-4)$$

Sumber : SNI 1729:2015

$$f'nt = 1,3 . fnt - \frac{fnt}{\emptyset . fnv} frv \leq fnt \quad (2.6.1-5)$$

Dimana :

$Ab$  : Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir ( $\text{mm}^2$ )

$f'nt$  : Tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser (MPa)

$\emptyset$  : Faktor reduksi (0,75)

$fnt$  : Tegangan tarik nominal (MPa)

$fnv$  : Tegangan geser (MPa)

$frv$  : Tegangan geser yang diperlukan (MPa)

Kontrol terhadap momen :

$$\emptyset . Mn = \frac{0,9 . fy . a^2 . b}{2} + \sum_{i=1}^n T . di \quad (2.6.1-6)$$

$$a = \frac{0,75 . fu^b . nb . n . Ab}{fy . b} \quad (2.6.1-7)$$

$$\sum_{i=1}^n T . di = 0,75 . fnt . n_1 . Ab . di \quad (2.6.1-8)$$

Dimana :

$n_1$  : Jumlah kolom baut

$n_2$  : Jumlah baris baut

$Ab$  : Luas penampang baut

- b : Lebar balok
- a : Tinggi penampang tekan
- $f_u$  : Kuat tarik nominal baut
- $f_y$  : Tegangan leleh

#### Tata Letak Baut

**Tabel 2.5** Jarak Tepi Minimum

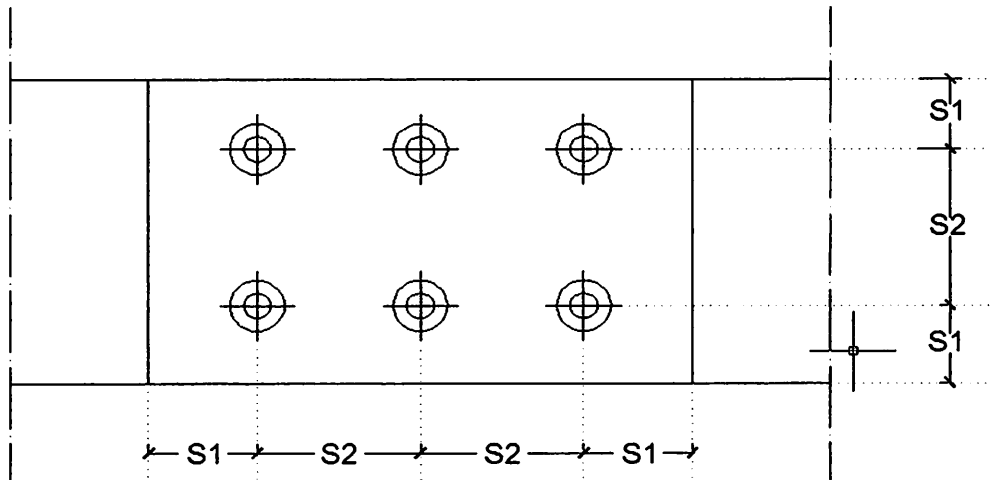
Diameter baut (mm)	Jarak tepi minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Diatas 36	1,25 d

(SNI 1729:2015 hal 128)

Untuk jarak spasi minimum antara pusat-pusat lubang slot tidak boleh kurang dari  $2 \frac{2}{3}$  kali diameter nominal ( $d$ ) dari pengencang, pada umumnya jarak yang lebih disukai adalah  $3d$ .

Untuk jarak tepi maksimum dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain harus 12 kali ketebalan pelat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150 mm. Sedangkan untuk jarak maksimum antar baut 14 kali ketebalan pelat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 180 mm. untuk komponen struktur tidak dicat dari baja. Dan untuk jarak maksimum antar baut

tidak boleh melebihi 24 kali ketebalan pelat lapis luar tertipis dalam sambungan atau 305 mm. untuk komponen struktur dicat.

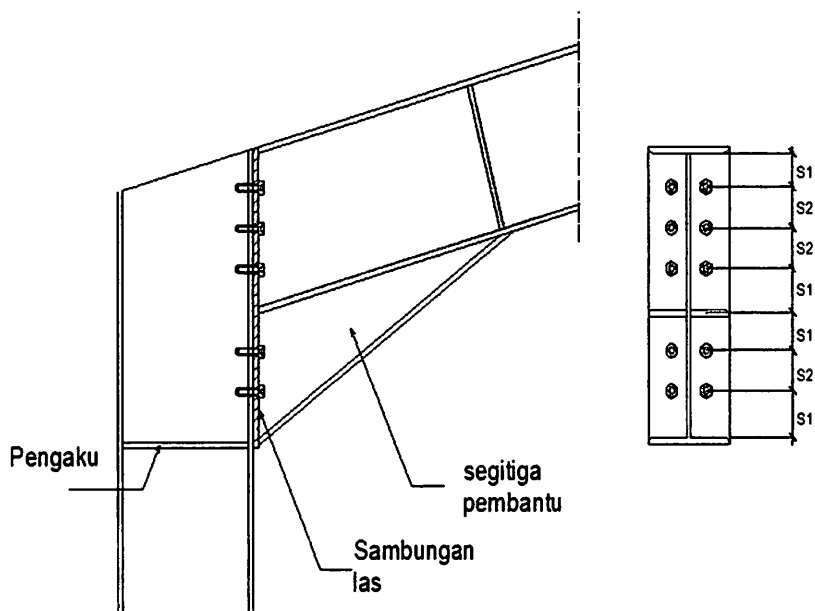


**Gambar 2.7** Tata Letak Baut

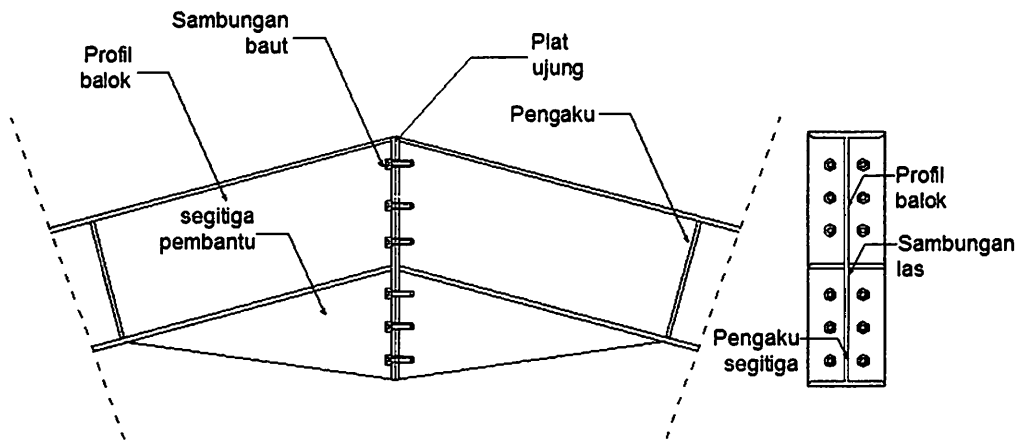
Keterangan :

S1 : Jarak tepi baut

S2 : jarak antar baut

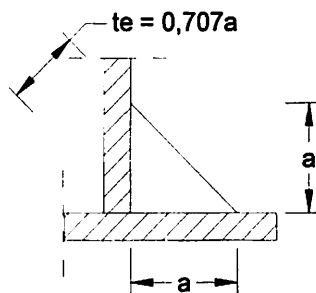


**Gambar 2.8** Model Sambungan Tepi (sambungan kolom-balok)



**Gambar 2.9** Model Sambungan Puncak (sambungan balok-balok)

### 2.6.2 Perencanaan Sambungan Las Sudut



**Gambar 2.10** Tebal efektif las sudut

**Tabel 2.6** Tipe Elektroda las

Elektroda	Tegangan leleh minimum		Kuat tarik minimum	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
E 60	50	354	67	460
E 70	57	495	70	485
E 80	67	460	72	495
E 100	87	600	100	690
E 110	97	670	110	760

Sumber: (Padosbajayo, 1994)

**Tabel 2.7** Ukuran minimum las sudut

Tebal plat (t) mm	Ukuran min. Las sudut (mm)
$t \leq 6$	3
$6 \leq t \leq 13$	5
$13 \leq t \leq 19$	6
$t > 19$	8

(SNI 1729:2015, hal 116)

Ukuran maksimum dari las sudut dari bagian – bagian yang tersambung harus :

- Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm, tidak lebih besar dari ketebalan material.
- Sepanjang tepi material dengan ketebalan 6 mm atau lebih, tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 2 mm, kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk memperoleh ketebalan throat penuh. Untuk kondisi las yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 2 mm bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

Kontrol sambungan las

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (2.6.2-1)$$

Dimana :

$R_u$  : Beban terfaktor las

$R_{nw}$  : Tahanan nominal per satuan panjang las

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

Kekuatan desain logam las

$$\phi R_n = F_{nw} . A_{we} \quad (2.6.2-2)$$

Dimana :

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

$F_{nw}$  : tegangan nominal dari logam las (MPa)

$A_{we}$  : Luas efektif las (mm<sup>2</sup>)

Panjang Las maksimum :

$$L_w = \frac{V_u}{\phi R_n} \quad (2.6.2-3)$$

Dimana :

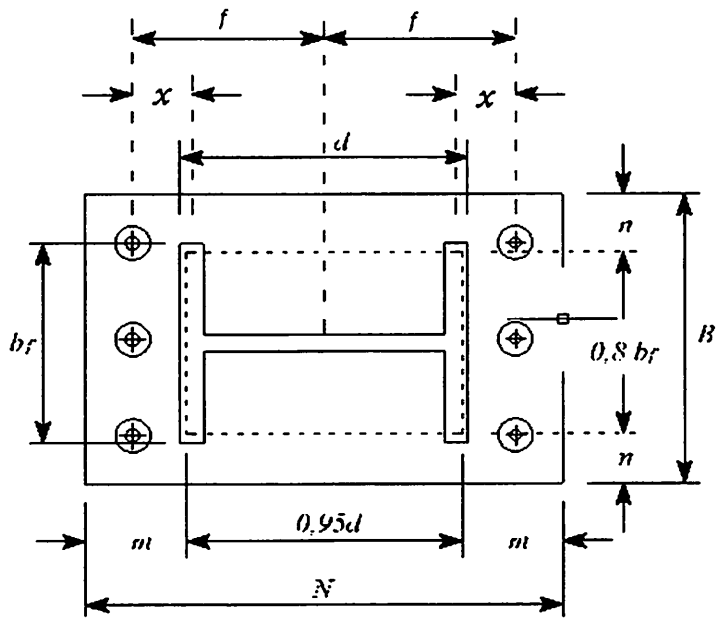
$L_w$  : Panjang maksimum las

$V_u$  : gaya geser *ultimate*

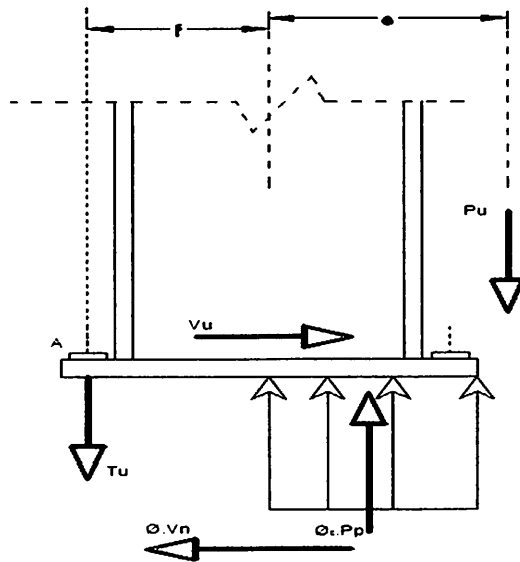
## 2.7. Pelat dasar (*Base Plate*)

Dalam perencanaan suatu struktur baja, bagian penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan Plat landasan (*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. Suatu base plate menahan momen sesuai konsep LRFD harus didesain agar kuat rencana minimal sama atau lebih besar dari pada kuat perlu.





**Gambar 2.11** Geometrik Pelat Dasar (*Base Plate*)



**Gambar 2.12** Gaya yang bekerja pada Pelat Dasar (*Base Plate*)

a. Dimensi Base Plate

$$\Delta = \frac{0,95 \cdot d - 0,80 \cdot bf}{2} \quad (2.7-1)$$

$$N = \sqrt{A} + \Delta \quad (2.7-2)$$

$$B = \frac{A}{N} \quad (2.7-3)$$

Dimana :

$\Delta$  : Jarak antara ujung terluar baja dengan tepi base plate

$N$  : Tinggi base plate

$B$  : Lebar base plate

$d$  : Tinggi profil baja

$bf$  : Lebar profil baja

$A$  : Luas penampang base plate

#### b. Tebal Base Plate

$$m = \frac{(N - 0,95.d)}{2} \quad (2.7-4)$$

$$n = \frac{(B - 0,8.bf)}{2} \quad (2.7-5)$$

Maka :

$$tp = (m \text{ atau } n) \sqrt{\frac{2.Pu}{0,9.fy . B . N}} \quad (2.7-6)$$

Dimana :

$tp$  : Tebal base plate

$B$  : Lebar base plate

$N$  : Tinggi base plate

$fy$  : Tegangan leleh baja

$bf$  : Lebar profil baja

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

Angkur yang dipasang pada suatu base plate dirrencanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik dengan syarat sebagai berikut :

$$V_{ub} \leq \phi F_v \cdot A_b \quad (2.7-7)$$

$$T_{ub} \leq \phi F_t \cdot A_b \quad (2.7-8)$$

Untuk angkur tipe A307

$$F_t = 407 - 1,9 f_t < 310 \quad (2.7-9)$$

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

Untuk angkur tipe A325

$$F_t = 807 - 1,5 f_v < 621 \quad (2.7-10)$$

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

Keterangan

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

$T_{ub}$  : gaya Tarik terfaktor pada angkur (N)

$\phi$  : factor tahanan pada angkur (0,75)

$F_v$  : kuat geser nominal angkur (MPa)

$A_b$  : Luas penampang angkur ( $\text{mm}^2$ )

$F_t$  : kuat Tarik nominal angkur (MPa)

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

n : jumlah angkur

Perhitungan tebal plat dasar :

$$t_{pertu} \geq 1,49 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot N \cdot f_y}} \quad (2.7-11)$$

(Perencanaan struktur baja metode LRFD edisi II, Agus Setiawan, butir 13.18-13.21 )

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Data Perencanaan

- Nama Proyek : Pembangunan Gudang Penyimpanan Barang
- Lokasi : Bangil – Pasuruan
- Fungsi Bangunan : Gudang Penyimpanan Barang
- Panjang Bangunan : 30 m
- Lebar Bangunan (L) : 20 m
- Tinggi Kolom : 7 m
- Profil Gording : Kanal C
- Jenis Baja : BJ 37 ( $f_u = 370$  MPa)  
( $f_y = 240$  MPa)
- Jarak Antar Portal : 5 m
- Tipe baut : A307
- Kemiringan Atap : 25°
- Struktur Kolom : Baja Profil WF (*Wide Flange*)
- Struktur Balok : Baja Castella
- Jenis Atap : Zincalume AZ 150 CD 760

### **3.2 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pendekatan studi kasus. Sedangkan data perhitungannya menggunakan metode LRFD (Load Resistance Factor Design)

### **3.3 Teknik Pengumpulan Data**

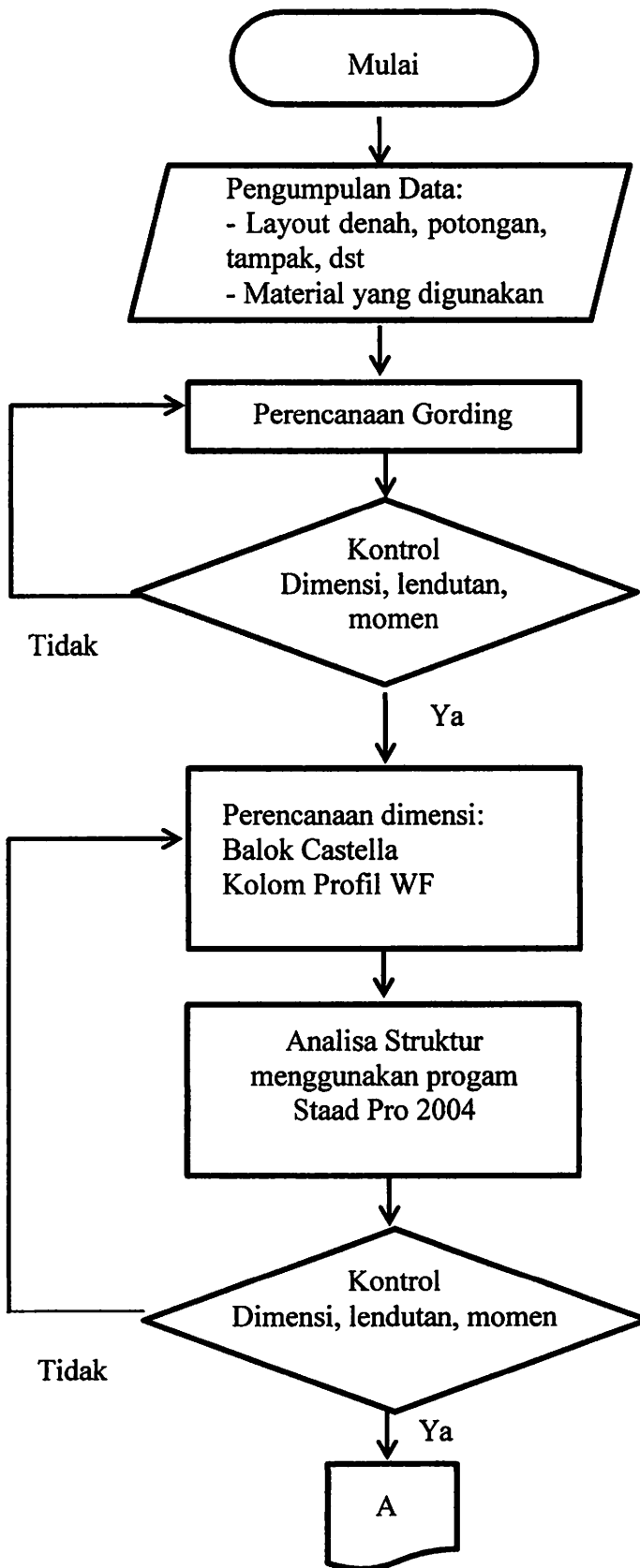
#### **1. Studi Lapangan**

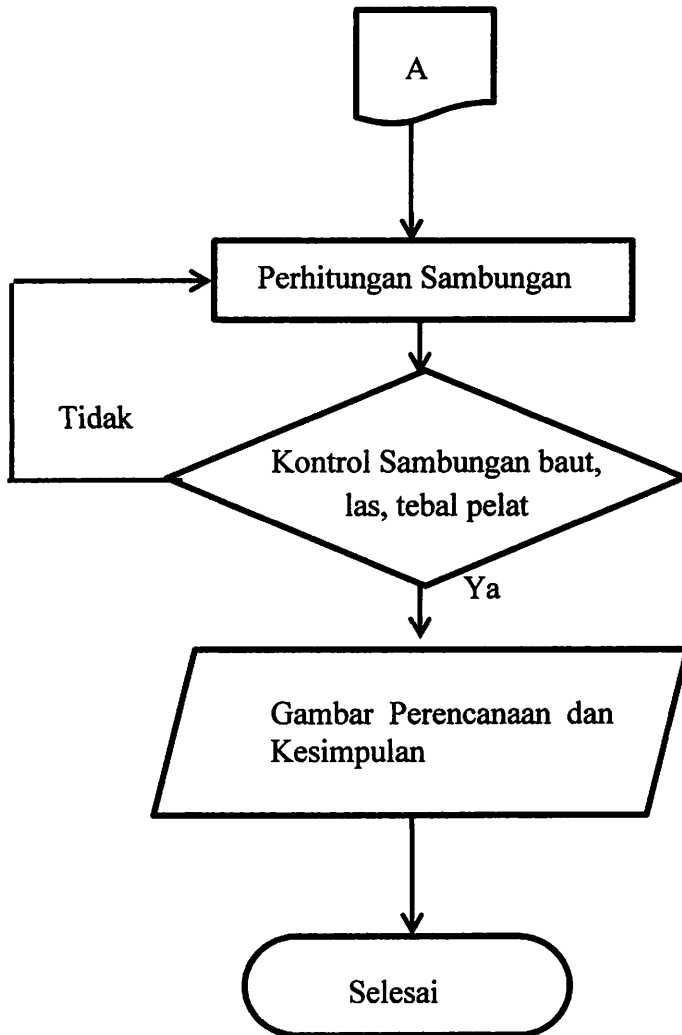
Metode ini dilakukan dengan cara mengambil data langsung di CV. Archi Max

#### **2. Studi Pustaka**

Metode studi pustaka dilakukan dengan pengambilan sumber-sumber laporan dari berbagai buku, yang ada dipustakaaan kampus yang sekiranya untuk menunjang penulisan skripsi tersebut.

### 3.4 Bagan Alir







## BAB IV PERHITUNGAN

### 4.1 Perencanaan Gording

Diketahui :

$$\text{Bentang Kuda-kuda (L)} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar portal} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan atap} = 25^\circ$$

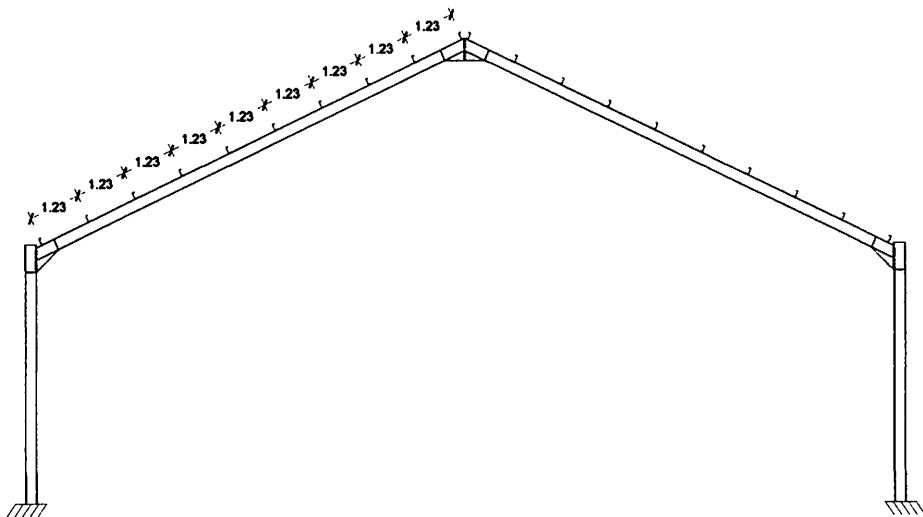
Panjang balok miring

$$= \frac{\frac{1}{2} L}{\cos \alpha} = \frac{\frac{1}{2} 20}{\cos 25} = 11,034 \text{ m}$$

Jarak antar gording

$$= \frac{\text{Panjang balok miring}}{\text{Jumlah medan gording rencana}}$$
$$= \frac{11,034}{9} = 1,226 \text{ m}$$

Dipakai jarak antar gording = 1,23 m



**Gambar 4.1** Jarak antar gording

**Dicoba profil : C 150 . 50 . 20 . 3**

(Agus Setiawan 2013 edisi kedua, tabel baja Lampiran 3)

Berat gording = 6,37 kg/m

a = 150 mm

b = 50 mm

c = 20 mm

t = 3 mm

$I_x = 2650000 \text{ mm}^4$

$I_y = 270000 \text{ mm}^4$

$S_x = 35400 \text{ mm}^3$

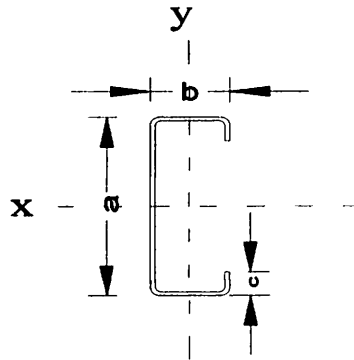
$S_y = 7800 \text{ mm}^3$

$Z_x = 39380 \text{ mm}^3$

$Z_y = 7070 \text{ mm}^3$

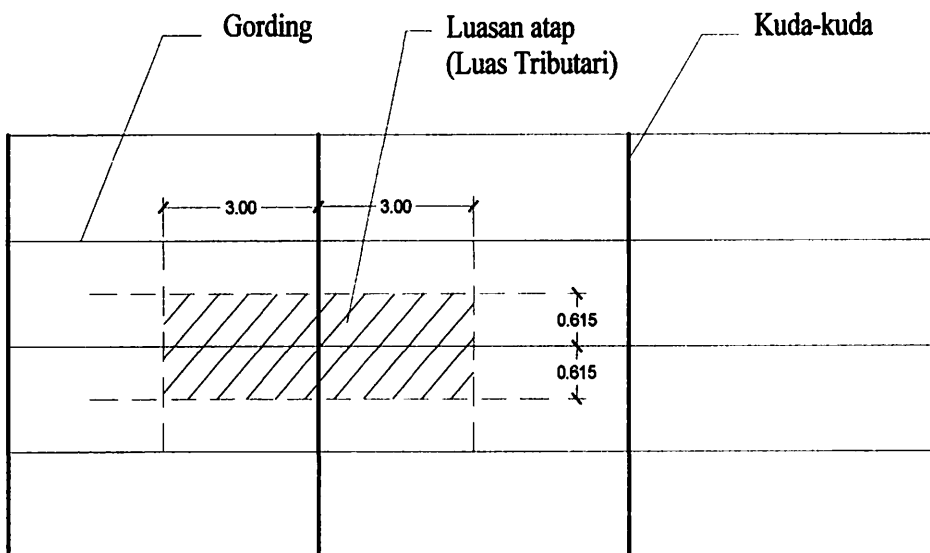
$r_x = 57,2 \text{ mm}$

$r_y = 18,2 \text{ mm}$



Mutu Baja ringan :  $f_y = 240 \text{ MPa}$

$f_u = 370 \text{ MPa}$



**Gambar 4.2. Denah Atap Kuda-Kuda**

## 4.2 Pembebanan Gording

Diketahui :

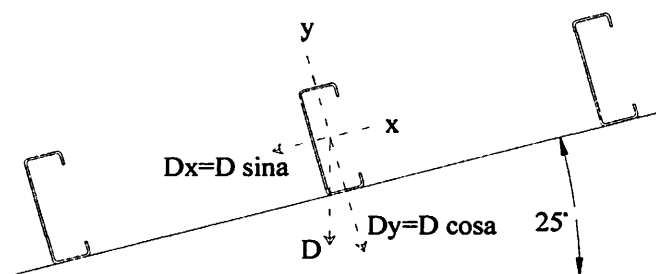
Jenis Atap	=	Zincalume AZ 150 cd 760
Berat atap	=	2,65 kg/m <sup>2</sup> ~ 3,0 kg/m <sup>2</sup>
Jarak antar gording	=	1,23 m
Jarak antar portal	=	6,00 m
Luas Tributari (At)	=	7,356 m

### 4.2.1 Beban Mati (D)

#### Bedan Mati Gording

Berat atap	=	Berat atap x Jarak gording
	=	3,0 x 1,23 = 3,678 kg/m
Berat Gording	=	6,37 kg/m
Berat sambungan (10%)		
	=	0,1 x 10,048 = <u>1,005 kg/m</u> +
Total D	=	11,05 kg/m

$$\begin{aligned} D_y &= D \times \cos \alpha & D_x &= D \times \sin \alpha \\ &= 11,05 \times \cos 25 & &= 11,05 \times \sin 25 \\ &= 10,017 \text{ kg} & &= 4,671 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 4.3** skema Pembebanan Pada Gording Akibat Beban Mati

## Bedan Mati Kuda-kuda

### a) Beban gording tepi

$$\begin{aligned}\text{Berat atap} &= \text{Berat atap} \times \text{Jarak gording} \times \text{Jarak antar portal} \\ &= 3,0 \times \left[ \frac{1}{2} \quad 1,23 \right] \times 6,0 = 11,034 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Gording} = 6,37 \times 6,0 = 38,220 \text{ kg}$$

Berat sambungan (10%)

$$= 0,1 \times 49,254 = \underline{4,925 \text{ kg}} +$$

$$\text{Total D1} = 54,179 \text{ kg}$$

### b) Beban Gording Tengah

$$\begin{aligned}\text{Berat atap} &= \text{Berat atap} \times \text{Jarak gording} \times \text{Jarak antar portal} \\ &= 3,0 \times 1,23 \times 6,0 = 22,068 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Gording} = 6,37 \times 6,0 = 38,220 \text{ kg}$$

Berat sambungan (10%)

$$= 0,1 \times 60,288 = \underline{6,029 \text{ kg}} +$$

$$\text{Total D2} = 66,316 \text{ kg}$$

### c) Beban gording puncak

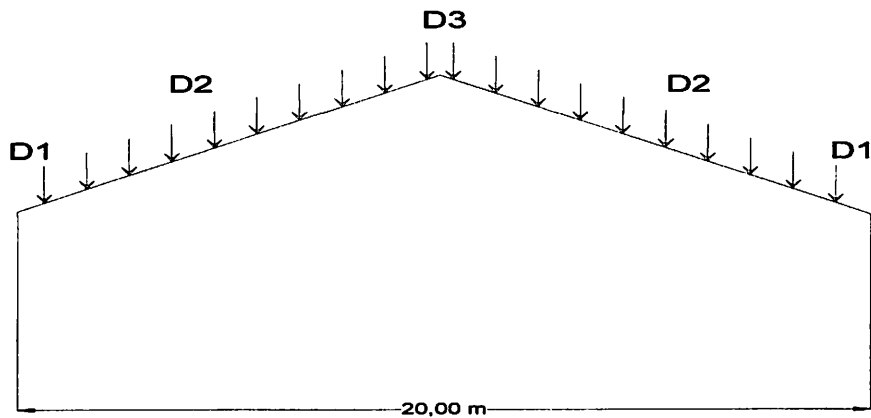
$$\begin{aligned}\text{Berat atap} &= \text{Berat atap} \times \text{Jarak gording} \times \text{Jarak antar portal} \\ &= 3,0 \times \left[ \frac{1}{2} \quad 1,23 \right] \times 6,0 = 11,034 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Gording} = 6,37 \times 6,00 = 38,22 \text{ kg}$$

Berat sambungan (10%)

$$= 0,1 \times 49,254 = \underline{4,93 \text{ kg}} +$$

$$\text{Total D3} = 54,18 \text{ kg}$$



**Gambar 4.4** Skema Pembebanan untuk Beban Mati

#### 4.2.2 Beban Hidup Atap ( $L_r$ ) :

Menurut SNI 1727-2013 tabel 4-1 pendistribusian beban hal 27 untuk atap berbubungan beban hidup atap ( $L_o$ ) sebesar :  $0,96 \text{ kN/m}^2$

$$L_r = L_o R_1 R_2 \quad \text{dimana } 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

Faktor reduksi  $R_1$  dan  $R_2$  harus ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Luas Tributari (AT)} = 7,4 \text{ m}^2$$

$$= 1 \quad \text{untuk } AT \leq 18,58 \text{ m}^2$$

$$R_1 = 1,2 - 0,001 AT \quad \text{untuk } 18,58 \text{ m}^2 \leq AT \leq 55,74 \text{ m}^2$$

$$= 0,6 \quad \text{untuk } AT \geq 55,74 \text{ m}^2$$

Jumlah peninggian ( $F$ )

$$F = 0,12 \times \alpha$$

$$= 0,12 \times 25 = 3,00$$

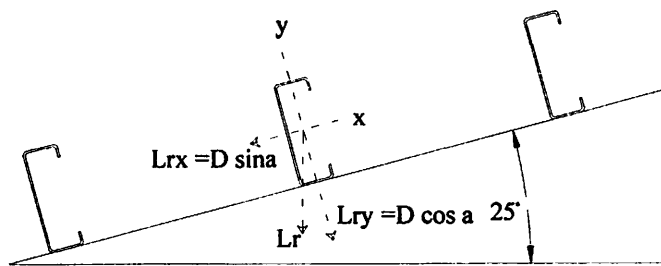
$$= 1 \quad \text{untuk } F \leq 4$$

$$R_2 = 1,2 - 0,05 F \quad \text{untuk } 4 \leq F \leq 12$$

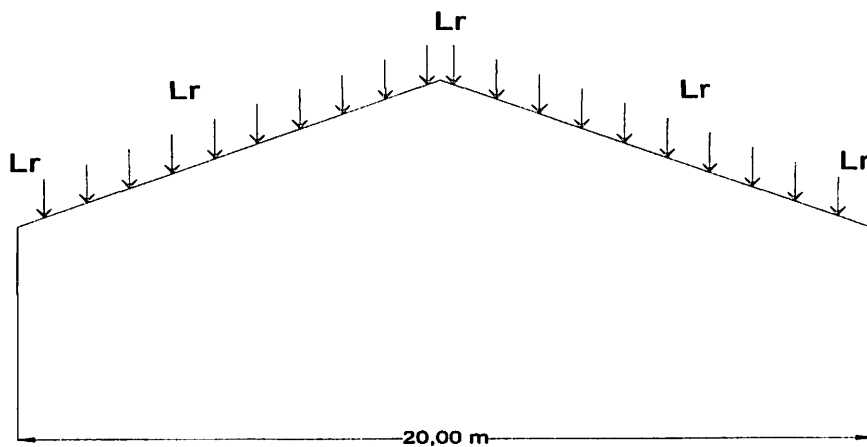
$$= 0,6 \quad \text{untuk } F \geq 12$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= L_o \cdot R_1 \cdot R_2 && \text{dimana } 0,58 \leq L_r \leq 0,96 \\
 &= 0,96 \cdot 1 \cdot 1 \\
 &= 0,96 \text{ kN/m}^2 \sim 96,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{ry} &= L_r \cdot \cos \alpha && L_{rx} = L_r \cdot \sin \alpha \\
 &= 96,00 \cdot \cos 25 && = 96,00 \cdot \sin 25 \\
 &= 87,006 \text{ kg} && = 40,571 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.5** skema Pembebanan Pada Gording Akibat Beban Hidup



**Gambar 4.6** Skema Pembebanan untuk Beban Hidup atap

### 4.2.3 Beban Angin (W) :

Menurut SNI 1727-2013 hal 64, untuk menentukan beban angin SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) harus memenuhi langkah-langkah sebagai berikut :

**Langkah 1 :** menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain

kategori resiko 3 : Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan resiko besar bagi kehidupan manusia

**Langkah 2:** Tentukan kecepatan angin dasar,  $V$ , untuk kategori resiko

Diambil kecepatan angin dasar rata-rata daerah pasuruan sebesar  
40 km/jam  $\sim$  11,11 m/s

**Langkah 3:** Tentukan parameter beban angin:

- Faktor arah angin,  $K_d$

Sistem Penahan Beban Angin Bangunan gedung : 0,85

- Kategori eksposur

Eksposur B daerah perkotaan dan pinggiran kota

- Faktor topografi,  $K_{zt}$

$K_{zt} = 1,00$

- Faktor efek tiupan angin,  $G$

$B = 30 \text{ m}$        $g_Q = 3,4$

$h = 9,25 \text{ m}$        $g_V = 3,4$

$c = 0,3$        $\bar{Z} = 0.6 \times h < Z_{min}$

$l = 97,54 \text{ m}$        $= 5,55 < 9,14$

$\bar{Z}$  diambil  $Z_{min} = 9,14 \text{ m}$

$$I_{\bar{Z}} = c \left( \frac{10}{\bar{Z}} \right) = 0,3045$$

$$L_{\bar{Z}} = 1 \left( \frac{\bar{Z}}{10} \right) = 94,66$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left(\frac{B+h}{Lz}\right)^{0,63}}} = 0,857$$

$$G = 0,925 \frac{1 + 1,7 \cdot gQ \cdot Lz \cdot Q}{1 + 1,7 \cdot gQ \cdot Lz}$$

$$= 0,925 \frac{2,508}{2,760}$$

$$G = 0,841$$

- Klasifikasi ketertutupan

Bangunan gedung tertutup

- Koefisien tekanan internal, ( $GC_{pi}$ )

0,18 (Tekan)

-0,18 (Hisap)

**Langkah 4:** Tentukan koefisien eksposur tekanan velositas,  $K_z$  atau  $K_h$ ,

$$\alpha = 7,0 \qquad Z = 7 \text{ m}$$

$$Z_g = 365,76 \text{ m} \qquad h = 9,25 \text{ m}$$

$$K_z = 2,01 \times \left(\frac{Z}{Z_g}\right)^{2/\alpha}$$

$$= 2,01 \times \left(\frac{7}{365,76}\right)^{0,2857}$$

$$= 0,6491$$

$$K_h = 2,01 \times \left(\frac{h}{Z_g}\right)^{2/\alpha}$$

$$= 2,01 \times \left(\frac{9,25}{365,76}\right)^{0,2857}$$

$$= 0,7029$$



**Langkah 5:** Tentukan tekanan velositas qz atau qh

$$\begin{aligned}
 qz &= 0,613 K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \\
 &= 0,613 \cdot 0,649 \cdot 0,85 \cdot 1,00 \cdot 11,11^2 \\
 &= 41,75 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qh &= 0,613 K_h \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \\
 &= 0,613 \cdot 0,703 \cdot 0,85 \cdot 1,00 \cdot 11,11^2 \\
 &= 45,22 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

**Langkah 6:** Tentukan koefisien tekanan eksternal, Cp atau CN

Koefisien tekanan dinding Cp

$$L/B = \frac{20}{30} = 0,67$$

$$\text{dinding di sisi angin datang} = 0,8$$

$$\text{dinding di sisi angin pergi} = -0,5$$

Koefisien tekanan Atap Cp

$$h/L = \frac{9,25}{20} = 0,46 \sim 0,5$$

$$\begin{aligned}
 C_p \ 25^\circ &= \text{sisi angin datang (Tekan)} = -0,2 \text{ menjauhi} \\
 &= 0,3 \text{ mendekati} \\
 &\text{sisi angin pergi (Hisap)} = -0,6 \text{ menjauhi}
 \end{aligned}$$

**Langkah 7:** Hitung tekanan angin, p, pada setiap permukaan bangunan gedung

Tekanan angin datang pada dinding

$$\begin{aligned}
 P &= qGC_p - q_i(GC_{pi}) \\
 &= 41,75 \times 0,84 \times 0,8 - 45,22 \times 0,18 \\
 &= 28,079 \text{ N/m}^2 \sim 2,8079 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

#### Tekanan angin pergi pada dinding

$$\begin{aligned} P &= qGC_p - q_i(GC_{pi}) \\ &= 45,22 \times 0,84 \times -0,5 - 45,22 \times -0,18 \\ &= -10,87 \text{ N/m}^2 \sim -1,0865 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### Beban angin datang pada dinding

$$\begin{aligned} W \text{ Tepi} &= P \times \frac{1}{2} \text{ jarak portal} \\ &= 2,808 \times \frac{1}{2} \times 6 = 8,424 \text{ kg/m} \\ W \text{ Tengah} &= P \times \text{ jarak portal} \\ &= 2,808 \times 6 = 16,85 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### Beban angin pergi pada dinding

$$\begin{aligned} W \text{ Tepi} &= P \times \frac{1}{2} \text{ jarak portal} \\ &= -1,087 \times \frac{1}{2} \times 6 = -3,26 \text{ kg/m} \\ W \text{ Tengah} &= P \times \text{ jarak portal} \\ &= -1,087 \times 6 = -6,52 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### Tekanan angin datang pada Atap

$$\begin{aligned} P1 &= q.G.C_p - q_i.(GC_{pi}) && \text{menjauhi} \\ &= 45,22 \times 0,84 \times -0,2 - 45,22 \times -0,18 \\ &= 0,5371 \text{ N/m}^2 \sim 0,0537 \text{ kg/m}^2 \\ P2 &= q.G.C_p - q_i.(GC_{pi}) && \text{menuju} \\ &= 45,22 \times 0,84 \times 0,3 - 45,22 \times 0,18 \\ &= 3,264 \text{ N/m}^2 \sim 0,33 \text{ kg/m}^2 \\ P \text{ total} &= 0,054 + 0,3264 \\ &= 0,380 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Tekanan angin pergi pada gording

$$\begin{aligned}
 P &= q.G.C_p - q_i.(GC_{pi}) \\
 &= 45,22 \times 0,84 \times -0,6 - 45,22 \times -0,18 \\
 &= -14,67 \text{ N/m}^2 \sim -1,467 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

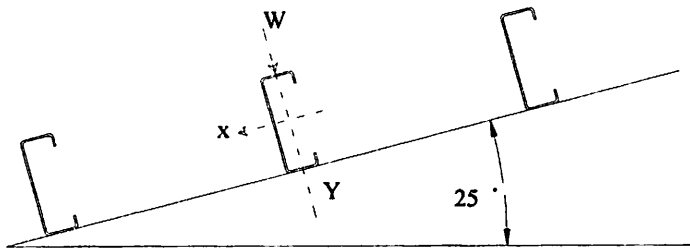
**Beban Angin pada Gording**

$$\begin{aligned}
 W_{tekan} &= P \times \text{Jarak antar gording} \\
 &= 0,38 \times \left[ \frac{1}{2} \quad 1,23 \right] \\
 &= 0,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{Hisap} &= P \times \text{jarak antar gording} \\
 &= -1,47 \times \left[ \frac{1}{2} \quad 1,23 \right] \\
 &= -0,90 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$W_y \text{ Tekan} = 0,23 \text{ kg} \qquad W_y = -0,90 \text{ kg}$$

$$W_x \text{ Tekan} = 0 \text{ kg} \qquad W_x = 0 \text{ kg}$$



**Gambar 4.7** skema Pembebanan Pada Gording Akibat Beban Angin

**Beban Angin pada Kuda-kuda**

Beban angin datang pada atap

$$\begin{aligned}
 W_{Tepi} &= P \times \text{jarak antar gording} \times \text{jarak antar portal} \\
 &= 0,38 \times \left[ \frac{1}{2} \quad 1,23 \right] \times 6,0 \\
 &= 1,40 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W \text{ Tengah} &= P \times \text{jarak antar gording} \times \text{jarak antar portal} \\
 &= 0,38 \times 1,23 \times 6,0 \\
 &= 2,81 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

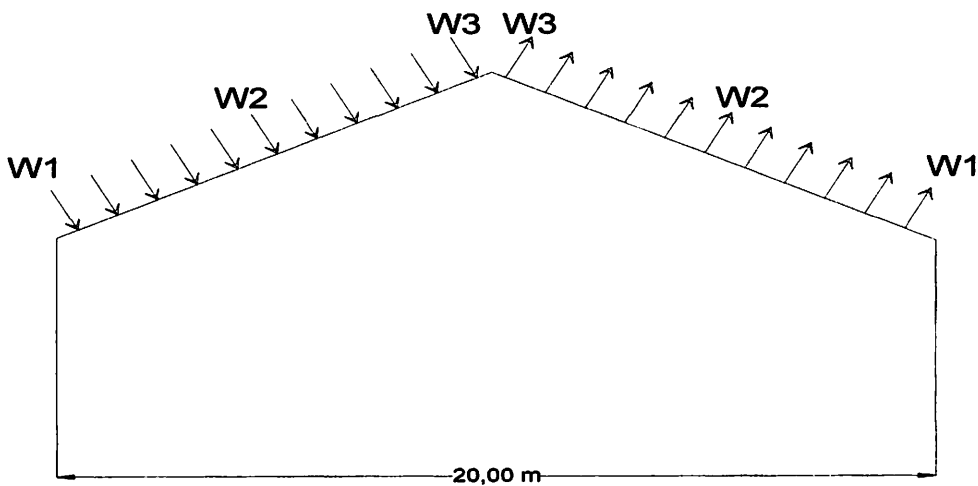
$$\begin{aligned}
 W \text{ Puncak} &= P \times \text{jarak antar gording} \times \text{jarak antar portal} \\
 &= 0,38 \times \left[ \frac{1}{2} \times 1,23 \right] \times 6,0 \\
 &= 1,40 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban angin pergi pada atap

$$\begin{aligned}
 W \text{ Tepi} &= P \times \text{Jarak gording} \times \text{Jarak antar portal} \\
 &= -1,47 \times \left[ \frac{1}{2} \times 1,23 \right] \times 6,0 \\
 &= -5,41 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W \text{ Tengah} &= P \times \text{Jarak gording} \times \text{Jarak antar portal} \\
 &= -1,47 \times 1,23 \times 6,0 \\
 &= -10,82 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W \text{ Puncak} &= P \times \text{Jarak gording} \times \text{Jarak antar portal} \\
 &= -1,47 \times \left[ \frac{1}{2} \times 1,23 \right] \times 6,0 \\
 &= -5,41 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.8** Skema Pembebanan untuk Beban angin

#### 4.2.4 Beban Hujan ( R )

Menurut SNI 1727-2013 hal 38, perencanaan beban hujan rencana sebagai

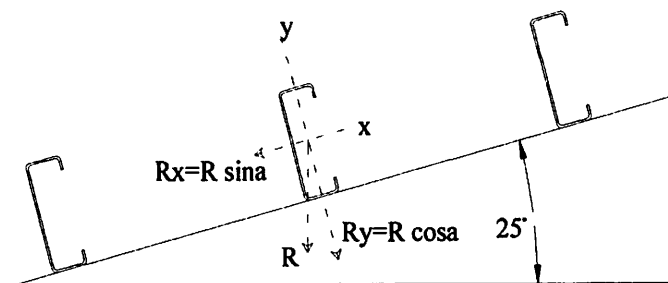
berikut :

$$\begin{aligned} ds &= 5 \text{ mm} \\ dh &= 5 \text{ mm} \\ R &= 0,0098 \times (ds + dh) \\ &= 0,0098 \times ( 10 ) \\ &= 0,098 \text{ kN/m}^2 \sim 9,8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### Beban Angin pada Gording

$$\begin{aligned} R &= 9,8 \times \text{jarak gording} \\ &= 9,8 \times 1,23 \\ &= 8,869 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_y &= R \times \cos \alpha & R_x &= R \times \sin \alpha \\ &= 8,869 \times \cos 25 & &= 8,869 \times \sin 25 \\ &= 8,04 \text{ kg} & &= 3,75 \text{ kg} \end{aligned}$$



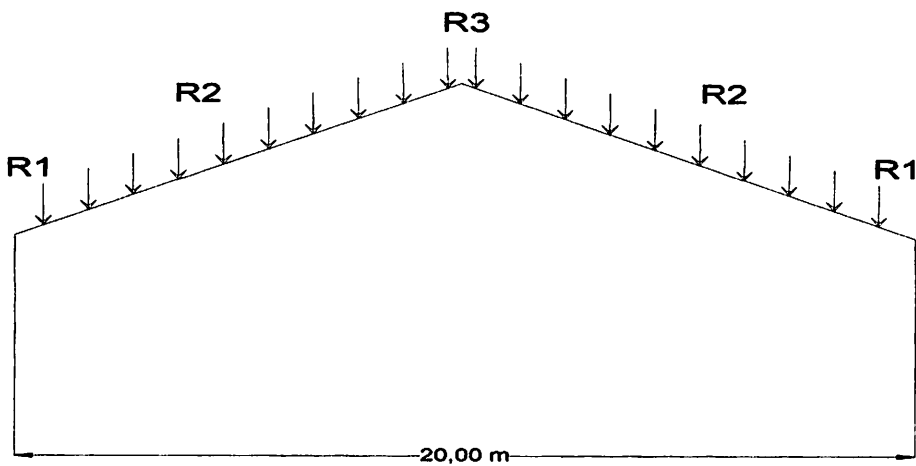
Gambar 4.9 skema Pembebanan Pada Gording Akibat Beban Hujan

#### Beban Angin pada Kuda-kuda

$$\begin{aligned} R_1 &= 9,8 \times \text{jarak antar gording} \times \text{jarak antar portal} \\ &= 9,8 \times \left[ \frac{1}{2} \times 1,23 \right] \times 6,0 \\ &= 36,044 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R2 &= 9,8 \times \text{jarak antar gording} \times \text{jarak antar portal} \\
 &= 9,8 \times 1,23 \times 6,0 \\
 &= 72,087 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R3 &= 9,8 \times \text{jarak antar gording} \times \text{jarak antar portal} \\
 &= 9,8 \times \left[ \frac{1}{2} \times 1,23 \right] \times 6,0 \\
 &= 36,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.10** Skema Pembebanan untuk Beban hujan

**Tabel 4.1** Pembebanan Gording

Beban arah	D	Lr	R	W	
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
				Datang	Pergi
y	10,02	87,01	8,04	0,23	0,90
x	4,67	40,57	3,75	0,00	0,00

**Tabel 4.2** Kombinasi pembebanan pada gording

Kombinasi Pembebanan		q (kg/m)	P (kg)
1)	1,4 <i>D</i>		
arah y	1,4 x 10,02	14,024	
arah x	1,4 x 4,67	6,540	
2)	1,2 <i>D</i> + 0,5 <i>Lr</i>		
arah y	1,2 10,02 + 0,5 87,01	12,021	43,503
arah x	1,2 4,67 + 0,5 40,57	5,605	20,286
3)	1,2 <i>D</i> + 1,6 <i>Lr</i> + 0,5 <i>W</i>		
arah y	1,2 10,02 + 1,6 87,01 + 0,5 1,13	<b>12,587</b>	<b>139,209</b>
arah x	1,2 4,67 + 1,6 40,57 + 0,5 0,00	<b>5,605</b>	<b>64,914</b>
4)	1,2 <i>D</i> + 1,0 <i>W</i> + 0,5 <i>Lr</i>		
arah y	1,2 10,02 + 1,13 + 0,5 87,01	13,153	43,503
arah x	1,2 4,67 + 0,00 + 0,5 40,57	5,605	20,286
5)	1,2 <i>D</i>		
arah y	1,2 x 10,02	12,021	
arah x	1,2 x 4,67	5,605	
6)	0,9 <i>D</i> + 1,0 <i>W</i>		
arah y	0,9 10,02 + 1,0 1,13	10,147	
arah x	0,9 4,67 + 1,0 0,00	4,204	
7)	0,9 <i>D</i>		
arah y	0,9 x 10,02	9,015	
arah x	0,9 x 4,67	4,204	

Dipakai kombinasi terbesar : Kombinasi 3

$$q_y = 12,587 \text{ kg/m} \quad P_y = 139,209 \text{ kg}$$

$$q_x = 5,605 \text{ kg/m} \quad P_x = 64,914 \text{ kg}$$

Periksa kelangsingan penampang pada badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{150 - 2 t_f}{3} = \frac{144}{3} = 48,0$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108,54$$

$$\lambda_w < \lambda_{pw}$$

$$48,0 < 108,5 \quad \text{Kompak}$$

Periksa kelangsingan penampang pada sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} = \frac{50}{3} = 16,667$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10,97$$

$$\lambda_{rf} = 1,00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,00 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 28,868$$

$$\lambda_f < \lambda_{pf}$$

$$16,67 < 10,97 \quad \text{TIDAK KOMPAK}$$

Karena tidak kompak dipakai perhitungan orde 2

$$\lambda_{pf} < \lambda_f < \lambda_{rf}$$

$$10,970 < 16,667 < 28,868$$

Kontrol Momen X

$$\begin{aligned} M_u x &= \left[ \frac{1}{8} \times q_x \times L^2 \right] + \left[ \frac{1}{4} \times P_x \times L \right] \\ &= \left[ \frac{1}{8} \times 5,605 \times 6 \right] + \left[ \frac{1}{4} \times 64,914 \times 6 \right] \\ &= 4,2039728 + 97,3712475 \\ &= 101,5752203 \text{ Kg.m} = 1015752,203 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



$$S_y = 7800 \text{ mm}^3$$

$$Z_y = 7070 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} M_{p x} &= Z_y \cdot F_y \leq 1,6 \cdot f_y \cdot S_y \\ &= 7070 \times 240 \leq 1,6 \times 240 \times 7800 \\ &= 1696800 \text{ Nmm} \leq 2995200 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{n x} &= \left[ M_p - \left( M_p - 0,7 F_y S_y \right) \times \left( \frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \leq M_p \\ &= \left[ 1696800 - \left( 1696800 - 0,7 \cdot 240 \cdot 7800 \right) \right. \\ &\quad \left. \times \left( \frac{16,667 - 10,970}{28,868 - 10,970} \right) \right] \\ &= 1573806,2 \text{ Nmm} \leq 1696800,0 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u x} &\leq \phi \cdot M_{n x} \\ 1015752,203 \text{ Nmm} &\leq 0,9 \times 1573806 \text{ Nmm} \\ 1015752,203 \text{ Nmm} &\leq 1416425,597 \text{ Nmm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol Momen y

$$\begin{aligned} M_{u y} &= \left( \frac{1}{8} \times q_y \times L^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_y \times L \right) \\ &= \left( \frac{1}{8} \times 12,587 \times 6 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 139,209 \times 6 \right) \\ &= 9,4399523 + 208,8133141 \\ &= 218,2532664 \text{ Kg.m} = 2182532,664 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$S_x = 35400 \text{ mm}^3$$

$$Z_x = 39380 \text{ mm}^3$$

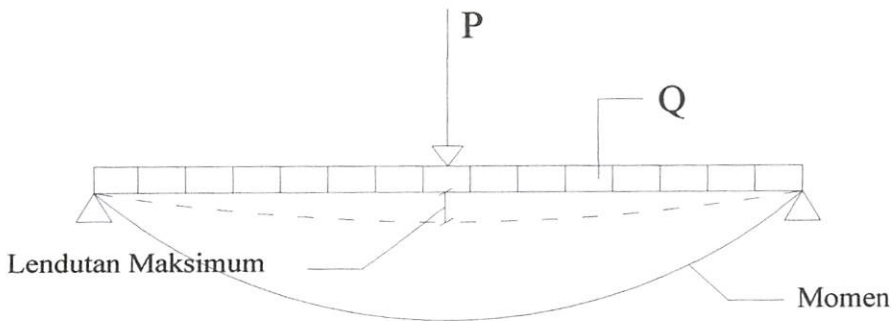
$$\begin{aligned} M_n y &= Z_x \cdot F_y \\ &= 39380 \times 240 \\ &= 9451200 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u y &\leq \phi \cdot M_n y \\ 2182532,664 \text{ Nmm} &\leq 0,9 \times 9451200 \text{ Nmm} \\ 2182532,664 \text{ Nmm} &\leq 8506080,00 \text{ Nmm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol puntir < 1

$$\begin{aligned} &= \frac{M_u x}{M_n x} + \frac{M_u y}{M_n y} < 1 \\ &= \frac{1015752,203}{1416426} + \frac{2182532,664}{8506080} \\ &= 0,974 < 1 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan



**Gambar 4.11** Lendutan Maksimum pada gording

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 hal 15})$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{6000}{240} = 25,00 \text{ mm}$$

$$M_{qy} = 94399,523 \text{ Nmm} \quad P_y = 1392,089 \text{ N}$$

$$M_{qx} = 42039,728 \text{ Nmm} \quad P_x = 649,142 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_x &= \frac{5 M_{qx} L^2}{48 E I_y} + \frac{P_x L^3}{48 E I_y} \\ &= \frac{5 \cdot 42039,728 \cdot 6000^2}{48 \cdot 200000 \cdot 270000} + \frac{649,142 \cdot 6000^3}{48 \cdot 200000 \cdot 270000} \\ &= 57,015 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_y &= \frac{5 M_{qy} L^2}{48 E I_x} + \frac{P_y L^3}{48 E I_x} \\ &= \frac{5 \cdot 94399,523 \cdot 6000^2}{48 \cdot 200000 \cdot 2650000} + \frac{1392,089 \cdot 6000^3}{48 \cdot 200000 \cdot 2650000} \\ &= 12,488 \text{ mm} \end{aligned}$$

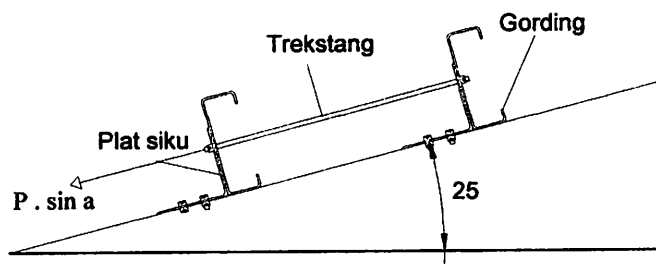
$$\begin{aligned} f_{max} &= \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \\ &= \sqrt{57,01^2 + 12,49^2} \\ &= 58,37 \text{ mm} > 25,00 \text{ mm} \quad \textbf{Tidak Aman} \end{aligned}$$

Lendutan tidak aman maka perlu di pasang trekstang. Pada arah sumbu lemah dipasangi 1 buah trekstang pada gording sehingga :

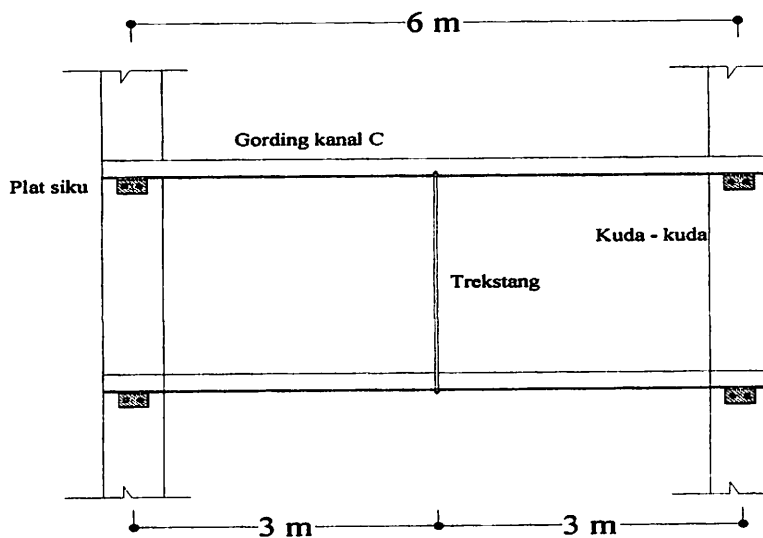
$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{2} \times \text{jarak kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times 6000 = 3000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_x &= \frac{5 M_{qx} L^2}{48 E I_y} + \frac{P_x L^3}{48 E I_y} \\
 &= \frac{5 \cdot 42039,728 \cdot 3000^2}{48 \cdot 200000 \cdot 270000} + \frac{649,142 \cdot 3000^3}{48 \cdot 200000 \cdot 270000} \\
 &= 7,492 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{max} &= \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \\
 &= \sqrt{7,49^2 + 12,49^2} \\
 &= 14,56 \text{ mm} > 25,00 \text{ mm} \quad \text{Aman}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.12** Gaya Tarik Trekstang



**Gambar 4.13** Jarak antar trekstang pada gording

### Perhitungan Trekstang

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 D + 1,6 L_r \\ &= 1,2 \cdot 66,32 + 1,6 \cdot 96,00 \\ &= 233,18 \text{ kg} \\ P \cdot \sin \alpha &= \frac{233,18}{\sin 25} = \frac{233,18}{0,423} \\ &= 551,75 \text{ kg} \sim 5517,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk tegangan leleh  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} P_u &= \phi \cdot f_y \cdot A_g \\ A_g &= \frac{P_u}{\phi \cdot f_y} = \frac{5517,499}{0,9 \cdot 240} = 25,544 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk tegangan putus  $\phi = 0,75$

$$\begin{aligned} P_u &= \phi \cdot f_u \cdot A_g \\ A_g &= \frac{P_u}{0,75 \cdot f_u \cdot 0,75} \\ &= \frac{5517,499}{0,75 \cdot 240 \cdot 0,75} = 40,870 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ d &= \sqrt{\frac{A_g}{\frac{1}{4} \cdot \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{40,870}{\frac{1}{4} \cdot 3,14}} \\ &= 7,22 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai trekstang dengan  $\phi = 8,0 \text{ mm}$

**Tabel 4.3** Pembagian Beban Kuda-Kuda

Beban	<i>D</i>	<i>Lr</i>	<i>R</i>	<i>W</i>	
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
				Tekan	Hisap
Tepi	54,18	96,00	36,04	1,40	-5,41
Tengah	66,32	96,00	72,09	2,81	-10,82
Puncak	54,18	96,00	36,04	1,40	-5,41

**Kombinasi Pembebanan**

- 1) 1,4 *D*
- 2) 1,2 *D* + 0,5 *Lr*
- 3) 1,2 *D* + 1,6 *Lr* + 0,5 *W*
- 4) 1,2 *D* + 1,0 *W* + 0,5 *Lr*
- 5) 1,2 *D*
- 6) 0,9 *D* + 1,0 *W*
- 7) 0,9 *D*

Perhitungan portal baja menggunakan program bantu Staad Pro 2007 v8i

Bentley untuk mendapatkan nilai - nilai momen struktur yang diakibatkan oleh beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban hujan menggunakan

**4.4 Perencanaan Balok Castella**

Derngan menggunakan perogram bantu staad pro 2007 Bently didapatkan nilai momen (*Mu*), gaya aksial (*Pr*), tegangan geser (*Vu*)

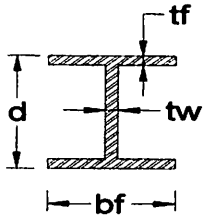
$$Mu = 54160 \text{ Nm} \sim 54160000 \text{ Nmm}$$

$$Vu = 19700 \text{ N}$$

#### 4.4.1 Data Perencanaan

Dicoba menggunakan profil IWF 300 . 150 . 6,5 . 9

(Produk dari PT. Gunung Garuda)



$$d = 300 \text{ mm}$$

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

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

$$tf = 9 \text{ mm}$$

$$r = 13 \text{ mm}$$

$$A = 4080 \text{ mm}^2$$

$$Ix = 72100000 \text{ mm}^4$$

$$Iy = 5080000 \text{ mm}^4$$

$$Zx = 481000 \text{ mm}^3$$

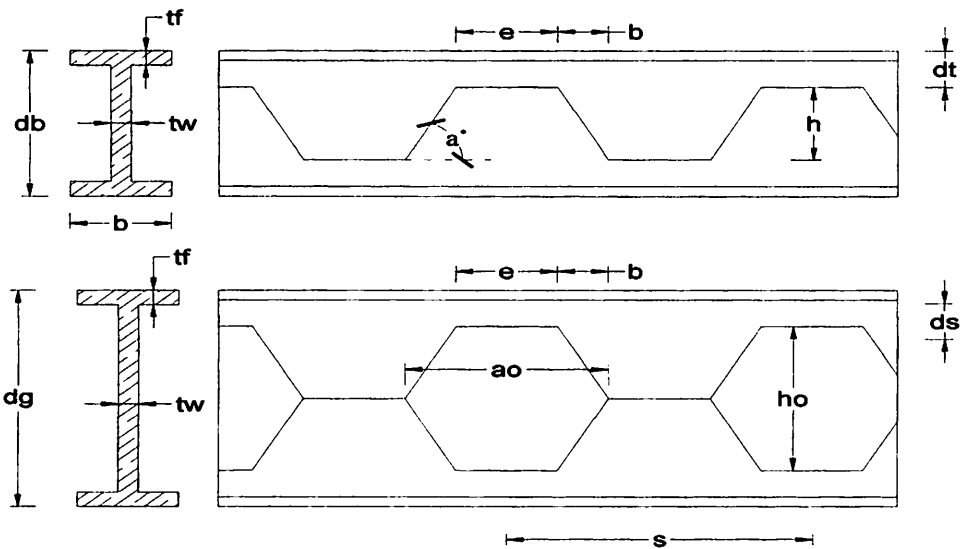
$$Zy = 67700 \text{ mm}^3$$

#### ▪ Data Material

Mutu Baja : BJ37  $f_y = 240 \text{ Mpa}$

$f_u = 370 \text{ Mpa}$

Modulus Elastisitas = 200000 Mpa



Gambar 4.14 Penamaan Notasi Balok Castella

$$\begin{aligned}
 db &= 300 \quad \text{mm} \\
 bf &= 150 \quad \text{mm} \\
 tf &= 9 \quad \text{mm} \\
 tw &= 6,5 \quad \text{mm} \\
 \theta &= 45^\circ
 \end{aligned}$$

A. Menentukan modulus penampang minimum balok castella (Sg) untuk momen lentur maksimum.

$$\begin{aligned}
 Sg &= \frac{Mu}{\phi \times fy} = \frac{72100000}{0,9 \times 240} \\
 &= 333796,30 \text{ mm}^3 \quad \sim \quad 333,80 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

B. Perbandingan tinggi balok castella dengan tinggi profil baja sesungguhnya  
Diasumsikan kenaikan tinggi balok *castella* mencapai  $\pm 1,5$  kali dari tinggi balok asli.

$$\begin{aligned}
 K1 &= \frac{dg}{db} \\
 1,5 &= \frac{dg}{db} = \frac{Sg}{Sb}
 \end{aligned}$$

Modulus penampang balok asli yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 Sb &= \frac{Sg}{K1} = \frac{333796,3}{1,5} = 222530,86 \text{ mm}^3 \\
 &= 222,53086 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

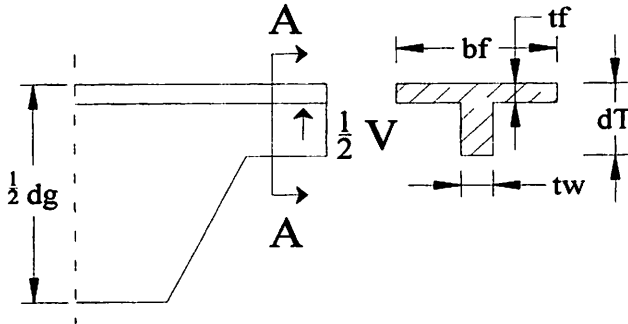
Menentukan nilai perbandingan tinggi (K1) yang sebenarnya :

$$K1 = \frac{Sg}{Sb} = \frac{333,80}{222,53086} = 1,5$$



C. Menentukan tinggi pemotongan zig - zag (h) :

$$\begin{aligned}
 h &= db \times (K1 - 1) \\
 &= 300 \times (1,5 - 1) \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.15 Potongan Balok T

D. Perkiraan tinggi penampang T yang diperlukan .

(Design of Welded Structure, hal 7-15)

$$\begin{aligned}
 dt &= \frac{V}{2 \times tw \times 0,4 \times fy} \\
 dt &= \frac{19700}{2 \times 6,5 \times 0,4 \times 240} \\
 &= 15,785 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &\leq db - 2 \times dt \\
 &= 300 - 2 \times 15,785 \\
 &= 268,43 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$h = 150 \text{ mm} \leq 268,43 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

E. Tinggi balok castella (Design of Welded Structure, hal 4,7-15)

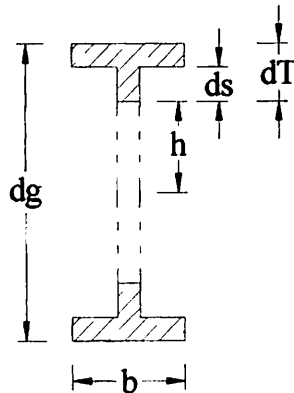
$$\begin{aligned}
 dg &= db + h \\
 &= 300 + 150 \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

F. Tinggi penampang T (Design of Welded Structure, hal 4,7-15)

$$\begin{aligned}
 dt &= \frac{dg}{2} - h \\
 &= \frac{450}{2} - 150 \\
 &= 75,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi tangkai penampang T (Design of Welded Structure, hal 4,7-15)

$$\begin{aligned}
 ds &= dt - tf \\
 &= 75 - 9 \\
 &= 66,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.16** Penamaan Notasi Penampang melintang Castella

G. Tegangan lentur tekan yang diijinkan pada plat badan balok Castella :

(Design of Welded Structure, hal 4,7-15)

$$\sigma = \left( 1 - \frac{10,434}{Cc^2} \times \left( \frac{h}{tw} \right)^2 \right) \times 1 \times fy$$

Dimana,

$$Cc = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{fy}}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{\frac{2 \times 3,14^2 \times 200000}{240}} \\
&= 128,307 \text{ Mpa} \\
\tau &= \left( 1 - \frac{10,434}{128,31^2} \times \left( \frac{150}{6,5} \right)^2 \right) \times 0,6 \times 240 \\
&= 95,396 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

H. Besarnya tegangan lentur yang terjadi masih dalam batas yang diijinkan diatas, jika nilai tegangan geser pada bagian lubang dari badan balok (web)

Catella ditentukan dengan rumus (Hal 4.7-16 Castellated Beam)

$$\begin{aligned}
\sigma_v &= \frac{4 \left( \frac{\pi \times \theta}{180^\circ} \right)^2}{3 \times \tan \theta} \times \tau \leq 0,4 \times f_y \\
&= \frac{4 \left( \frac{3,14 \times 45}{180} \right)^2}{3 \times \tan 45^\circ} \times 95,396 \leq 0 \times 240 \\
&= 78,381 \text{ Mpa} < 96 \text{ Mpa} \quad \text{AMAN}
\end{aligned}$$

I. Merencanakan tegangan geser maksimum sepanjang garis netral badan balok castella, diasumsikan sebagai balok dengan badan utuh :

(Hal 4.7-16 Castellated Beam)

$$\begin{aligned}
\sigma_{max} &\leq \sigma_v \\
\sigma_{max} &= 1,16 \times \frac{95\% \times V}{t_w \times d_g} \\
&= 1,16 \times \frac{95\% \times 19700}{6,5 \times 450} \\
&= 7,4220 \text{ Mpa} \leq 78,3806 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

- J. Menentukan panjang bidang horizontal dan jarak antar panel  
tegangan geser ijin untuk balok *castella*, diperoleh rasio :

$$K2 = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_v} = \frac{e}{s}$$

$$K2 = \frac{7,4220171}{78,380618} = 0,0947$$

- K. Menentukan panjang bidang horizontal dan jarak antar panel

$$e \geq \frac{2 \times h \times \tan \theta}{\left[ 1 / K2 \right] - 2}$$

$$e \geq \frac{2 \times 150 \times \tan 45}{\left[ 1 / 0,0947 \right] - 2}$$

$$e \geq 35,044458 \text{ mm} \quad \text{diambil} \quad e = 100 \text{ mm}$$

Panjang (e) selalu konstan sepanjang bentang jarak interval lubang  
*castella* :

$$\begin{aligned} s &= 2 \left[ e + h \times \tan \theta \right] \\ &= 2 \left[ 100 + 150 \times \tan 45 \right] \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

- L. Menentukan ukuran dimensi balok *castella* :

Luas penampang T balok *castella* :

$$\begin{aligned} A_T &= A_f + A_s \\ &= \left[ b_f \times t_f \right] + \left[ d_s \times t_w \right] \\ &= \left[ 150 \times 9 \right] + \left[ 66 \times 7 \right] \\ &= 1350 + 429 \\ &= 1779,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Modulus kelembaman penampang T balok *castella* :

(Hal 4.7-17 *Castellated Beam*)

$$\begin{aligned} ST &= Af \left( ds + \frac{tf}{2} \right) + A_s \times \frac{ds}{2} \\ &= 1350 \left( 66 + \frac{9}{2} \right) + 429 \times \frac{66}{2} \\ &= 109332,00 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Modulus inersia penampang T balok *castella* :

$$\begin{aligned} IT &= Af \left( ds^2 + ds \times tf + \frac{tf^2}{3} \right) + A_s \times \frac{ds^2}{3} \\ &= 1350 \left( 66^2 + 66 \times 9 + \frac{9^2}{3} \right) \\ &\quad + 1350 \times \frac{66^2}{3} \\ &= 8679150 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Jarak garis berat penampang T dari ujung tangkai balok *castella* :

$$C_s = \frac{ST}{A_T} = \frac{109332}{1779} = 61,457 \text{ mm}$$

Momen inersia tangkai penampang T :

$$\begin{aligned} I_t &= IT - C_s \times Z_T \\ &= 8679150 - 61,457 \times 109332 \\ &= 1959933,460 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Modulus tahanan tangkai penampang T pada ujung tangkai :

$$S_s = \frac{I_t}{C_s} = \frac{1959933,46}{61,45699831} = 31891,135 \text{ mm}^3$$

Jarak antara garis berat penampang T atas dan bawah :

$$\begin{aligned}d &= 2 \times [h + Cs] \\&= 2 \times [150 + 61,457] \\&= 422,91 \text{ mm}\end{aligned}$$

Momen inersia balok *castella* : (Hal 4.7-17 *Castellated Beam*)

$$\begin{aligned}I_g &= 2 \times I_t + \frac{AT \times d^2}{2} \\&= 2 \times 1959933,5 + \frac{1779 \times 422,914^2}{2} \\&= 163012500 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

Modulus tahanan balok *castella* :

$$\begin{aligned}S_g &= \frac{2 \times I_g}{d_g} \\&= \frac{2 \times 163012500}{450} \\&= 724500,00 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Kontrol geser pelat badan pada tumpuan balok

$$\begin{aligned}V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\&= 0,9 \times 0,6 \times 240 \times [d_g - 2 t_f] \times t_w \\&= 0,9 \times 0,6 \times 240 \times [450 - 18] \times 6,5 \\&= 363916,80 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_u &< V_n \\19700,00 \text{ N} &< 363916,80 \text{ N} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Kontrol geser pelat badan pada daerah berlubang

$$\begin{aligned} V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 240 \times (d - t_f) \times t_w \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 240 \times [75 - 9] \times 6,5 \\ &= 55598,40 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < V_n$$

$$19700,00 \text{ N} < 55598,40 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Pemeriksaan komponen struktur *Stiffener* (SNI 03-1729-2002, pasal 8.10)

$$\begin{aligned} k &= t_f + r \\ &= 9 + 13 = 22 \text{ mm} \end{aligned}$$

N = dimensi longitudinal pelat perletakan, mm

1. Leleh lokal pada web

Daerah lapangan (jarak beban terpusat terhadap ujung balok > d)

$$\begin{aligned} R_b &= [5k + N] \times f_y \times t_w \\ &= [5 \times 22 + 400] \times 240 \times 6,5 \\ &= 795600,00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < R_b$$

$$19700 \text{ N} < 795600,00 \text{ N} \quad \text{Tidak perlu stiffener}$$

Daerah tumpuan (jarak beban terpusat terhadap ujung balok < d)

$$\begin{aligned} R_b &= [5k + N] \times f_y \times t_w \\ &= [2,5 \times 22 + 400] \times 240 \times 6,5 \\ &= 709800,00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < R_b$$

$$19700 \text{ N} < 709800,00 \text{ N} \quad \text{Tidak perlu stiffener}$$

2. Lentur lokal pada flens

$$\begin{aligned} R_b &= 6,25 \times t_f^2 \times f_y \\ &= 6,25 \times 81 \times 240 \\ &= 121500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < R_b$$

$$19700 \text{ N} < 121500,00 \text{ N} \quad \textit{Tidak perlu stiffener}$$

Pemeriksaan bagian T yang merupakan bagian yang mengalami gaya tekan

aksial : (Hal 4.7-6 Castellated Beam)

$$\frac{bf}{t_f} \leq \frac{3000}{\sqrt{f_y}} \quad \frac{bw}{t_w} \leq \frac{4000}{\sqrt{f_y}}$$

$$\begin{aligned} bf &= 0,5 \times b \\ &= 0,5 \times 150 = 75,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{75}{9} &= 8,3333 & \frac{3000}{\sqrt{240}} &= 193,65 \\ 8,3333 &\leq 193,65 & & \textit{KOMPAK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} bw &= d_s \\ &= 66 \text{ mm} \end{aligned}$$

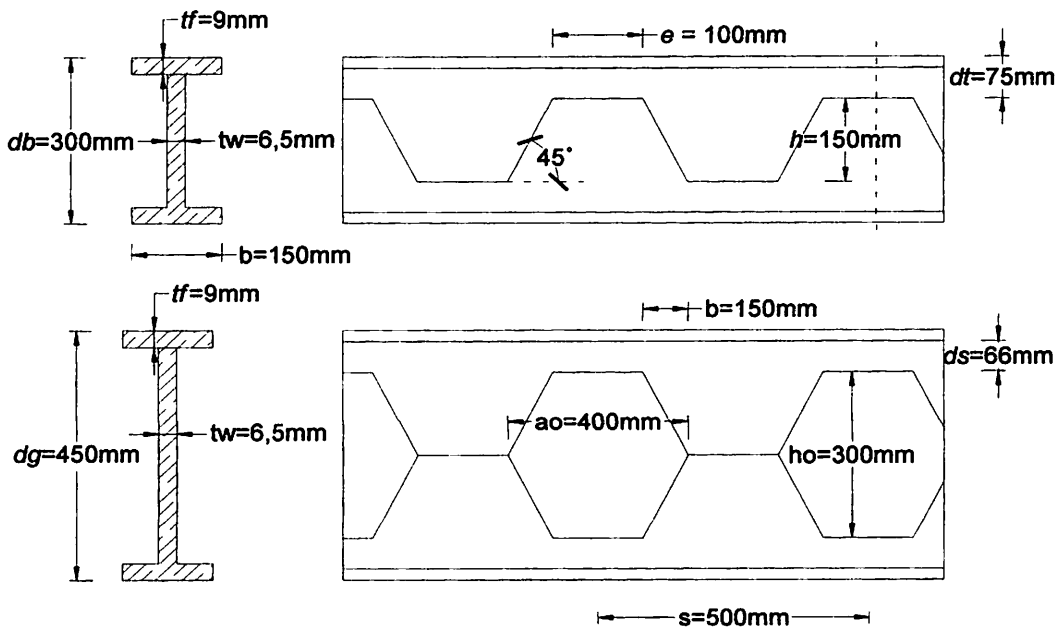
$$\begin{aligned} \frac{66}{7} &= 10,154 & \frac{4000}{\sqrt{240}} &= 258,20 \\ 10,154 &\leq 258,20 & & \textit{KOMPAK} \end{aligned}$$



M. Kontrol penampang balok *castella* :

Dimensi *Castella* :

$L$	$=$	11034 mm	$\theta$	$=$	$45^\circ$
$db$	$=$	300 mm	$h$	$=$	150 mm
$bf$	$=$	150 mm	$ho$	$=$	300 mm
$tw$	$=$	6,5 mm	$ds$	$=$	66 mm
$tf$	$=$	9 mm	$ao$	$=$	400 mm
			$e$	$=$	100 mm
			$s$	$=$	500 mm
			$dg$	$=$	450 mm
			$dt$	$=$	75 mm
			$b$	$=$	150 mm



Gambar 4.17 Dimensi Castella

Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal :

$$\lambda_f = \frac{bf}{tf} = \frac{150}{9} = 16,6667$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10,97$$

$$\lambda_f < \lambda_{pf}$$

$$16,6667 < 10,97 \text{ Kompak}$$

$$\lambda_w = \frac{h}{tw} = \frac{300}{6,5} = 46,154$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108,54$$

$$\lambda_w < \lambda_{pw}$$

$$46,2 < 108,5 \text{ Kompak}$$

N. Tegangan lentur yang diijinkan penampang *castella* :

(Hal 4.7-18 Castellated Beam)

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{f_y}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 3,14^2 \times 200000}{240}}$$

$$= 128,190$$

$$\sigma = \left( 1 - \frac{2,609}{C_c^2} \times \left( \frac{h}{tw} \right)^2 \right) \times 0,6 \times f_y$$

$$= \left( 1 - \frac{2,609}{16432,67} \times \left( \frac{150}{6,5} \right)^2 \right) \times 0,6 \times 240$$

$$= 131,82457 \text{ Mpa}$$

Kontrol tegangan lentur sekunder (Hal 4.7-17 Castellated Beam)

$$\sigma_T = \frac{V_u \times e}{4 \times S_s} = \frac{19700 \times 100}{4 \times 31891,135}$$
$$= 15,443 \text{ Mpa}$$

$$15,443 \text{ Mpa} \leq 131,825 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Tegangan lentur primer ditengah bentang penampang *castella*.

Tegangan tarik dan desak.

$$\sigma_b = \frac{F}{A_T} = \frac{M}{d \times A_T}$$
$$= \frac{72100000}{422,91 \times 1779}$$
$$= 95,831 \text{ Mpa}$$

Kontrol tegangan total

$$\sigma_{\text{total}} = \sigma_T + \sigma_b \leq \sigma$$
$$= 15,44 + 95,831 \leq 131,825$$
$$= 111,274 \text{ Mpa} \leq 131,825 \text{ Mpa}$$

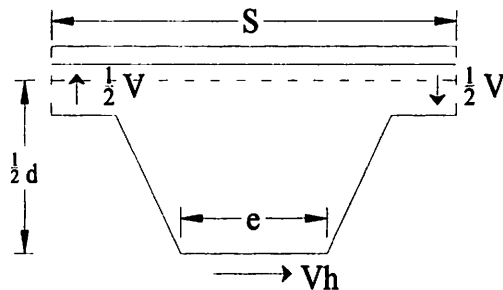
**Kontrol lendutan :**

$$f_{ijin} = \frac{1}{240} L \quad (\text{sumber : SNI-03-1729-2002})$$
$$= \frac{1}{240} 11034$$
$$= 45,974 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times E \times I_g} \\
 &= \frac{5 \times 54160000 \times 11034^2}{48 \times 200000 \times 163012500} \\
 &= 21,067 \text{ mm} \\
 &= 21,067 \text{ mm} \leq f_{\text{ijin}} = 45,974 \text{ mm} \quad \text{AMAN}
 \end{aligned}$$

Perencanaan Las sudut

$$\begin{aligned}
 V_h &= V_u \times \left( \frac{s}{d} \right) \\
 &= 19700,00 \times \left( \frac{500}{422,91} \right) \\
 &= 23290,787 \text{ N}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.18** Gaya geser horizontal pada sumbu netral

persyaratan ukuran las (SNI 1729:2015, hal 116)

tebal pelat yang disambung ( $t_w$ ) = 6,5 mm

ukuran minimum las sudut (a)

$$6 < 6,5 < 13 = 5 \text{ mm}$$

ukuran maksimum las sudut = tebal pelat - 2 mm

$$= 7 - 2 = 4,5 \text{ mm}$$

diambil las sudut (a) = 5 mm

Throat Efektif untuk las sudut

$$\begin{aligned} te &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 5 = 3,535 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang Minimum Las sudut

$$\begin{aligned} l_{min} &= 4 \times a \\ &= 4 \times 5 = 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai elektroda 60 :

$$\text{Tegangan leleh las } F_{exx} = 354 \text{ Mpa}$$

Tegangan Nominal dari logam las

$$\begin{aligned} F_{rw} &= 0,6 F_{exx} \left[ 1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta \right] \\ &= 0,6 \cdot 354 \left[ 1 + 0,5 \sin^{1,5} 45 \right] \\ &= 275,5467 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Kuat rencana Las sudut

$$\begin{aligned} \emptyset R_{nw} &= \emptyset \times F_{rw} \times te \\ &= 0,75 \times 275,547 \times 3,535 \\ &= 730,5433 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang efektif las yang dibutuhkan  $L_w$

$$L_w = \frac{V_h}{\emptyset R_{nw}} = \frac{23290,787}{730,5433} = 31,881 \text{ mm}$$

$$L_w > l_{min}$$

$$31,88 \text{ mm} > 20,00 \text{ mm}$$

Panjang las yang digunakan = 31,88 mm

#### 4.5 Perencanaan Kolom Profil WF (Wide Flange)

Derngan menggunakan perogam bantu staad pro 2007 Bentley didapatkan nilai momen ( $M_u$ ), gaya aksial ( $P_r$ ), tegangan geser ( $V_u$ )

$$M_u = 45046 \text{ Nm} \quad \sim \quad 45046000 \text{ Nmm}$$

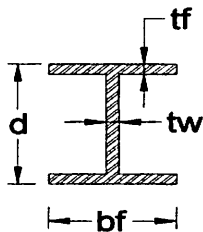
$$P_r = 22952 \text{ N}$$

$$V_u = 16167 \text{ N}$$

##### 4.5.1 Data Perencanaan

Dicoba menggunakan profil WF 200 . 200 . 8 . 12

(Produk dari PT. Gunung Garuda)



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

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

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

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

$$A = 6353 \text{ mm}^2$$

$$i_x = 8,62 \text{ cm}$$

$$i_y (r_y) = 5,02 \text{ cm}$$

$$I_x = 47200000 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 16000000 \text{ mm}^4$$

$$Z_x = 472000 \text{ mm}^3$$

$$Z_y = 160000 \text{ mm}^3$$

Mutu Baja : BJ37

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

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

Modulus Elastisitas = 200000 MPa

#### 4.5.2 Aksi desak yang diakibatkan oleh gaya tekan

Periksa kelangsingan penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1a)

$$h = d - 2tf = 200 - 24 = 176 \text{ mm}$$

$$K_c = \frac{4}{\sqrt{h/tw}} = \frac{4}{\sqrt{168}} = 0,3086$$

$$\lambda_f = \frac{bf}{tf} = \frac{200 / 2}{12} = 8,3333$$

$$\lambda_{pf} = 0,64 \sqrt{\frac{K_c}{f_y}} = 0,64 \sqrt{\frac{0,3 \cdot 200000}{240}} = 10,263$$

$$\lambda_f < \lambda_{pf}$$

$$8,3333 < 10,26 \text{ Kompak}$$

$$\lambda_w = \frac{h}{tw} = \frac{200 - 2tf}{8} = 27,077$$

$$\lambda_{pw} = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 43,013$$

$$\lambda_w < \lambda_{pw}$$

$$27,1 < 43,013 \text{ Kompak}$$

Rasio kelangsingan efektif

$$\frac{KxL}{ry} < 200 \quad (\text{SNI 1729:2015, hal 35})$$

$$\frac{1,0 \times 6000}{50} = 119,52 < 200 \quad \text{OK}$$

Dimana :

faktor panjang efektif (K) 1,0 (SNI 1729:2015, hal 237)

L = Panjang komponen struktur te (mm)

r = Jari-jari girasi komponen struktur (mm)

Kekuatan tekan nominal Pn,

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (\text{SNI 1729:2015, hal 35})$$

Dimana :

$$F_{cr} = \text{tegangan kritis (MPa)}$$

$$A_g = \text{luas bruto penampang melintang (mm}^2\text{)}$$

Tegangan kritis Fcr ditentukan sebagai berikut

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,966$$

$$\frac{K \times L}{r_y} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$119,522 > 135,966$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e$$

$$= 0,877 \left( \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{K \times L}{r_y} \right)^2} \right)$$

$$= 0,877 \left( \frac{3,14^2 \times 200000}{14285,4875} \right) = 121,06 \text{ Mpa}$$

Dimana :

$$F_e = \text{tegangan tekuk kritis (Mpa)}$$

Kekuatan tekan nominal Pn,

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \times A_g \\ &= 121,0581 \times 6353 \\ &= 769082,048 \text{ N} \end{aligned}$$



### Kekuatan Tekan Desain Pc

$$\begin{aligned} P_c &= \phi_c \times P_n \\ &= 0,9 \times 769082,05 \\ &= 692173,843 \text{ N} \end{aligned}$$

### 4.5.3 Aksi lentur yang diakibatkan oleh momen

Periksa kelangsingan penampang

$$\lambda_f = \frac{b_f}{t_f} = \frac{200}{12} = 8,3333$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,00 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 28,868$$

$$\lambda_f < \lambda_{pf}$$

$$8,3333 < 28,87 \text{ Kompak}$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{200}{8} = 22,0$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108,54$$

$$\lambda_w < \lambda_{pw}$$

$$22,0 < 108,5 \text{ Kompak}$$

Tahanan momen nominal (Mn) untuk penampang kompak

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = F_y \times Z_x \\ &= 240 \times 472000 \\ &= 113280000 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Kekuatan Lentur Desain, Mc

$$\begin{aligned} M_c &= \phi_c \times M_n \\ &= 0,9 \times 113280000 \\ &= 101952000 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Kontrol desain yang disebabkan oleh gaya aksial dan Lentur

(SNI 1729:2015, hal 79)

$$\frac{Pr}{Pc} = \frac{22952,0}{692174} = 0,0332 < 0,2 \quad \text{OK}$$

$$\frac{Pr}{2 Pc} + \left( \frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{22952,0}{1384347,7} + \left( \frac{45046000}{101952000} + \frac{0}{Mcy} \right) \leq 1,0$$

$$0,0166 + 0,4418 \leq 1,0$$

$$0,4584 \leq 1,0 \quad \text{AMAN}$$

#### 4.6 Perhitungan Sambungan

Data perencanaan

- Profil Baja Balok Castella

Tinggi Balok (d) = 450 mm

Lebar Balok (bf) = 150 mm

Tebal web (tw) = 6,5 mm

Tebal Flange (tf) = 9 mm

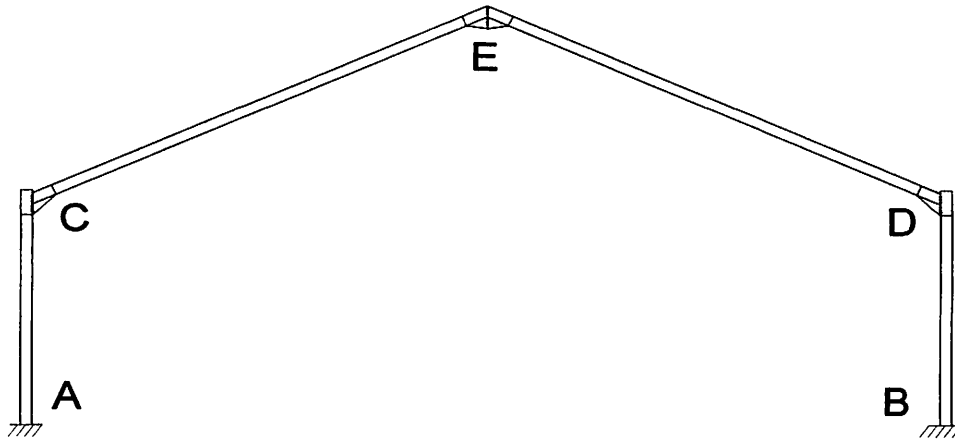
- Profil Baja Kolom WF

Tinggi Balok (d) = 200 mm

Lebar Balok (bf) = 200 mm

Tebal web (tw) = 8 mm

Tebal Flange (tf) = 12 mm



**Gambar 4.19** Penamaan sambungan

Sambungan E (Rafter balok balok)

Sambungan C = Sambungan D (Rafter kolom Balok)

Sambungan A = Sambungan B (Base Plate)

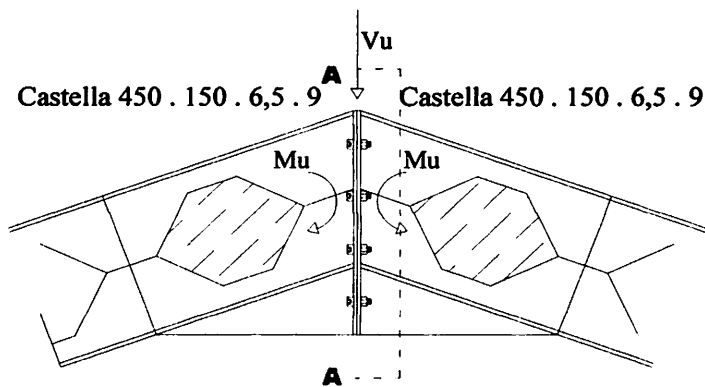
#### 4.6.1 Sambungan Rafter Balok Balok (Sambungan E)

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ balok} &= \sigma \times S_g \\
 &= 131,825 \times 724500 \\
 &= 95506900,52 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n \text{ balok} &= 0,6 \times f_y \times A_w \\
 &= 0,6 \times 240 \times [d_s \times t_w] \\
 &= 0,6 \times 240 \times [66 \times 6,5] \\
 &= 61776,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

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



**Gambar 4.20** Skema Rafter Balok - Balok

**a) Sambungan Baut**

dimensi lubang baut = 20 mm (SNI 1729:2015, hal 126)

kekuatan nominal pengecang baut A307 (SNI 1729:2015, hal 125)

$$F_{nt} \text{ (Kekuatan tarik nominal)} = 310 \text{ Mpa}$$

$$F_{rv} \text{ (Kekuatan geser nominal)} = 188 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan tarik pelat} = 240 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \\ &= 314,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan Tarik dan Geser dari baut : (SNI 1729:2015, hal 129)

Kuat nominal terhadap tarik :

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \times A_b \\ &= 310 \times 314,00 \\ &= 97340 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times 97340 \\ &= 73005 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat nominal terhadap geser :

$$\begin{aligned} Rn &= x \quad f_{nv} \quad x \quad A_b \\ &= 188 \quad x \quad 314,000 \\ &= 59032 \quad N \\ \emptyset Rn &= 0,75 \quad x \quad 59032 \\ &= 44274 \quad N \end{aligned}$$

Jarak minimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

diameter baut : 20 mm = 26 mm

tebal pelat :  $t = 12$  mm  $t_f \leq t$

$$\begin{aligned} l_c &= \text{Jarak bersih baut ke tepi} \\ &= 50 - 1/2 \quad d \\ &= 40 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

Kuat nominal tumpu pada lubang - lubang baut : (SNI 1729:2015, hal 132)

$$\begin{aligned} Rn &= 1,2 \quad x \quad l_c \quad x \quad t \quad x \quad f_u \\ &= 1,2 \quad x \quad 40 \quad x \quad 12 \quad x \quad 370 \\ &= 213120,00 \quad N \leq 2,4 \quad x \quad d \quad x \quad t \quad x \quad f_u \\ &= 213120,00 \quad N \leq 2,4 \quad x \quad 20 \quad x \quad 12 \quad x \quad 370 \\ &= 213120,00 \quad N \leq 213120 \quad N \quad \quad \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{V_u}{\emptyset Rn} = \frac{61776}{0,75 \quad x \quad 59032} = 1,3953 \sim 4 \text{ baut}$$

Kontrol kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \emptyset Rn \quad x \quad n \\ 61776 \quad N &\leq 44274 \quad x \quad 8 \\ 61776 \quad N &< 354192 \quad N \quad \quad \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Kombinasi terhadap tarik dan geser :

$$\phi R_n = \phi \times f_{nt} \times A_b$$

$$f_{rv} = \frac{V_u}{n \times A_b} = \frac{61776}{8 \times 314,000} = 24,592 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} f_{nt} &= 1,3 \times f_{nt} - \frac{f_{nt}}{\phi \times f_{rv}} \times f_{rv} \leq f_{nt} \\ &= 1,3 \times 310 - \frac{310}{0,75 \times 188} \times 24,592 \\ &= 348,932 \text{ MPa} > 310 \text{ MPa} \quad \text{No} \end{aligned}$$

Catatan bahwa bila tegangan yang diperlukan ( $f_{rv}$ ) kurang dari atau sama dengan 30 % dari tegangan yang tersedia, maka efek kombinasi tegangan tidak perlu diperiksa.

$$\begin{aligned} f_{rv} &\leq 30\% \quad f_{rv} \\ 24,592 \text{ MPa} &\leq 30\% \quad 188 \\ 24,592 \text{ MPa} &\leq 56,4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

maka, efek kombinasi tarik dan geser tidak perlu diperiksa

Jarak minimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\text{diameter baut : } 20 \text{ mm} = 26 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat : } t = 12 \text{ mm}$$

Jarak maksimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\begin{aligned} &= 12 t < 150 \text{ mm} \\ &= 12 \cdot 12 < 150 \text{ mm} \\ &= 144 \text{ mm} < 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak lubang baut ke tepi diambil} = 120 \text{ mm}$$

Jarak minimum antar baut

$$= 3 d$$

$$= 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm}$$

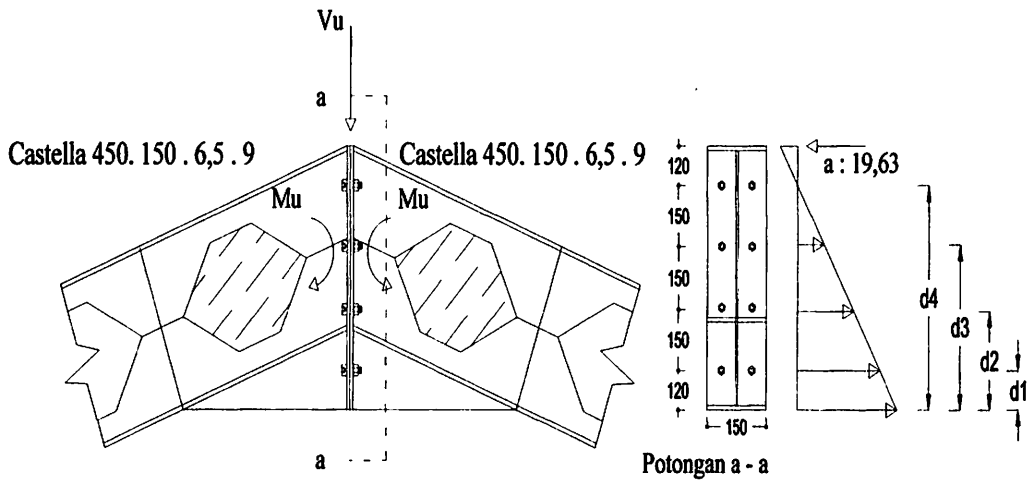
Jarak maksimum antar baut

$$14 t < 180 \text{ mm}$$

$$14 \cdot 12 < 180 \text{ mm}$$

$$168 \text{ mm} < 180 \text{ mm}$$

Jarak dari baut ke baut = 150 mm



**Gambar 4.21** Daigram tegangan Rafter Balok - Balok

Jarak baut ( $d_i$ )

$$d1 = 120 \text{ mm} \quad d3 = 420 \text{ mm}$$

$$d2 = 270 \text{ mm} \quad d4 = 570 \text{ mm}$$

$$d_i = [ d1 + d2 + d3 + d4 ]$$

$$= [ 120 + 270 + 420 + 570 ]$$

$$= 1380 \text{ mm}$$

$$\emptyset Mn = \frac{0,9 \times fy \times a^2 \times b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot di$$

$$a = \frac{0,75 \times fnt \times n1 \times n2 \times Ab}{fy \times b}$$

$$= \frac{0,75 \times 310 \times 2 \times 4 \times 314,00}{240 \times 150}$$

$$= 16,223 \text{ mm}$$

$$\sum_{i=1}^n T \cdot di = 0,75 \times fnt \times n1 \times Ab \times di$$

$$= 0,75 \times 310 \times 2 \times 314,000 \times 1380$$

$$= 201493800 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset Mn = \frac{0,9 \times 240 \times 16,223 \times 150}{2} + 201493800$$

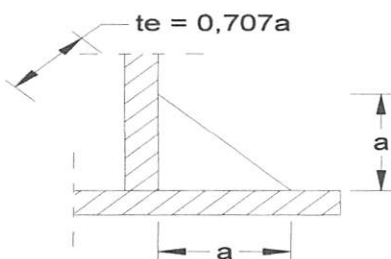
$$= 201756618 \text{ Nmm}$$

Kontrol Momen

$$\emptyset Mn \text{ baut} \geq Mn \text{ balok}$$

$$201756618 \text{ Nmm} > 95506901 \text{ Nmm} \quad \mathbf{AMAN}$$

b) Las Sudut





persyaratan ukuran las (SNI 1729:2015, hal 116)

tebal pelat minimum yang disambung = 12 mm

ukuran minimum las sudut (a)

$$6 < 12 < 13 = 5 \text{ mm}$$

ukuran maksimum las sudut = tebal pelat - 2 mm

$$= 12 - 2 = 10 \text{ mm}$$

diambil las sudut (a) = 5 mm

Throat Efektif untuk las sudut

$$te = 0,707 \times a$$

$$= 0,707 \times 5 = 3,535 \text{ mm}$$

Panjang Minimum Las sudut

$$l_{min} = 4 \times a$$

$$= 4 \times 5 = 20 \text{ mm}$$

Dipakai elektroda 60 :

Tegangan leleh las  $F_{exx} = 354 \text{ Mpa}$

Tegangan Nominal dari logam las

$$\begin{aligned} F_{rw} &= 0,6 F_{exx} \left[ 1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta \right] \\ &= 0,6 \cdot 354 \left[ 1 + 0,5 \sin^{1,5} 45 \right] \\ &= 275,5467 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Kuat rencana Las sudut

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= \phi \times F_{rw} \times te \\ &= 0,75 \times 275,547 \times 3,535 \\ &= 730,5433 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang efektif las yang dibutuhkan  $L_w$

$$L_w = \frac{V_u}{\phi R_{nw}} = \frac{61776,000}{730,5433} = 84,562 \text{ mm}$$

$$L_w > l_{min}$$

$$84,56 \text{ mm} > 20,00 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang las yang digunakan} = 84,56 \text{ mm}$$

### c) Pelat Ujung (End Plate)

Menurut AISC hal 10-25 perencanaan tebal pelat ujung sebagai berikut :

$$t_{min} = \sqrt{\frac{4 \times M_{eu}}{\phi \times F_y \times b_p}}$$

$$C_a = 1,36 \quad (\text{AISC Tabel 10-1})$$

$$b_p = b_f + 25,4 \text{ mm} = 150 + 25,4 = 175,4 \text{ mm}$$

$$C_b = \sqrt{\frac{b_f}{b_p}} = \sqrt{\frac{150}{175,4}} = 0,8552$$

$$d_b = \text{Dimensi baut} = 20 \text{ mm}$$

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

$$p_f = \text{jarak pusat baut ke tepi} - t_f \\ = 120 - 9 = 111 \text{ mm}$$

$$p_e = p_f - \frac{d_b}{4} - \text{Lebar kaki las} \\ = 111 - \frac{20}{4} - 5 = 101 \text{ mm}$$

Luas sayap pada balok tarik ( $A_f$ )

$$A_f = b_f \times t_f \\ = 150 \times 9 = 1350 \text{ mm}^2$$

Luas bersih web ( $A_w$ )

$$A_w = (h - 2 t_f) \times t_w \\ = [450 - 2 \times 9] \times 6,5 = 2808 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
am &= Ca \times Cb \left( \frac{Af}{Aw} \right)^{1/3} \times \left( \frac{pe}{db} \right)^{1/4} \\
&= 1,36 \times 0,8552 \left( \frac{1350}{2808} \right)^{1/3} \times \left( \frac{101}{20} \right)^{1/4} \\
&= 0,2353
\end{aligned}$$

Gaya terfaktor pada sayap ( $Puf$ )

$$\begin{aligned}
Puf &= \frac{Mu}{h - tf} \\
&= \frac{95506901}{450 - 9} \\
&= 216568,9354 \text{ N}
\end{aligned}$$

Momen Pelat Ujung ( $Meu$ )

$$\begin{aligned}
Meu &= am \times Puf \times \frac{pe}{4} \\
&= 0,2353 \times 216568,9354 \times \frac{101}{4} \\
&= 1286781,829 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Tebal Pelat Ujung Minimum ( $t_{min}$ )

$$\begin{aligned}
t_{min} &= \sqrt{\frac{4 \times Meu}{\phi \times Fy \times bp}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 1286781,829}{0,9 \times 240 \times 175,40}} \\
&= 11,656 \text{ mm} \sim 12 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tebal pelat yang digunakan untuk sambungan E adalah = 12 mm

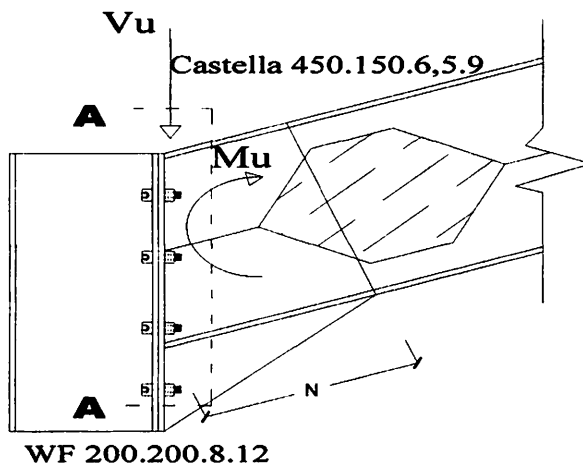
**4.6.2 Sambungan Rafter Balok kolom (Sambungan C dan D)**

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ balok} &= \sigma \times S_g \\
 &= 131,825 \times 724500 \\
 &= 95506900,52 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$V_n = 61776,00 \text{ N}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

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



**Gambar 4.22 Skema Rafter Balok - Kolom**

**a) Sambungan Baut**

dimensi baut = 20 mm (SNI 1729:2015, hal 128)

kekuatan nominal pengecang baut A307 (SNI 1729:2015, hal 125)

$$F_{nt} \text{ (Kekuatan tarik nominal)} = 310 \text{ Mpa}$$

$$F_{rv} \text{ (Kekuatan geser nominal)} = 188 \text{ Mpa}$$

Luas Baut ( $A_b$ )

$$\begin{aligned}
 A_b &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 1/4 \times \pi \times 20^2 \\
 &= 314,000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kekuatan Tarik dan Geser dari baut :

(SNI 1729:2015, hal 129)

Kuat nominal terhadap tarik :

$$\begin{aligned} R_n &= F_{nt} \times A_b \\ &= 310 \times 314,00 \\ &= 97340 \text{ N} \\ \phi R_n &= 0,75 \times 97340 \\ &= 73005 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat nominal terhadap geser :

$$\begin{aligned} R_n &= x F_{nv} \times A_b \\ &= 188 \times 314,00 \\ &= 59032 \text{ N} \\ \phi R_n &= 0,75 \times 59032 \\ &= 44274 \text{ N} \end{aligned}$$

Jarak minimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\text{diameter baut : } 20 \text{ mm} = 26 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat : } t = 12 \text{ mm} \quad t_f \leq t$$

$l_c$  = Jarak bersih baut ke tepi

$$= 50 - 1/2 d = 40 \text{ mm}$$

Kuat nominal tumpu pada lubang - lubang baut :

(SNI 1729:2015, hal 132)

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \times l_c \times t \times f_u \\ &= 1,2 \times 40 \times 12 \times 370 \\ &= 213120,00 \text{ N} \leq 2,4 \times d \times t \times f_u \\ &= 213120,00 \text{ N} \leq 2,4 \times 20 \times 12 \times 370 \\ &= 213120,00 \text{ N} \leq 213120 \text{ N} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{61776}{0,75 \times 59032}$$

$$= 1,3953 \sim 2 \text{ baut}$$

Diambil = 4 buah baut dalam baris

Kontrol kekuatan geser :

$$V_u \leq \phi R_n \times n$$

$$61776 \text{ N} \leq 44274 \times 8$$

$$61776 \text{ N} < 354192 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Kombinasi terhadap tarik dan geser :

$$\phi R_n = \phi \times f_{nt} \times A_b$$

$$f_{rv} = \frac{V_u}{n \times A_b} = \frac{61776}{8 \times 314,000} = 24,592 \text{ MPa}$$

$$f_{nt} = 1,3 \times f_{nt} - \frac{f_{nt}}{\phi \times f_{nv}} \times f_{rv} \leq f_{nt}$$

$$= 1,3 \times 310 - \frac{310}{0,75 \times 188} \times 24,59 \leq 310$$

$$= 348,932 \text{ MPa} > 310 \text{ MPa} \quad \text{No}$$

Catatan bahwa bila tegangan yang diperlukan ( $f_{rv}$ ) kurang dari atau sama dengan 30 % dari tegangan yang tersedia, maka efek kombinasi tegangan tidak perlu diperiksa.

$$f_{rv} \leq 30\% f_{nv}$$

$$24,592 \text{ MPa} \leq 30\% \times 188$$

$$24,592 \text{ MPa} \leq 56,4 \text{ MPa}$$

maka, efek kombinasi tarik dan geser tidak perlu diperiksa

Jarak minimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\text{diameter baut} : 20 \text{ mm} = 26 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat} : t = 12 \text{ mm}$$

Jarak maksimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$S1 = 12 t < 150 \text{ mm}$$

$$= 12 \cdot 20 < 150 \text{ mm}$$

$$= 240 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

$$\text{jarak pusat lubang ke tepi diambil} = 120 \text{ mm}$$

Jarak minimum antar baut

$$= 3 d$$

$$= 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm}$$

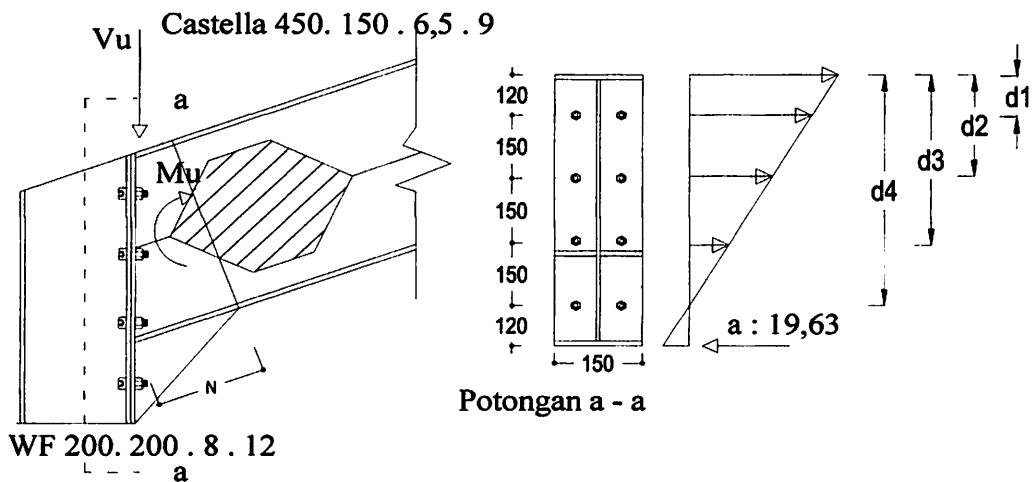
Jarak maksimum antar baut

$$14 t < 180 \text{ mm}$$

$$14 \cdot 20 < 180 \text{ mm}$$

$$280 \text{ mm} < 180 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak dari baut ke baut} = 150 \text{ mm}$$



**Gambar 4.23** Diagram Tegangan Rafter Balok - Kolom

Jarak baut ( $d_i$ )

$$d_1 = 120 \text{ mm} \quad d_3 = 420 \text{ mm}$$

$$d_2 = 270 \text{ mm} \quad d_4 = 570 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_i &= [d_1 + d_2 + d_3 + d_4] \\ &= [120 + 270 + 420 + 570] \\ &= 1380 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\emptyset Mn = \frac{0,9 \times f_y \times a^2 \times b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot a$$

$$a = \frac{0,75 \times f_{nt} \times n_1 \times n_2 \times Ab}{f_y \times b}$$

$$= \frac{0,75 \times 310 \times 2 \times 4 \times 314,000}{240 \times 150}$$

$$= 16,223 \text{ mm}$$

$$\sum_{i=1}^n T \cdot d_i = 0,75 \times f_{nt} \times n_1 \times Ab \times d_i$$

$$= 0,75 \times 310 \times 2 \times 314,00 \times 1380$$

$$= 201493800 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset Mn = \frac{0,9 \times 240 \times 263,2 \times 150}{2} + 201493800$$

$$= 205757584 \text{ Nmm}$$

Kontrol momen

$$\emptyset Mn \geq Mu$$

$$205757584 \text{ Nmm} > 95506901 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$



Kontrol *web crippling* (lipatan pada plat badan)

Kondisi dimana tanpa pengaku segitiga dihitung berdasarkan momen nominal

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times Z_x \times f_y \\ &= 0,9 \times 472000 \times 240 \\ &= 101952000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_u &= \frac{8 \times \phi M_n}{2 \times L} \\ &= \frac{8 \times 101952000}{2 \times 11034} \\ &= 36959,957 \text{ N}\end{aligned}$$

Dicoba tanpa pengaku, N (panjang pengaku)

(*Structural Steel Design*, Jack C. McCormac)

$$\phi P_n = \phi \times 0,4 \times t_w^2 \times \left[ 1 + \left( \frac{3 \times N}{d} \right) \times \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \times \sqrt{\frac{E \times f_y \times t_f}{t_w}}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,75 \times 0,4 \times 6,5^2 \times \left[ 1 + 3 \times \left( \frac{0}{450} \right) \times \left( \frac{6,5}{9} \right)^{1,5} \right] \\ &\quad \times \sqrt{\frac{200000 \times 240 \times 9}{6,5}} \\ &= 12,675 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$12,675 \text{ N} < 36959,957 \text{ N}$$

**TIDAK AMAN**

Maka diberi pengaku pada sambungan

Dicoba pengaku, N 400 mm

$$\frac{N}{d} = \frac{400}{450} = 0,8889 > 0,2$$

$$\phi P_n = \phi \times 0,4 \times t_w^2 \times \left[ 1 + \left( \frac{3 \times N}{d} \right) \times \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \times \sqrt{\frac{E \times f_y \times t_f}{t_w}}$$

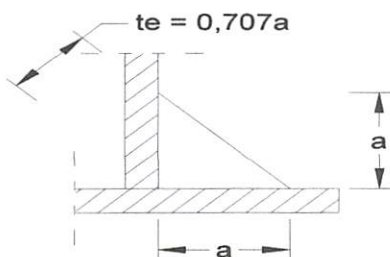
$$\phi P_n = 0,75 \times 0,4 \times 6,5^2 \times \left[ 1 + 3 \times \left( \frac{400}{450} \right) \times \left( \frac{6,5}{9} \right)^{1,5} \right] \times \sqrt{\frac{200000 \times 240 \times 9}{6,5}}$$

$$= 169137,814 \text{ N}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$169137,81 \text{ N} < 36959,957 \text{ N} \quad \text{OK}$$

## b) Las Sudut



persyaratan ukuran las (SNI 1729:2015, hal 116)

tebal pelat yang disambung = 12 mm

ukuran minimum las sudut (a)

$$6 < 12 < 13 = 5 \text{ mm}$$

ukuran maksimum las sudut = tebal pelat - 2 mm

$$= 12 - 2 = 10 \text{ mm}$$

diambil las sudut (a) = 5 mm

Throat Efektif untuk las sudut adalah

$$\begin{aligned} te &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 5 = 3,535 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai elektroda 60 :

Tegangan leleh las  $F_{exx} = 354 \text{ Mpa}$

Panjang Minimum Las sudut

$$\begin{aligned} l_{min} &= 4 \times a \\ &= 4 \times 5 = 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tegangan Nominal dari logam las

$$\begin{aligned} F_{rw} &= 0,6 F_{exx} \left[ 1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta \right] \\ &= 0,6 \cdot 354 \left[ 1 + 0,5 \sin^{1,5} 45 \right] \\ &= 275,5467 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Kuat rencana Las sudut

$$\begin{aligned} \phi R_{rw} &= \phi \times F_{rw} \times te \\ &= 0,75 \times 275,547 \times 3,535 \\ &= 730,5433 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang efektif las yang dibutuhkan  $L_w$

$$L_w = \frac{V_u}{\phi R_{rw}} = \frac{61776,000}{730,5433} = 84,56 \text{ mm}$$

$$L_w > l_{min}$$

$$84,56 \text{ mm} < 20,00 \text{ mm}$$

Panjang las yang digunakan = 84,56 mm

**c) Pelat Ujung (End Plate)**

Menurut AISC hal 10-25 perencanaan tebal pelat ujung sebagai berikut :

$$t \text{ min} = \sqrt{\frac{4 \times M_{eu}}{\phi \times F_y \times b_p}}$$

$$C_a = 1,36 \quad (\text{AISC Tabel 10-1})$$

$$b_p = b_f + 25,4 \text{ mm} = 150 + 25,4 = 175,4 \text{ mm}$$

$$C_b = \sqrt{\frac{b_f}{b_p}} = \sqrt{\frac{150}{175,4}} = 0,8552$$

$$d_b = \text{Dimensi baut} = 20 \text{ mm}$$

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

$$p_f = \text{jarak pusat baut ke tepi} - t_f \\ = 120 - 9 = 111 \text{ mm}$$

$$p_e = p_f - \frac{d_b}{4} - \text{Lebar kaki las} \\ = 111 - \frac{20}{4} - 5 \\ = 101 \text{ mm}$$

Luas sayap pada balok tarik ( $A_f$ )

$$A_f = b_f \times t_f \\ = 150 \times 9 = 1350 \text{ mm}^2$$

Luas bersih web ( $A_w$ )

$$A_w = (h - 2 t_f) \times t_w \\ = [450 - 2 \times 9] \times 6,5 = 2808 \text{ mm}^2$$

$$a_m = C_a \times C_b \left( \frac{A_f}{A_w} \right)^{1/3} \times \left( \frac{p_e}{d_b} \right)^{1/4} \\ = 1,36 \times 0,8552 \left( \frac{1350}{2808} \right)^{1/3} \times \left( \frac{101}{20} \right)^{1/4}$$

$$= 0,2353$$

Gaya terfaktor pada sayap ( $P_{uf}$ )

$$\begin{aligned}
 P_{uf} &= \frac{Mu}{h - t_f} \\
 &= \frac{95506901}{450 - 9} \\
 &= 216568,9354 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Momen Pelat Ujung ( $M_{eu}$ )

$$\begin{aligned}
 M_{eu} &= a_m \times P_{uf} \times \frac{pe}{4} \\
 &= 0,2353 \times 216568,9354 \times \frac{101}{4} \\
 &= 1286781,829 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Tebal Pelat Ujung Minimum ( $t_{min}$ )

$$\begin{aligned}
 t_{min} &= \sqrt{\frac{4 \times M_{eu}}{\phi \times F_y \times b_p}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 1286781,829}{0,9 \times 240 \times 175,40}} \\
 &= 11,656 \text{ mm} \sim 12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal pelat yang digunakan untuk sambungan C dan D adalah = 12 mm

#### 4.6.3 Sambungan Base Plate (Sambungan A dan B)

Dengan menggunakan perogram bantu staad pro 2007 Bentley  
didapatkan nilai momen ( $M_u$ ), gaya aksial ( $P_r$ ), tegangan geser ( $V_u$ )

$$M_u = 58502 \text{ Nm} \quad \sim \quad 58502000 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 31837 \text{ N}$$

$$V_u = 61776 \text{ N}$$

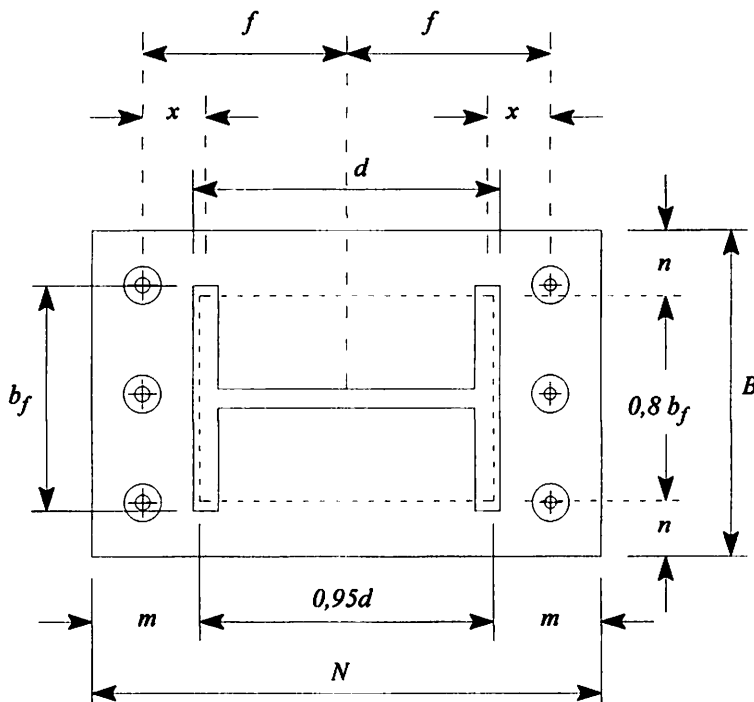
$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

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

Dicoba menggunakan pondasi beton

$$\text{dimensi} = N \times B = 400 \times 350 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu } F'_c = 25 \text{ Mpa}$$



**Gambar 4.24** Penamaan Sambungan Base Plate

a) Perencanaan sambungan Base Plate

$$m = \frac{\left[ N - 0,95 d \right]}{2} = \frac{\left[ 400 - 0,95 \cdot 200 \right]}{2}$$

$$= 105 \text{ mm}$$

$$n = \frac{\left[ B - 0,95 bf \right]}{2} = \frac{\left[ 350 - 0,95 \cdot 200 \right]}{2}$$

$$= 80 \text{ mm}$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{tf}{2} = 150 - \frac{200}{2} + \frac{12}{2}$$

$$= 56,0 \text{ mm}$$

Nilai eksentrisitas dari sumbu kolom

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{58502000}{31837} = 1837,5 \text{ mm}$$

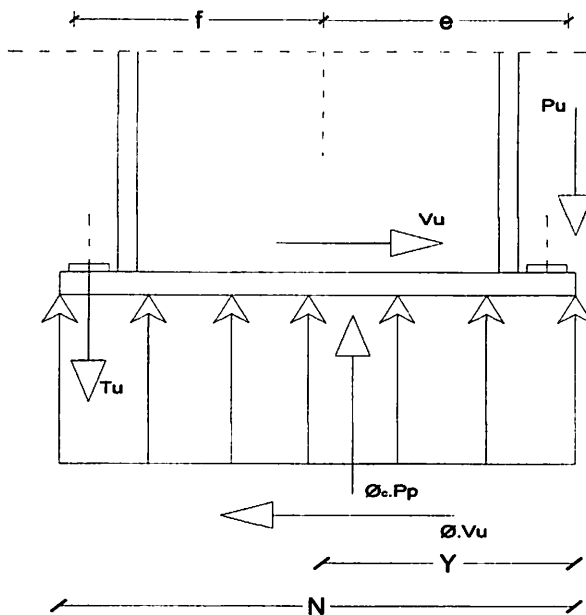
$$e > \frac{N}{6} = \frac{400}{6} = 67 \text{ mm}$$

1837,5 mm > 67 mm      **Termasuk kategori D**

$$\frac{P_u N}{6} = \frac{31837 \times 400}{6} = 2122466,7 \text{ Nmm}$$

$$0 \leq \frac{P_u N}{6} \leq M_u$$

$$0 \leq 2122466,7 \text{ Nmm} \leq 58502000 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$



**Gambar 4.25** Beban yang bekerja pada *Base Plate*

Menghitung tegangan tumpu pada beton

$$q = \phi_c \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot B \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \text{ diasumsikan adalah } = 1$$

$$q = 0,6 \times 0,85 \times 25 \times 350 \times 1$$

$$= 4462,5 \text{ N/mm}$$

$$f = \text{jarak antara angkur ke profil baja dibagi 2}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

$$f + \frac{N}{2} = 150 + \frac{400}{2} = 350 \text{ mm}$$

$$f + e = 150 + 1837,5 = 1988 \text{ mm}$$

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



$$\begin{aligned}
 Y &= 350 + \sqrt{122500 - \frac{63674 \times 1987,5}{4462,5}} \\
 &= 656,823 \text{ mm} \\
 Y &= 350 - \sqrt{122500 - \frac{63674 \times 1987,5}{4462,5}} \\
 &= 43,177 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari persyaratan kesetimbangan, maka jumlah gaya dalam arah vertikal harus sama dengan nol, atau dalam bentuk matematis adalah :

$$\sum F_v = 0$$

$$T_u + P_u - \phi_c P_p = 0$$

$$T_u + q Y - \phi_c P_p = 0$$

$$T_u = q \times Y - P_u$$

$$\begin{aligned}
 T_u &= q \times Y - P_u \\
 &= 4462,5 \times 43,18 - 31837 \\
 &= 160840,65 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan angkur terhadap gaya geser dan tarik

Dicoba menggunakan angkur tipe A307

$$n = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Diameter } 3/4 \text{ in} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_b &= 1/4 \times 3,14 \times 20^2 \\
 &= 314 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat geser nominal angkur tipe A325

$$F_{nv} = 414 \text{ Mpa}$$

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} = \frac{61776}{6} = 10296 \text{ N}$$

$$F_v = \frac{V_{ub}}{A_b} = \frac{10296}{314} = 32,79 \text{ Mpa}$$

$$V_{ub} \leq \phi \times F_v \times A_b$$

$$10296 \text{ N} \leq 0,75 \times 414 \times 314$$

$$10296 \text{ N} \leq 97497 \text{ N} \quad \textbf{AMAN}$$

Kuat tarik Nominal A325

$$\begin{aligned} F_{nt} &= 807 - 1,9 F_v < 621 \\ &= 807 - 1,5 \cdot 32,79 < 621 \\ &= 757,82 \text{ Mpa} < 621 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$T_{ub} = \frac{T_u}{nt} = \frac{160840,65}{3} = 53614 \text{ N}$$

$$T_{ub} \leq \phi \times F_{nt} \times A_b$$

$$53614 \text{ N} \leq 0,75 \times 621 \times 314$$

$$53614 \text{ N} \leq 146246 \text{ N} \quad \textbf{AMAN}$$

Perhitungan Tebal Base Plate Kategori D

$$m = 105,00 \text{ mm}$$

$$Y = 43,18 \text{ mm}$$

$$x = 56,00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} t \text{ perlu } 1 &\geq 2,11 \sqrt{\frac{T_u \cdot X}{B \cdot F_y}} \\ &> 2,11 \sqrt{\frac{160840,65 \times 56,00}{350 \times 240}} \\ &= 21,84916 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk  $Y < m$

$$\begin{aligned}t \text{ perlu } 2 &= 2,11 \sqrt{\frac{P_u \left( m - Y/2 \right)}{B \times f_y}} \\&= 2,11 \sqrt{\frac{31837 \times \left( 105 - 21,589 \right)}{350 \times 240}} \\&= 11,8637 \text{ mm}\end{aligned}$$

diambil tebal pelat terbesar  $t = 22 \text{ mm}$

sehingga ukuran base plate =  $300 \times 300 \times 22 \text{ mm}$

Momen lentur terfaktor pada base plate yang termasuk kategori D, dihitung berdasarkan gaya tarik,  $T_u$ , yang timbul pada angkur :

$$M_{pl} = \frac{T_u \times x}{B} = \frac{160840,65 \times 56,00}{350} = 25735 \text{ Nmm}$$

Momen nominal base plate dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}M_n &= M_p = \left( \frac{t^2}{4} \right) \times f_y \\&= \left( \frac{484}{4} \right) \times 240 \\&= 29040 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Kontrol Momen

$$\begin{aligned}M_{pl} &< M_n \\25734,50 \text{ Nmm} &\leq 29040 \text{ Nmm} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Jarak minimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

diameter angkur :  $20 \text{ mm} = 26 \text{ mm}$

tebal pelat  $t = 22 \text{ mm}$

Jarak maksimum, dari pusat lubang ke tepi dari bagian yang disambung

$$\begin{aligned} S1 &= 12 t < 150 \text{ mm} \\ &= 12 \cdot 22 < 150 \text{ mm} \\ &= 264 \text{ mm} < 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

jarak pusat lubang ke tepi diambil = 75 mm

Jarak minimum antar baut

$$\begin{aligned} &= 3 d \\ &= 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak maksimum antar baut

$$\begin{aligned} 14 t &< 180 \text{ mm} \\ 14 \cdot 22 &< 180 \text{ mm} \\ 308 \text{ mm} &< 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

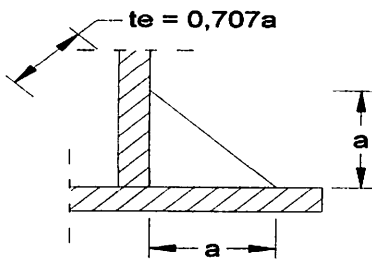
Jarak dari baut ke baut = 100 mm

Desain Panjang Angkur Minimum Yang diperlukan

$$\begin{aligned} L_{\min} &= \frac{f_y}{4 \sqrt{f'_c}} \times \text{diameter baut ankur} \\ &= \frac{240}{4 \sqrt{25}} \times 20 = 240,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang panjang ankur = 300 mm

b) Las Sudut



persyaratan ukuran las (SNI 1729:2015, hal 116)

tebal pelat yang disambung = 22 mm

ukuran minimum las sudut (a)

$$19 \text{ mm} < 22 \text{ mm} = 8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{ukuran maksimum las sudut} &= \text{tebal pelat} - 2 \text{ mm} \\ &= 22 - 2 = 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

diambil las sudut (a) = 10 mm

Throat Efektif untuk las sudut adalah

$$\begin{aligned} te &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 10 = 7,07 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai elektroda 60 :

$$\text{Tegangan leleh las } f_{yw} = 354 \text{ Mpa}$$

Panjang Minimum Las sudut

$$\begin{aligned} l_{min} &= 4 \times a \\ &= 4 \times 10 = 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tegangan Nominal dari logam las

$$\begin{aligned} F_{rw} &= 0,6 f_{yw} \left[ 1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta \right] \\ &= 0,6 \cdot 354 \left[ 1 + 0,5 \sin^{1,5} 45 \right] \\ &= 287,49474 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Kuat rencana Las sudut ukuran 8 mm

$$\begin{aligned}\phi R_{nw} &= \phi \times F_{nw} \times t_e \\ &= 0,75 \times 287,495 \times 7,07 \\ &= 1524,4409 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Panjang efektif las yang dibutuhkan  $L_w$

$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_{nw}} = \frac{160840,651}{1524,4409} = 105,51 \text{ mm}$$

$$L_w > l_{min}$$

$$105,51 \text{ mm} > 40,00 \text{ mm}$$

Panjang las yang dibutuhkan = 105,51 mm

## BAB V

### KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan struktur pada proyek pembangunan gudang penyimpanan barang di Bangil – Pasuruan dengan menggunakan baja castella pada atap dan baja profil WF pada kolom didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Profil gording menggunakan channel 150 . 50 . 20 . 2,3 dengan menggunakan trekstang  $\varnothing$  8 mm sebanyak 1 buah
2. Balok Castella 450 . 150 . 6,5 . 9 diambil dari profil I 350 . 150 . 6,5 . 9

Tinggi Balok (d) = 450 mm

Lebar Balok (bf) = 150 mm

Tebal web (tw) = 6,5 mm

Tebal Flange (tf) = 9 mm

3. Kolom menggunakan profil WF 200 . 200 . 8 . 12

Tinggi Balok (d) = 200 mm

Lebar Balok (bf) = 200 mm

Tebal web (tw) = 8 mm

Tebal Flange (tf) = 12 mm

4. Sambungan Rafter Balok - Balok

Jumlah baut yang dibutuhkan = 8 buah

Diameter baut A307 = 20 mm

Tebal pelat = 12 mm

Jarak baut ke tepi (S1) = 120 mm

Jarak baut ke baut (S2) = 150 mm

Panjang efektif las yang dibutuhkan = 84,56 mm

5. Sambungan Rafter Balok - Kolom

Jumlah baut yang dibutuhkan = 8 buah

Diameter baut A307 = 20 mm

Tebal pelat = 12 mm

Jarak baut ke tepi (S1) = 120 mm

Jarak baut ke baut (S2) = 150 mm

Panjang efektif las yang dibutuhkan = 84,56 mm

6. Sambungan pelat dasar (*Base Plate*)

Jumlah angkur yang dibutuhkan = 6 buah

Diameter angkur = 20 mm

Panjang angkur = 300 mm

Dimensi Base plate = 400 . 350 . 20

Panjang N = 400 mm

Lebar B = 350 mm

Tebal pelat = 22 mm

Mutu beton  $F'c = 25$  Mpa

Jarak angkur ke tepi (S1) = 75 mm

Jarak antar angkur (S2) = 100 mm

Panjang efektif las yang dibutuhkan = 105,51 mm



## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainal.2000. "Studi Perbandingan Perencanaan portal Baja Menggunakan Balok Castella Dengan Profil WF Pada Proyek Pembangunan Gudang Rotan Di Krian Sidoarjo". Malang: Skripsi Institut Teknologi Nasional Malang
- Blodgett, Omer W. 1966. "Design Of Welded Structures". USA: The James F. Lincolin ARC Welding Fondation
- Departemen Pekerjaan Umum. "*Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Gedung, SNI 03-1729-2002*".
- Departemen Pekerjaan Umum. "*Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727-2013.*"
- Departemen Pekerjaan Umum. "*Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729-2015.*"
- Ridwan, Muhammad.2014. "*Studi Analisis Perbandingan Antara Balok Baja Profil WF (Wide Flange) Dan Balok Castella Dengan Model Struktur Geble Frame Pada Relokasi Pasar Blimbing Malang*". Malang: Skripsi Institut Teknologi Nasional Malang
- Setiawan, Agus.2013. "*Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002) edisi kedua*" Jakarta: Erlangga
- Fisher, James M. 2006. "*Base Plate and anchor Rod Design Second Edition*". Wisconsin American Institute of Steel Construction (AISC).



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

NI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

nomor : ITN-1704.04/21/B/TA/I/Gnp/ 2014-2015

17 April 2015

inspirasi : -  
hal : **Bimbingan Skripsi**

ada Yth : **Bpk/Ibu Ir. Munasih, MT.**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

**MALANG**

Dengan Hormat,

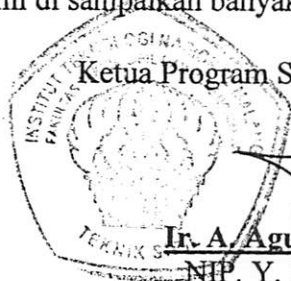
Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Vidian Risqi AK**  
Nim : **1121085**  
Prodi : **Teknik Sipil ( S-1 )**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :  
**"Perencanaan Struktur Portal Baja Menggunakan Balok Castella dengan Profil WF pada Proyek Pemabangunan Gedung di Bangil Pasuruan Menggunakan Metode LRFD "**.

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi. Waktu penyelesaian skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal : **17 April 2015 s/d 17 Oktober 2015**. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami di sampaikan banyak terima kasih.



Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)

**Ir. A. Agus Santosa, MT**  
NIP. Y. 101 87 00 155

pesan Kepada Yth :  
Wakil Dekan I FTSP.  
Arsip.



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

NI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

nomor : ITN-1704.04/21/B/TA/I/Gnp/ 2014-2015

17 April 2015

lampiran : -

hal : Bimbingan Skripsi

ada Yth : Bpk/Ibu Ir. A. Agus Santosa, MT.  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Vidian Risqi AK**  
Nim : **1121085**  
Prodi : **Teknik Sipil ( S-1 )**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :  
**"Perencanaan Struktur Portal Baja Menggunakan Balok Castella dengan Profil WF pada Proyek Pemabangunan Gedung di Bangil Pasuruan Menggunakan Metode LRFD "**.

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi. Waktu penyelesaian skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal : **17 April 2015** s/d **17 Oktober 2015**. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)

  
**Ir. A. Agus Santosa, MT**  
NIP. Y. 101 87 00 155

Disampaikan Kepada Yth :  
Wakil Dekan I FTSP.  
Arsip.



**FORM REVISI / PERBAIKAN**  
**BIDANG \_\_\_\_\_**

Nama : Vidian

NIM : \_\_\_\_\_

Hari / tanggal : \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

Perbaikan struktur ke 91.

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

Ujian Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian  
 akademik. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikutkan Yudisium.

Perbaikan telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, \_\_\_\_\_ 20  
 Dosen Penguji

*[Handwritten signature]*

( \_\_\_\_\_ )

Malang, \_\_\_\_\_ 20  
 Dosen Penguji

*[Handwritten signature]*

( \_\_\_\_\_ )



**FORM REVISI / PERBAIKAN  
 BIDANG \_\_\_\_\_**

Nama : ~~Made~~ Uldi

NIM : \_\_\_\_\_

Hari / tanggal : \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

baikan materi Skripsi meliputi :

- Momen pd Gorday
- Kontrol geser pada pada pelat badan
- Samb geser
- Tepi samb badan
- Samb.

Ujian Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian anakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikutkan Yudisium.

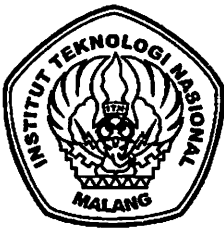
Selesai Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, \_\_\_\_\_ 20  
 Dosen Penguji

( \_\_\_\_\_ )

Malang, \_\_\_\_\_ 20  
 Dosen Penguji

( \_\_\_\_\_ )



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

Nama : Vidian Rizqi Adi Kurniawan  
Nim : 11.21.078  
Program Studi : Teknik Sipil.  
Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	19-6-'15	- Urutan perh. gardip betulkon - Cek. perh. beban angin	
2	9-7-'15	- Perh. Statika OK. - Lembar perh. kontrol peromp.	
3	25-7-'15	- Kontrol peromp. OK. - " " lenda OK. - Perh. Samb. baut. - OK. bin seminar hasil	



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp (0341) 551431 Malang

**LEMBAR ASISTENSI**

**SKRIPSI**

Nama : Vidian Rizqi Adi Kurniawan  
Nim : 11.21.078  
Program Studi : Teknik Sipil.  
Dosen Pembimbing : Ir. Munasih, MT



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	20 - 5 2015	Penulisan (ab. or awal pemb. gording Atulhan.	} }
2	21 5 2015	perb. Atulhan	} }
3	12 6 2015	sel. 6 temb. Atulhan ly. pemb. Atulhan	} }
4	3 6 2015	- salah. 2-ta lebih lengkap?	} }
5	19 7 2015	- base plate paku 4 bulan ideal	} }
6	23 7 2015	ceqha pi lampiran ada seminar	} }



# CAKRAWALA ELANG NUSANTARA

General Trading & Contractor

Perumahan Taman Aloha Blok H2 No.23 Sidoarjo - Jawa Timur  
Telp : (031) 855 0281 - Fax : (031) 855 0281

Fast Response

0811 327 700  
0811 327 800  
PIN BB : 2B44C491

cakrawalaelangnusantara.blogspot.com  
cakrawalaelangnusantara@gmail.com  
https://www.facebook.com/cakrawala.elang.nusantara  
https://twitter.com/cakrawala\_elang

- ATAP ZINCALUME
- GENTENG METAL
- ATAP BITUMEN
- ATAP TRANSLUCENT
- ATAP UPVC
- POLYCARBONATE
- INSULATION
- RANGKA BAJA RINGAN
- HOLLOW GALVALUME
- TURBINE VENTILATOR
- ALUMINIUM COMPOSITE PANEL
- STRUCTURAL DECKING
- PIPA BESI PLAT WF

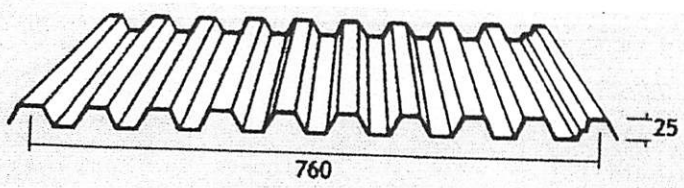
CD 10 - 760

Atap CD 760 adalah "Atap ZincAluminium", terdiri dari perpaduan antara 43,5% seng, 55% Aluminium dan 1,5% silikon yang dikombinasikan menghasilkan produk yang luar biasa kuatnya. Perpaduan unsur Aluminium berguna untuk ketahanan terhadap karat, sedangkan unsur zinc berfungsi untuk kekakuan bentuk atap

**SPEKIFIKASI PRODUK ATAP CD 760**

- Nama Produk : Atap CD 760
- Lebar Efektif : 760 mm
- Gelombang : 10 Gelombang
- Bahan Dasar : Baja Hi-Ten G550  
Baja Soft G300
- Sumber Bahan : Zincalume AZ 150  
Abadi AZ 100
- Lapis Lindung : Zinc-Aluminium  
Prepainted Zinc-Aluminium 150 gr/m<sup>2</sup>  
Prepainted Zinc-Aluminium 100 gr/m<sup>2</sup>
- Warna : Colorbond  
Pelangi  
Gemilang
- Tebal standar : 0.20 mm BMT atau 0.25 mm TCT  
0.25 mm BMT atau 0.30 mm TCT  
0.30 mm BMT atau 0.35 mm TCT  
0.35 mm BMT atau 0.40 mm TCT  
0.40 mm BMT atau 0.45 mm TCT  
0.45 mm BMT atau 0.50 mm TCT

Panjang :  
- Ukuran sesuai kebutuhan, Maksimal 12 m



ATAP ZINCALUME CD 760

TEBAL (mm)	JARAK GORDING (M) - YANG DISARANKAN UNTUK MODEL SPANDEK				BERAT PER M <sup>2</sup>	MIN OVERLAP <10
	ATAP			DINDING		
	BENTANG MENERUS	BENTANG TUNGGAL	KANTILAYER	JARAK RANGKA		
0,35	1,35	1,20	0,30	1,70	2,65	20 cm
0,40	1,60	1,35	0,35	1,90	3,10	20 cm
0,50	1,85	1,60	0,45	2,20	3,80	20 cm

JARAK GORDING PEMASANGAN ATAP GALVALUME

PENGUNJUNG  
**3 7 3 4 2**

- KATEGORI PRODUK
- ATAP METAL ZINCALUME
- GENTENG METAL
- ATAP BITUMEN
- ATAP TRANSLUCENT
- ATAP UPVC
- POLYCARBONATE
- INSULATION
- RANGKA BAJA RINGAN
- HOLLOW GALVALUME
- TURBINE VENTILATOR
- ALUMINIUM COMPOSITE PANEL
- STRUCTURAL DECKING
- PIPA BESI PLAT WF
- SEMUA PRODUK

LINK WEBSITE

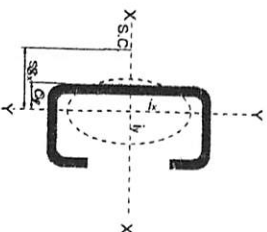
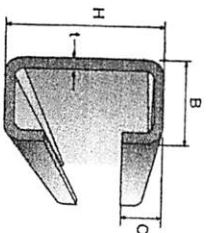
- <http://tokoonline-bahanbangunan.blogspot.com/>
- <http://hargaadvertising.blogspot.com/>
- [hargaprodukbangunan.blogspot.com](http://hargaprodukbangunan.blogspot.com)





## Lipped Channel (Baja Kanal C Ringan)

### Product Specifications



Dimension H x B x C mm	Section Area A cm <sup>2</sup>	Unit Weight Kg/m	Geometrical Moment of inertia		Modulus of Section		Radius of Gyration		Center of Gravity		Shear Center		Torsion Constant		Warping Constant	
			I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	Z <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> cm	r <sub>y</sub> cm	C <sub>g</sub> cm	X <sub>c</sub> cm	J cm <sup>4</sup>	C <sub>w</sub> cm <sup>6</sup>				
C 100 x 50 x 20	2	4.54	3.56	71	17	14.3	5.4	3.97	1.93	1.87	1.87	4.48	605	444		
	2.3	5.17	4.06	81	19	16.1	6	3.95	1.92	1.86	1.92	4.46	912	496		
	2.5	5.59	4.39	87	20	17.3	6.5	3.94	1.9	1.86	1.86	4.45	1164	528		
	2.8	6.2	4.87	95	22	19.1	7.1	3.92	1.89	1.86	1.86	4.42	1621	574		
	3	6.61	5.19	101	23	20.2	7.4	3.91	1.88	1.86	1.86	4.41	1982	603		
C 125 x 50 x 20	3.2	7.01	5.5	106	24	21.3	7.8	3.9	1.87	1.86	1.86	4.4	2392	630		
	2	5.04	3.95	120	18	19.3	5.5	4.89	1.91	1.69	1.69	4.15	672	675		
	2.3	5.75	4.51	136	21	21.8	6.2	4.87	1.89	1.69	1.69	4.12	1013	755		
	2.5	6.21	4.88	147	22	23.5	6.6	4.86	1.88	1.69	1.69	4.11	1295	805		
	2.8	6.9	5.42	162	24	25.9	7.2	4.84	1.86	1.69	1.69	4.08	1804	877		
C 150 x 50 x 20	3	7.36	5.78	172	25	27.5	7.6	4.83	1.85	1.69	1.69	4.07	2207	922		
	3.2	7.81	6.13	181	27	29	8	4.82	1.84	1.68	1.68	4.05	2665	965		
	2	5.54	4.35	185	19	24.7	5.6	5.79	1.97	1.55	1.55	3.86	738	971		
	2.3	6.32	4.96	210	22	28	6.3	5.77	1.86	1.55	1.55	3.84	1115	1088		
	2.5	6.84	5.37	226	23	30.2	6.8	5.75	1.85	1.55	1.55	3.82	1425	1162		
C 150 x 50 x 20	2.8	7.6	5.97	250	26	33.3	7.4	5.73	1.83	1.54	1.54	3.8	1867	1267		
	3	8.11	6.37	265	27	35.4	7.8	5.72	1.82	1.54	1.54	3.78	2432	1334		
	3.2	8.61	6.76	280	28	37.4	8.2	5.71	1.81	1.54	1.54	3.77	2938	1398		
	2	6.14	4.82	218	36	29.1	8.3	5.96	2.43	2.12	2.12	5.19	818	1784		
	2.3	7.01	5.5	248	41	33	9.4	5.94	2.42	2.12	2.12	5.16	1236	2006		
C 150 x 65 x 20	2.5	7.59	5.96	267	44	35.6	10	5.93	2.41	2.12	2.12	5.15	1581	2148		
	2.8	8.44	6.63	295	48	39.4	11	5.91	2.39	2.12	2.12	5.13	2207	2352		
	3	9.01	7.07	314	51	41.8	11.6	5.9	2.38	2.11	2.11	5.11	2702	2482		
	3.2	9.57	7.51	332	54	44.2	12.2	5.89	2.37	2.11	2.11	5.09	3265	2608		
	2	7.54	5.92	467	56	46.7	10.6	7.87	2.73	2.2	2.2	5.49	1005	4571		
C 200 x 75 x 20	2.3	8.62	6.77	531	64	53.1	12	7.85	2.72	2.2	2.2	5.47	1520	5159		
	2.5	9.34	7.33	573	68	57.3	12.9	7.84	2.71	2.2	2.2	5.45	1946	5537		
	2.8	10.4	8.17	636	75	63.6	14.2	7.82	2.69	2.2	2.2	5.42	2719	6085		
	3	11.11	8.72	676	80	67.6	15	7.8	2.68	2.19	2.19	5.41	3332	6437		
	3.2	11.81	9.27	716	84	71.6	15.8	7.79	2.67	2.19	2.19	5.39	4030	6779		

### Technical Specification

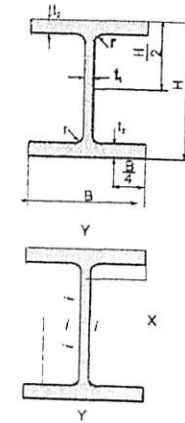
Material : JIS G 3131 / ASTM 830  
 Syntbol : SPHC/ SAE 1006/ SAE 1008  
 Standard length : 6 Meters  
 Dimension Tolerance : JIS G 3350

Non standard length is available on request subject to minimum quantity.  
 We provide additional services for standard drilling and punching.  
 Shotblasting, painting and galvanizing are available on request.

WIDE FLANGE (IWF)

Metric Size | JIS 3192

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS					SECTION AREA A cm <sup>2</sup>	UNIT WEIGHT		GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION		REMARKS
Nominal Dimensional mm	H x B mm x mm	t1 mm	t2 mm	r mm		Kg/m	Kg/12m	Ix cm <sup>4</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	ix cm	iy cm	Zy cm <sup>3</sup>	Zy cm <sup>3</sup>	
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	168	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2	
150 x 100	148 x 100	6	9	11	26.84	21.10	253.2	1 020	151	6.17	2.37	138	30.1	
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	218.4	1 580	114	8.26	2.21	160	23.0	
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	255.6	1 840	134	8.24	2.22	184	26.8	
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60	367.2	2 675	507	8.30	3.60	275.8	67.6	
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.70	308.4	3 540	255	10.4	2.79	285	41.1	
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	355.2	4 050	294	10.4	2.79	324	47.0	
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.0	384	6 320	442	12.4	3.29	424	59.3	
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	440.4	7 210	508	12.4	3.29	481	67.7	
350 x 175	346 x 174	6	9	14	52.68	41.40	469.8	11 100	792	14.5	3.88	641	91.0	
	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	595.2	13 600	984	14.7	3.95	775	112	
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	679.2	20 000	1 450	16.7	4.48	1 010	145	
	400 x 200	8	13	16	84.1	66.0	792	23 700	1 740	16.8	4.54	1 190	174	
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.8	76.0	912	33 500	1 870	18.6	4.40	1 490	187	
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.2	89.6	1075.2	47 800	2 140	20.5	4.43	1 910	214	
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106	1272	77 600	2 280	24.0	4.12	2 590	228	

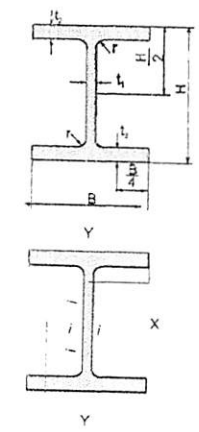


NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

# H-BEAM

Metric Size | JIS 3192

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS				SECTION AREA A cm <sup>2</sup>	UNIT WEIGHT		GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION		REMARKS
H x B mm x mm	t1 mm	t2 mm	r mm		Kg/m	Kg/12m	Ix cm <sup>4</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	ix cm	iy cm	Zy cm <sup>3</sup>	Zy cm <sup>3</sup>	
100 x 100	6	8	10	21.90	17.20	206	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7	
125 x 125	6.5	9	10	30.31	23.80	286	847	293	5.29	3.11	136	47	
150 x 150	7	10	11	40.14	31.50	378	1 640	563	6.39	3.75	219	75.1	
175 x 175	7.5	11	12	51.21	40.20	482	2 880	984	7.50	4.38	330	112	
200 x 200	8	12	13	63.53	49.90	599	4 720	1 600	8.62	5.02	472	160	
250 x 250	9	14	16	92.18	72.40	869	10 800	3 650	10.8	6.29	867	292	
300 x 300	10	15	18	119.80	94	1128	20 400	6 750	13.1	7.51	1 360	450	
350 x 350	12	19	20	173.9	137	1644	40 300	13 600	15.2	8.84	2 300	776	



NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

SPACE DXF IMPORT OF DRAWING1.DWG.DXF

JOB INFORMATION

ER DATE 05-Jun-15

B INFORMATION

WIDTH 79

ETER KG

COORDINATES

517 3.31014 0; 2 14.7517 9.31014 0; 3 34.7517 3.31014 0;

517 9.31014 0; 5 24.7517 13.9732 0;

INCIDENCES

2 3 4; 3 2 5; 4 5 4;

MATERIAL START

PIC STEEL

042e+010

N 0.3

7 7833.41

1.2e-005

.03

FEEL

PH FY 2.58192e+007 FU 4.1584e+007 RY 1.5 RT 1.2

FINE MATERIAL

PROPERTY JAPANESE

BLE ST H200X200X8

4 KG

PROPERTY JAPANESE

CS AX 56.53 IX 16895.1 IY 508.1 IZ 16895.1

ETER KG

NTS

AL STEEL ALL

'S

KED

LOADTYPE Dead TITLE BEBAN MATI (D)

IGHT Y -1

LOAD

Y -54.18 11

Y -66.32 9.77

Y -66.32 8.54

Y -66.32 7.31

Y -66.32 6.08

Y -66.32 4.85

Y -66.32 3.62

Y -66.32 2.46

Y -66.32 1.16

Y -54.18 0.03

Y -54.18 11

Y -66.32 9.77

Y -66.32 8.54

Y -66.32 7.31

Y -66.32 6.08

Y -66.32 4.85

Y -66.32 3.62

Y -66.32 2.46

Y -66.32 1.16

Y -54.18 0.03

LOADTYPE Roof Live TITLE BEBAN HIDUP ATAP (LR)

LOAD

Y -96 11

Y -96 9.77

Y -96 8.54

Y -96 7.31

Y -96 6.08

Y -96 4.85

Y -96 3.62

Y -96 2.46

Y -96 1.16

Y -96 0.03

LOADTYPE Wind TITLE BEBAN ANGIN (W)

LOAD

-1.4 11

-2.81 9.77

-2.81 8.54

-2.81 7.31

-2.81 7.31  
-2.81 6.08  
-2.81 4.85  
-2.81 3.62  
-2.81 2.46  
-2.81 1.16  
-1.4 0.03  
5.41 11  
10.82 9.77  
10.82 8.54  
10.82 7.31  
10.82 6.08  
10.82 4.85  
10.82 3.62  
10.82 2.46  
10.82 1.16  
5.41 0.03  
MB 3 1.4D

MB 5 1.2D+1.6LR+0.5W

1.6 4 0.5

MB 6 1.2D + 0.5LR

0.5

ANALYSIS

ER 1

FD

295e+007 ALL

44732e+007 ALL

ALL

ODE ALL

KG

ANALYSIS

ANALYSIS

ANALYSIS

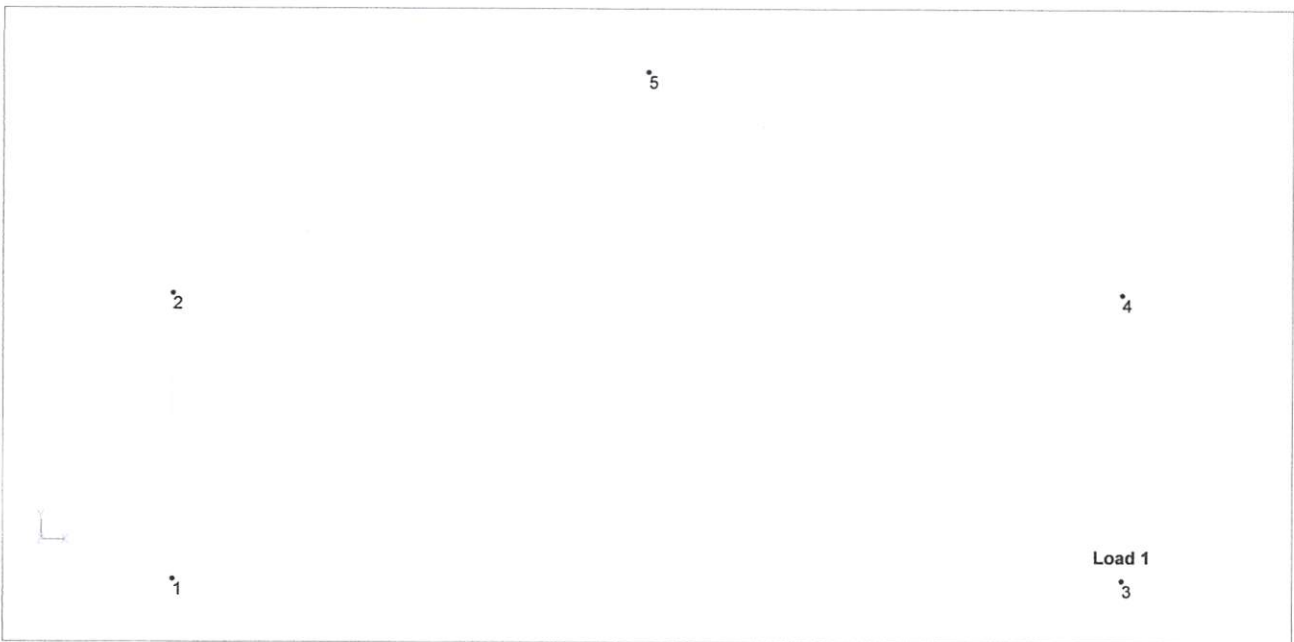


Software licensed to home

Job No	Sheet No <b>1</b>	Rev
Part		
Ref		
By	Date 05-Jun-15	Chd
Client	File SKRIPSI.std	Date/Time 22-Aug-2015 18:59



Nomor Batang



Nomor Joint

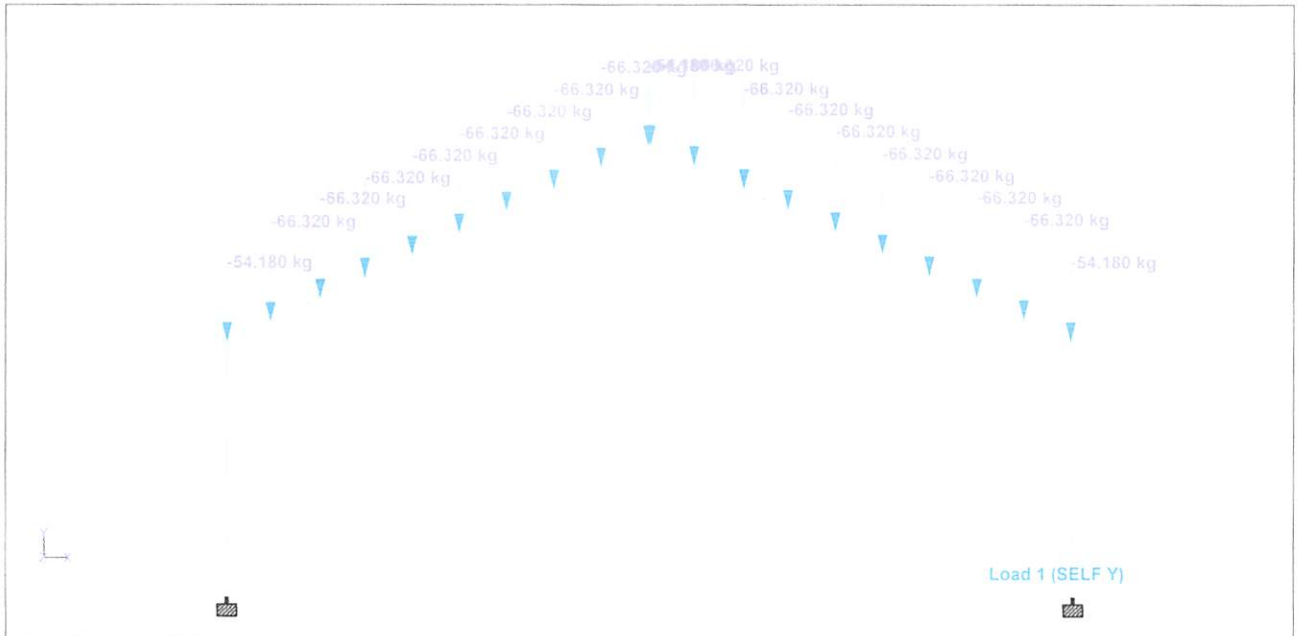


Software licensed to home

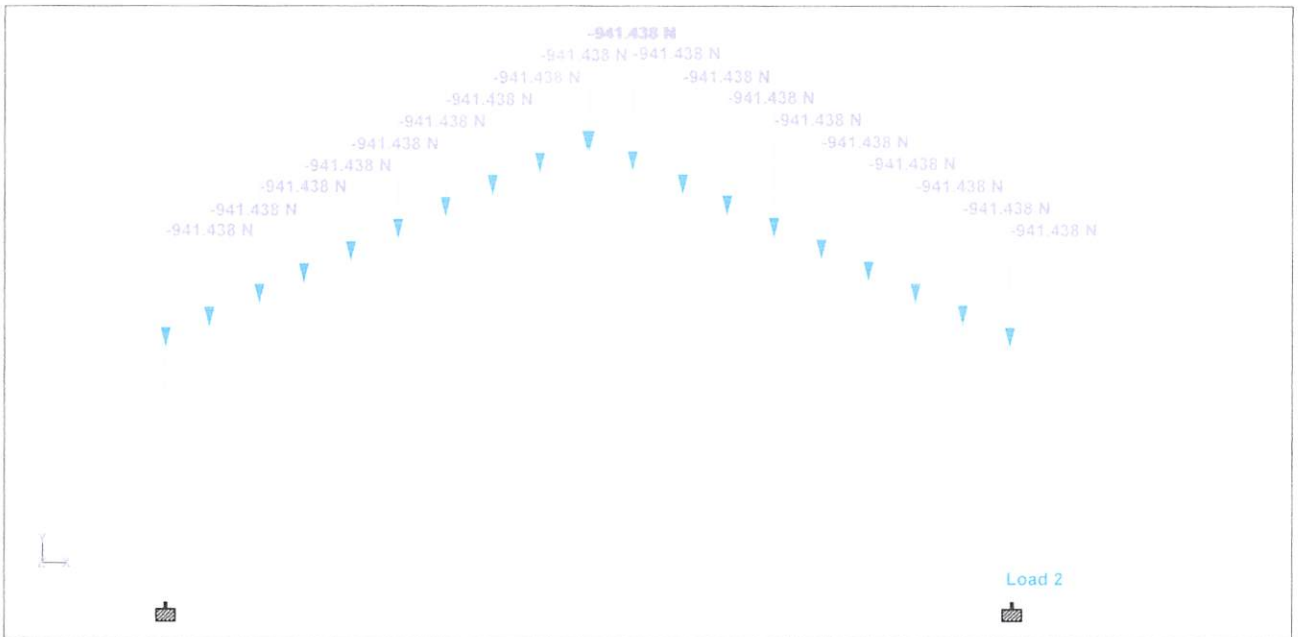
Job No	Sheet No <b>2</b>	Rev
Part		
Ref		
By	Date 05-Jun-15	Chd
File SKRIPSI.std	Date/Time 22-Aug-2015 18:59	

Job Title

Client



BEBAN MATI (D)




BEBAN HIDUP ATAP (Lr)







 Software licensed to home	Job No	Sheet No <b>4</b>	Rev
	Part		
Job Title	Ref		
	By	Date 05-Jun-15	Chd
Client	File SKRIPSI.std	Date/Time 22-Aug-2015 18:59	


### Beam Maximum Axial Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fx (N)
				Max +ve		
			4:BEBAN ANG	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-430.669
			3:1.4D	Max -ve	0.000	13.7E+3
				Max +ve		
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	0.000	24.8E+3
				Max +ve		
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	0.000	15.9E+3
				Max +ve		
4	5	11.034	1:BEBAN MAT	Max -ve	11.034	9.77E+3
				Max +ve		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	11.034	8.25E+3
				Max +ve		
			4:BEBAN ANG	Max -ve		
				Max +ve	0.000	-104.172
			3:1.4D	Max -ve	11.034	13.7E+3
				Max +ve		
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	11.034	24.9E+3
				Max +ve		
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	11.034	15.8E+3
				Max +ve		

### Beam Maximum Shear Forces

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (N)	d (m)	Max Fy (N)
1	1	6.000	1:BEBAN MAT	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-5.63E+3
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-4.73E+3
			4:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	399.838
				Max +ve	0.000	0.000		
			3:1.4D	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-7.89E+3
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-14.1E+3
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	0.000	0.000		
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-9.12E+3
2	3	6.000	1:BEBAN MAT	Max -ve	0.000	0.000	0.000	5.63E+3
				Max +ve	0.000	0.000		
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	4.73E+3
				Max +ve	0.000	0.000		
			4:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	108.521
				Max +ve	0.000	0.000		
			3:1.4D	Max -ve	0.000	0.000	0.000	7.89E+3
				Max +ve	0.000	0.000		
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	0.000	0.000	0.000	14.4E+3
				Max +ve	0.000	0.000		

 Software licensed to home	Job No	Sheet No <b>5</b>	Rev
	Part		
Job Title	Ref		
	By	Date 05-Jun-15	Chd
Client	File SKRIPSI.std	Date/Time 22-Aug-2015 18:59	

## Beam Maximum Shear Forces Cont...

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max Fz (N)	d (m)	Max Fy (N)
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	0.000	0.000	0.000	9.12E+3
				Max +ve	0.000	0.000		
3	2	11.034	1:BEBAN MAT	Max -ve	0.000	0.000	0.000	7.66E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-2.36E+3
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	6.56E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-1.97E+3
			4:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	22.523
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-225.389
			3:1.4D	Max -ve	0.000	0.000	0.000	10.7E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-3.31E+3
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	0.000	0.000	0.000	19.7E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-6.1E+3
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	0.000	0.000	0.000	12.5E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-3.82E+3
4	5	11.034	1:BEBAN MAT	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.4E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-7.62E+3
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	2.03E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-6.51E+3
			4:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	11.034	480.183
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-474.789
			3:1.4D	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.36E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-10.7E+3
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	0.000	0.000	0.000	5.88E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-19.3E+3
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	0.000	0.000	0.000	3.89E+3
				Max +ve	0.000	0.000	11.034	-12.4E+3

## Beam Maximum Moments

Distances to maxima are given from beam end A.

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (N·m)	d (m)	Max Mz (N·m)
1	1	6.000	1:BEBAN MAT	Max -ve	0.000	0.000	6.000	19.1E+3
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-14.7E+3
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	6.000	16E+3
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-12.4E+3
			4:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	1.37E+3
				Max +ve	0.000	0.000	6.000	-1.03E+3
			3:1.4D	Max -ve	0.000	0.000	6.000	26.7E+3
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-20.6E+3
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	0.000	0.000	6.000	48E+3
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-36.8E+3
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	0.000	0.000	6.000	30.9E+3
				Max +ve	0.000	0.000	0.000	-23.8E+3
2	3	6.000	1:BEBAN MAT	Max -ve	0.000	0.000	0.000	14.7E+3
				Max +ve	0.000	0.000	6.000	-19.1E+3
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	12.4E+3
				Max +ve	0.000	0.000	6.000	-16E+3
			4:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	0.000	619.287



Software licensed to home

Job No

Sheet No

6

Rev

Part

Job Title

Ref

By

Date 05-Jun-15

Chd

Client

File SKRIPSI.std

Date/Time 22-Aug-2015 18:59

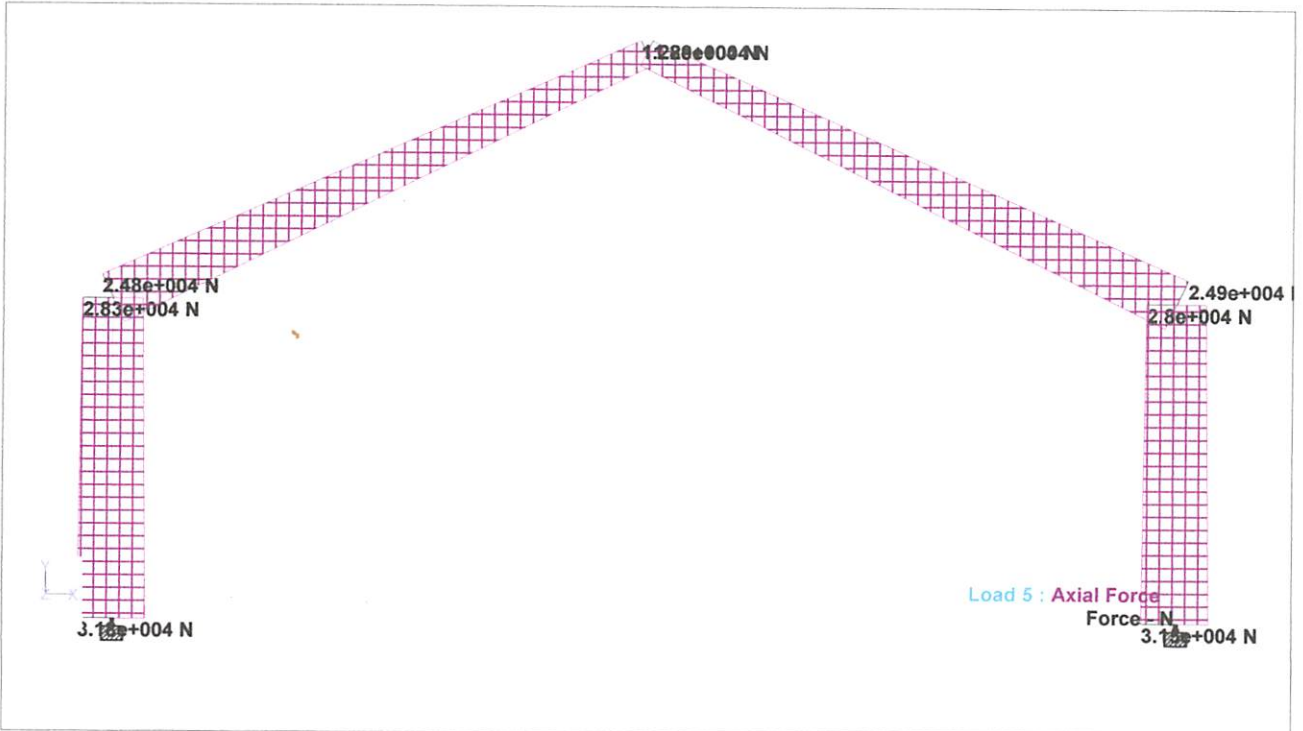
**Beam Maximum Moments Cont...**

Beam	Node A	Length (m)	L/C		d (m)	Max My (N'm)	d (m)	Max Mz (N'm)
				Max +ve	0.000	0.000	6.000	-31.841
			3:1.4D	Max -ve	0.000	0.000	0.000	20.6E+3
				Max +ve	0.000	0.000	6.000	-26.7E+3
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	0.000	0.000	0.000	37.8E+3
				Max +ve	0.000	0.000	6.000	-48.5E+3
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	0.000	0.000	0.000	23.8E+3
				Max +ve	0.000	0.000	6.000	-30.9E+3
3	2	11.034	1:BEBAN MAT	Max -ve	0.000	0.000	0.000	19.1E+3
				Max +ve	0.000	0.000	10.114	-31.6E+3
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	0.000	16E+3
				Max +ve	0.000	0.000	8.275	-10.6E+3
			4:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	11.034	98.416
				Max +ve	0.000	0.000	0.919	-1.04E+3
			3:1.4D	Max -ve	0.000	0.000	0.000	26.7E+3
				Max +ve	0.000	0.000	10.114	-44.3E+3
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	0.000	0.000	0.000	48E+3
				Max +ve	0.000	0.000	10.114	-54.2E+3
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	0.000	0.000	0.000	30.9E+3
				Max +ve	0.000	0.000	10.114	-43E+3
4	5	11.034	1:BEBAN MAT	Max -ve	0.000	0.000	11.034	19.1E+3
				Max +ve	0.000	0.000	4.597	-14.9E+3
			2:BEBAN HIDL	Max -ve	0.000	0.000	11.034	16E+3
				Max +ve	0.000	0.000	2.758	-10.7E+3
			4:BEBAN ANG	Max -ve	0.000	0.000	5.517	1.37E+3
				Max +ve	0.000	0.000		
			3:1.4D	Max -ve	0.000	0.000	11.034	26.7E+3
				Max +ve	0.000	0.000	4.597	-20.9E+3
			5:1.2D+1.6LR+	Max -ve	0.000	0.000	11.034	48.5E+3
				Max +ve	0.000	0.000	2.758	-33.5E+3
			6:1.2D + 0.5LR	Max -ve	0.000	0.000	11.034	30.9E+3
				Max +ve	0.000	0.000	3.678	-22.8E+3

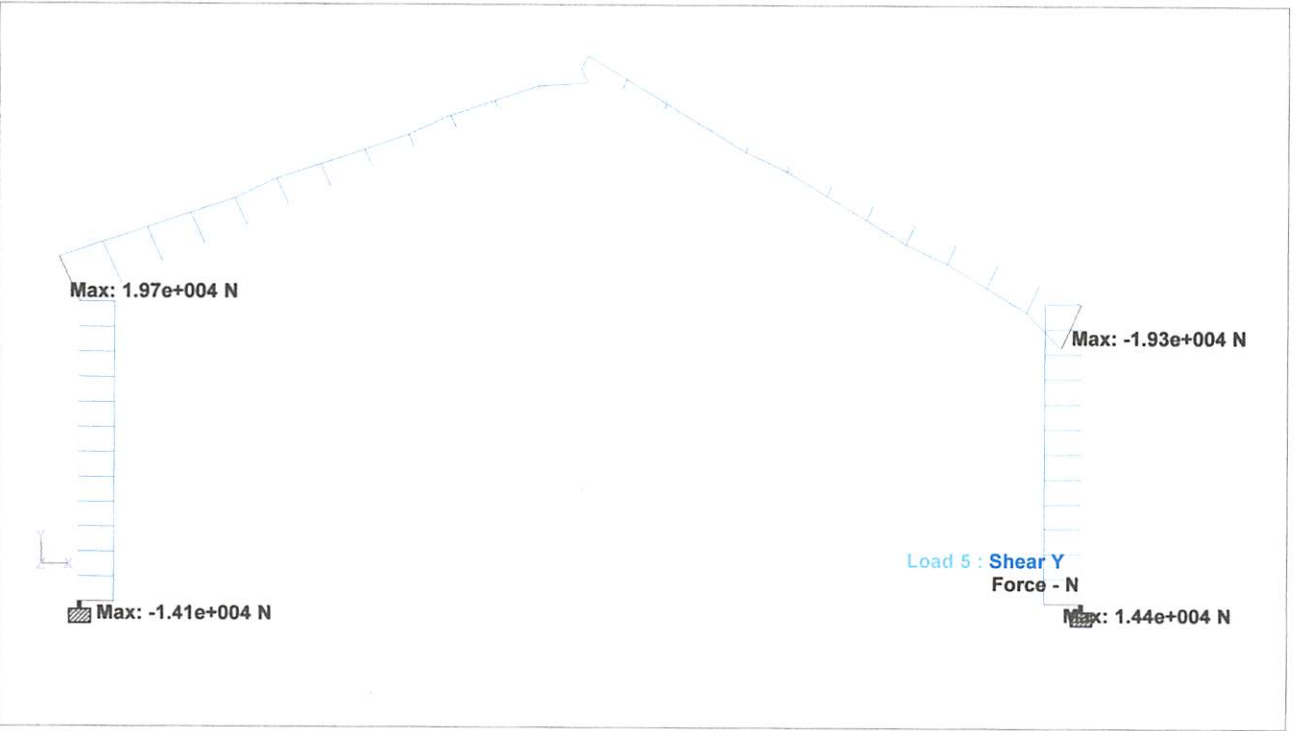


Software licensed to home

Job No	Sheet No <b>7</b>	Rev
Part		
Ref		
By	Date 05-Jun-15	Chd
Client	File SKRIPSI.std	Date/Time 22-Aug-2015 18:59



Gaya Aksial (P)

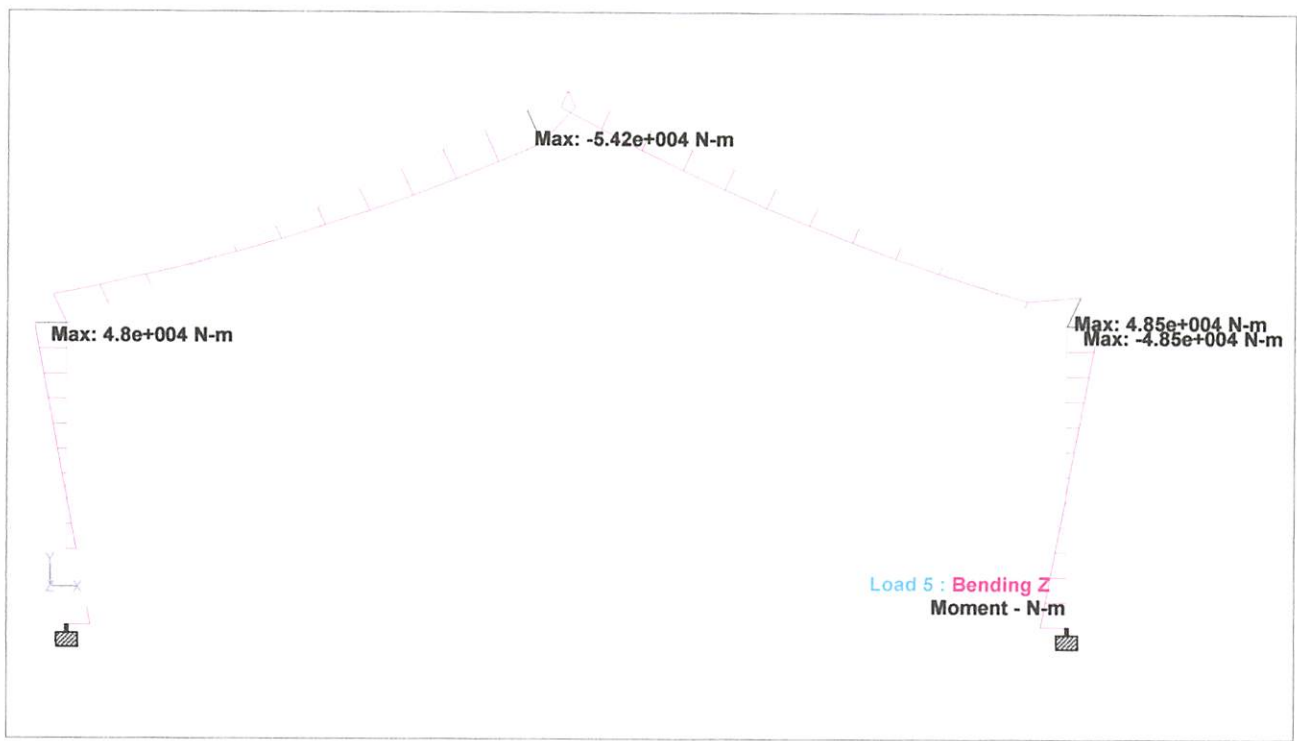


Gaya Geser (Vu)



Software licensed to home

Job No	Sheet No <b>8</b>	Rev
Part		
Ref		
By	Date 05-Jun-15	Chd
Client	File SKRIPSI.std	Date/Time 22-Aug-2015 18:59



Momen (Mu)