

# **SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN PROFIL BAJA WF DENGGA RANGKA BAJA  
SIKU PADA BANGUNAN GUDANG DI DESA METANK KECAMATAN  
BENJENG KABUPATAEN GERSIK GERSIK JAWA TIMUR**



**Disusun oleh :**

**DIMAS A. SUTIYO**

**NIM 09.21.004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015

Disusun oleh :  
DIMAS A. SUTYO  
NIM 09.21.004



STUDI PERBANDINGAN PROFIL BAJA WT DENGAN RANGKA BAJA  
SIKU PADA BANGUNAN GUDANG DI DESA METANR KECAMATAN  
BENJENG KABUPATEN GERSIK GERSIK JAWA TIMUR

SKRIPSI

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN PROFIL BAJA WF DENGKA RANGKA BAJA  
SIKU PADA BANGUNAN GUDANG DI DESA METANK KECAMATAN  
BENJENG KABUPATEN GERSIK GERSIK JAWA TIMUR**

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

**Disusun Oleh:**

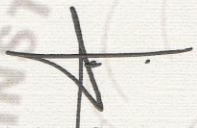
**Dimas A. Sutiyo**

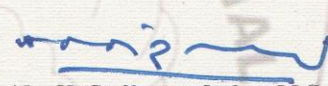
**09 21 004**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing I**


**Dosen Pembimbing II**

  
**(Ir. A. Agus Santosa, MT.)**  
**NIP. Y. 101 85 00 093**

  
**(Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc.)**  
**NIP. Y. 101 83 00054**

**Mengetahui,**

**Ketua Prodi Studi teknik sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang**

  
**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**  
**NIP. Y. 101 87 00 155**

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

**2015**



## LEMBAR PENGESAHAN

### SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN PROFIL BAJA WF DENGAN RANGKA BAJA  
SIKU PADA BANGUNAN GUDANG DI DESA METANK KECAMATAN  
BENJENG KABUPATEN GERSIK GERSIK JAWA TIMUR**

*Dipertahankan Di hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi*

*Jenjang Strata Satu (S-1)*

*Pada hari: Kamis*

*Tanggal: 13 Agustus 2015*

*Dan Diterima Untuk Mempenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun Oleh:**

**DIMAS A. SUTIYO**  
**09 21 004**

**Disahkan Oleh**

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

**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**  
**NIP. Y. 101 87 00 155**

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

**(Lila Ayu Ratna Winanda, S.T M.Y)**  
**NIP. Y. 1013 08 00419**

**Dosen Penguji I**

**(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)**  
**NIP. Y. 101 85 00 093**

**Anggota Penguji**

**Dosen Penguji II**

**(Ir. Ester Priskasari, MT.)**  
**NIP. Y. 103 94 00265**

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

**2015**



## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DIMAS A. SUTIYO

NIM : 09.21.004

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul :

**“STUDI PERBANDINGAN PROFIL BAJA WF DENGAN RANGKA BAJA SIKU PADA BANGUNAN GUDANG DI DESA METANK KECAMATAN BENJENG KABUPATEN GERSIK GERSIK JAWA TIMUR”**

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

Malang, 13 Agustus 2015

Yang Membuat Pernyataan



Handwritten signature of Dimas A. Sutiyo.

(Dimas A. Sutiyo)

09.21.004

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN PROFIL BAJA WF DENGKA RANGKA BAJA  
SIKU PADA BANGUNAN GUDANG DI DESA METANK KECAMATAN  
BENJENG KABUPATEN GERSIK GERSIK JAWA TIMUR**

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

**Disusun Oleh:**

**Dimas A. Sutiyo**

**09 21 004**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**(Ir. A. Agus Santosa, MT.)**  
**NIP. Y. 101 85 00 093**

**(Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc.)**  
**NIP. Y. 101 83 00054**

**Mengetahui,**

**Ketua Prodi Studi teknik sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang**



**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**  
**NIP. Y. 101 87 00 155**

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

**2015**



## LEMBAR PENGESAHAN

### SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN PROFIL BAJA WF DENGAN RANGKA BAJA  
SIKU PADA BANGUNAN GUDANG DI DESA METANK KECAMATAN  
BENJENG KABUPATEN GERSIK GERSIK JAWA TIMUR**

*Dipertahankan Di hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi*

*Jenjang Strata Satu (S-1)*

*Pada hari: Kamis*

*Tanggal: 13 Agustus 2015*

*Dan Diterima Untuk Mempenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun Oleh:**

**DIMAS A. SUTIYO**  
**09 21 004**

**Disahkan Oleh**

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

**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**  
**NIP. Y. 101 87 00 155**

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

**(Lila Ayu Ratna Winanda, S.T M.Y)**  
**NIP. Y. 1013 08 00419**

**Dosen Penguji I**

**(Ir. Bambang Wedyantadi, MT.)**  
**NIP. Y. 101 85 00 093**

**Anggota Penguji**

**Dosen Penguji II**

**(Ir. Ester Priskasari, MT.)**  
**NIP. Y. 103 94 00265**

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

**2015**



## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DIMAS A. SUTIYO

NIM : 09.21.004

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul :

**“STUDI PERBANDINGAN PROFIL BAJA WF DENGAN RANGKA BAJA SIKU PADA BANGUNAN GUDANG DI DESA METANK KECAMATAN BENJENG KABUPATEN GERSIK GERSIK JAWA TIMUR”**

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

Malang, 13 Agustus 2015

Yang Membuat Pernyataan



Handwritten signature of Dimas A. Sutiyo.

(Dimas A. Sutiyo)

09.21.004

## ABSTRAK

**STUDI PERBANDINGAN PROFIL BAJA WF DENGAN RANGKA BAJA SIKU PADA BANGUNAN GUDANG DI DESA METANK KECAMATAN BENJENG KABUPATEN GERSIK GERSIK JAWA TIMUR. Dimas A. Sutiyo, 09 21 004.** Program studi Teknik Sipil S-1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing I : Ir. A. Agus Santosa, MT., Pembimbing II : Ir. H. Sudirman Indra, M.Se.

---

Konsep perencanaan struktur rangka atap gudang penting diperhatikan dalam perencanaan suatu bangunan. Struktur bangunan teratas ini akan menyalurkan gaya ke struktur di bawahnya dan akan diteruskan sampai ke tanah. Untuk itu keamanan, kenyamanan, durability, dan efisiensi merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan jenis struktur rangka atap. Suatu bangunan yang menggunakan bahan atau komponen logam, seperti baja dan aluminium, dapat dinilai sebagai bahan yang ekologis, karena mampu digunakan dan diolah kembali material yang pernah dipakai menjadi material atau produk lain yang berguna. Sifat mekanis baja yang mempunyai kekuatan tinggi dikembangkan pemakaiannya pada struktur rangka atap. Perkembangan sistem rangka atap baja ringan yang makin pesat, dimana ditandai dengan munculnya fabrikator-fabrikator maupun aplikator-aplikator rangka baja ringan pada industri konstruksi Indonesia, memerlukan pengkajian yang lebih mendalam terhadap sistem rangka atap tersebut.

Pada penulisan Tugas Akhir ini adalah studi perbandingan baja WF dengan rangk baja siku yang ditinjau dari bangunan gudang. Perencanaan difokuskan untuk menentukan hasil yang lebih ekonomis serta jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan profil baja WF dan rangka baja siku.

Analisa statika pada model gedung menggunakan program bantu STAAD PRO. Dari hasil gaya-gaya dalam yang didapat dari program bantu direncanakan struktur baja WF (Wide Flange) dan Baja Siku. Maka, didapatkan perancangan atap menggunakan kuda-kuda baja WF ( Wide Flange ) 450x200x9x14 dan Kuda-kuda baja siku 100x100x7x10. Atap baja WF ( Wide Flange ) dan baja siku menggunakan baut yang berkualitas A-325 dengan  $\varnothing$  2.54 cm. Atap kuda-kuda baja WF ( Wide Flange ) 450x200x9x14 memiliki sambungan lebih sedikit dari pada pada atap baja siku 100x100x7x10. Dari hasil hitungan diatas jumlah harga biaya pembuatan atap WF ( Wide Flange ) sebesar Rp 248.621.638 sedangkan baja siku sebesar Rp 239.000.650 dari hasil perhitungan harga pembuatan kuda-kuda kedua baja harga baja WF lebih mahal Rp 9.620.988 dari baja siku karna perbedaan volume.

**Kata Kunci :** Rangka atap, profil baja WF, rangka baja Siku, dan ekonomis



## DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PERSETUJUAN.....	
LEMBAR PENGESAHAN .....	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	
ABSTRAKSI.....	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TBEL .....	x
DAFTAR NOTASI .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
BAB II LANDASAN TEORI .....	4
2.1 Tegangan Regangan Baja .....	4
2.1.1. Tegangan normal .....	4
2.1.2. Regangan Normal .....	6
2.1.3. Kurva Tegangan-Regangan .....	7
2.1.4. Bahan Liat dan Bahan Rapuh .....	11
2.1.5. Hukum Hooke.....	11
2.1.6. Modulus Elastisitas.....	12
2.1.7. Sifat-Sifat Mekanis Bahan.....	12
2.1.8. Klasifikasi Bahan.....	14
2.2 Tegangan dan Regangan Geser .....	15
2.2.1. Tegangan Geser .....	15
2.2.2. Regangan Geser .....	16
2.2.3. Modulus Elastisitas Geser .....	17
2.3 Tegangan Pada Potongan Miring .....	18



2.4	Tegangan Batas, Tegangan Luluh, Tegangan Izin dan Beban Izin .....	19
2.4.1	Tegangan Batas ( $\sigma_u$ ).....	19
2.4.2	Tegangan Luluh ( $\sigma_y$ ) .....	20
2.4.3	Tegangan Izin .....	20
2.5	Bagan Alir .....	21
BAB III METODOLOGI .....		22
3.1	Data-data Perencanaan .....	22
3.2	Pembebanan .....	23
3.3	Perhitungan Statik .....	23
3.4	Kontrol Dimensi .....	24
3.5	Kebutuhan dan Kontrol Sambungan .....	24
BAB IV PERENCANAAN.....		25
4.1	Perencanaan Kuda-Kuda Tipe Gabel Frame Baja WF .....	25
4.1.1	Desain Rencana .....	25
4.1.2	Spesifikasi Umum Perencanaan .....	26
1	Baja.....	26
2	Penutup Atap.....	26
3	Gording.....	27
4	Kuda-Kuda .....	27
4.1.3	Perencanaan Pembebanan .....	28
1	Beban Mati (D).....	28
2	Beban Hudup atap (Lr).....	29
3	Beban Angin (W).....	29
a.	Bidang Atap.....	30
b.	Dinding.....	30
4	Beban Air Hujan .....	31
4.1.4	Kombinasi Pembebanan .....	32
4.1.5	Analisa Statik Struktur .....	33
A	Gaya aksial .....	34
B	Gaya Geser .....	37
4.1.6	Kontrol Dimensi Profil Kuda-Kuda gabel Frame .....	44



	➤ Kuat Nomonal Lentur Penampang Dengan Pengaru Tekuk Lokal Kontrol Penampang .....	44
	➤ Kuat Geser Plat Badan .....	46
	➤ Kontrol Lendutan .....	46
4.1.7	Perencanaan Sambungan .....	47
	➤ Sambungan Kolom - Rafter .....	47
	➤ Sambungan Rafter - Rafter .....	48
4.1.8	Biaya Kebutuhan Kuda-Kuda Gabel Frame .....	50
4.2	Perencanaan Kuda-Kuda Rangka Baja Siku Ganda .....	51
4.2.1	Desain Rencana .....	51
4.2.2	Elemen Struktur Rangka .....	51
4.2.3	Sepesifikasi Umum Perencanaan .....	53
	1 Baja.....	53
	2 Penutup Atap.....	53
	3 Gording.....	53
	4 Kuda-Kuda .....	53
4.2.4	Perencanaan Pembebanan .....	54
	1 Beban Mati (D).....	54
	2 Beban Hudup atap (Lr).....	55
	3 Beban Angin (W).....	55
	4 Beban Air hujan (R) .....	56
4.2.5	Kombinasi Pembebanan .....	57
4.2.6	Ananliasa Statik Struktur .....	59
4.2.7	Kontrol Dimensi Profil Kuda-Kuda Rangka Siku Ganda .....	63
	1 Kontrol Batang Tekan .....	64
	2 Kontrol Batang Bawa (Cek Terhadap Tarik) .....	65
	3 Kontrol Lendutan.....	67
4.2.7	Pmeriksaan Sambungan Baut .....	70
4.2.8	Biaya Kebutuhan Kuda-Kuda Rangka Baja .....	75
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>76</b>
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran .....	77

Gambar 2.1	Pembebanan Batang Secara Aksial .....	5
Gambar 2.2	Pertambahan Panjang Batang .....	6
Gambar 2.3	Kurva Tegangan-Regangan Baja Struktural .....	8
Gambar 2.4	Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon Medium .....	9
Gambar 2.5	Kurva Tegangan-Regangan Baja Campuran .....	10
Gambar 2.6	Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon Tinggi .....	10
Gambar 2.7	Kurva Tegangan-Regangan Besi Kasar .....	10
Gambar 2.8	Kurva Tegangan-Regangan Karet .....	11
Gambar 2.9	Tegangan Geser Pada Bidang .....	15
Gambar 2.10	Sambungan dengan Baut .....	15
Gambar 2.11	Elemen Persegi Panjang Mengalami Tegangan Geser .....	18
Gambar 2.12	Perubahan Sudut Elemen Persegi Panjang .....	17
Gambar 2.13	Perubahan Bentuk Elemen Persegi Panjang .....	17
Gambar 2.14	Komponen Gaya Pada Potongan Miring .....	18
Gambar 4.1.1	Desain Rencana Kuda-Kuda Tipe Gabel Frame .....	25
Gambar 4.1.2	Arah Gaya Pada Gording .....	26
Gambar 4.1.3	Penampang Baja WF .....	27
Gambar 4.1.4	Skema Pembebanan Akibat Beban Mati (D) .....	29
Gambar 4.1.5	Skema Pembebanan Akibat Beban Hidup Atap (Lr) .....	29
Gambar 4.1.6	Skema Pembebanan Akibat Beban Angin (W) .....	30
Gambar 4.1.7	Skema Pembebanan Akibat Beban Air Hujan (R) .....	31
Gambar 4.1.8	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 1 .....	32
Gambar 4.1.9	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 2 .....	32
Gambar 4.1.10	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 3 .....	32
Gambar 4.1.11	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 4 .....	33
Gambar 4.1.12	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 5 .....	33
Gambar 4.1.13	Gaya Aksial Akibat Beban Mati (D) .....	34
Gambar 4.1.14	Gaya Aksial Akibat Beban Hidup Atap (Lr) .....	34
Gambar 4.1.15	Gaya Aksial Akibat Beban Angin (W) .....	34
Gambar 4.1.16	Gaya Aksial Akibat Beban Air Hujan (R) .....	35
Gambar 4.1.17	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 1 .....	35
Gambar 4.1.18	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 2 .....	35
Gambar 4.1.19	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 3 .....	36
Gambar 4.1.20	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 4 .....	36
Gambar 4.1.21	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 5 .....	36
Gambar 4.1.22	Gaya Geser Akibat Beban Mati (D) .....	37
Gambar 4.1.23	Gaya Geser Akibat Beban Hidup Atap (Lr) .....	37
Gambar 4.1.24	Gaya Geser Akibat Beban Angin (W) .....	37
Gambar 4.1.25	Gaya Geser Akibat Beban Air Hujan (R) .....	38
Gambar 4.1.26	Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 1 .....	38



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembebanan Batang Secara Aksial .....	4
Gambar 2.2	Pertambahan Panjang Batang .....	6
Gambar 2.3	Kurva Tegangan-Regangan Baja Struktural.....	8
Gambar 2.4	Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon Medium .....	9
Gambar 2.5	Kurva Tegangan-Regangan Baja Campuran.....	10
Gambar 2.6	Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon Tinggi.....	10
Gambar 2.7	Kurva Tegangan-Regangan Besi Kasar .....	10
Gambar 2.8	Kurva Tegangan-Regangan Karet .....	11
Gambar 2.9	Tegangan Geser Pada Bidang.....	15
Gambar 2.10	Sambungan dengan Baut .....	15
Gambar 2.11	Elemen Persegi Panjang Mengalami Tegangan Geser.....	16
Gambar 2.12	Perubahan Sudut Elemen Persegi Panjang.....	17
Gambar 2.13	Perubahan Bentuk Elemen Persegi Panjang.....	17
Gambar 2.14	Komponen Gaya Pada Potongan Miring .....	18
Gambar 4.1.1	Desain Rencana Kuda-Kuda Tipe Gabel Frame .....	25
Gambar 4.1.2	Arah Gaya Pada Gording .....	26
Gambar 4.1.3	Penampang Baja WF .....	27
Gambar 4.1.4	Skema Pembebanan Akibat Beban Mati (D) .....	29
Gambar 4.1.5	Skema Pembebanan Akibat Beban Hidup Atap (Lr) .....	29
Gambar 4.1.6	Skema Pembebanan Akibat Beban Angin (W) .....	30
Gambar 4.1.7	Skema Pembebanan Akibat Beban Air Hujan (R) .....	31
Gambar 4.1.8	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 1 .....	32
Gambar 4.1.9	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 2 .....	32
Gambar 4.1.10	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 3 .....	32
Gambar 4.1.11	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 4 .....	33
Gambar 4.1.12	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 5 .....	33
Gambar 4.1.13	Gaya Aksial Akibat Beban Mati (D).....	34
Gambar 4.1.14	Gaya Aksial Akibat Beban Hidup Atap (Lr).....	34
Gambar 4.1.15	Gaya Aksial Akibat Beban Angin (W).....	34
Gambar 4.1.16	Gaya Aksial Akibat Beban Air Hujan (R).....	35
Gambar 4.1.17	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 1.....	35
Gambar 4.1.18	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 2.....	35
Gambar 4.1.19	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 3.....	36
Gambar 4.1.20	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 4.....	36
Gambar 4.1.21	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 5.....	36
Gambar 4.1.22	Gaya Geser Akibat Beban Mati (D).....	37
Gambar 4.1.23	Gaya Geser Akibat Beban Hidup Atap (Lr).....	37
Gambar 4.1.24	Gaya Geser Akibat Beban Angin (W).....	37
Gambar 4.1.25	Gaya Geser Akibat Beban Air Hujan (R).....	38
Gambar 4.1.26	Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 1.....	38



Gambar 4.1.27	Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 2.....	38
Gambar 4.1.28	Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 3.....	39
Gambar 4.1.29	Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 4.....	39
Gambar 4.1.30	Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 5.....	39
Gambar 4.1.31	Momen Akibat Beban Mati (D) .....	40
Gambar 4.1.32	Momen Akibat Beban Hidup Atap (Lr) .....	40
Gambar 4.1.33	Momen Akibat Beban Angin (W) .....	40
Gambar 4.1.34	Momen Akibat Beban Air Hujan (R) .....	41
Gambar 4.1.35	Momen Akibat Beban Kombinasi 1 .....	41
Gambar 4.1.36	Momen Akibat Beban Kombinasi 2 .....	41
Gambar 4.1.37	Momen Akibat Beban Kombinasi 3 .....	42
Gambar 4.1.38	Momen Akibat Beban Kombinasi 4 .....	42
Gambar 4.1.39	Momen Akibat Beban Kombinasi 5 .....	42
Gambar 4.1.40	Perencanaan Sambungan Gabel Frame .....	50
Gambar 4.1.41	Detail Sambungan Gabel Frame.....	50
Gambar 4.2.1	Desain Rencana .....	51
Gambar 4.2.2	Nomor Elemen Struktur Rangka .....	51
Gambar 4.2.3	Skema Pembebanan Akibat Beban Mati (D) .....	55
Gambar 4.2.4	Skema Pembebanan Akibat Beban Hidup Atap (Lr) .....	55
Gambar 4.2.5	Skema Pembebanan Akibat Beban Angin (W) .....	56
Gambar 4.2.6	Skema Pembebanan Akibat Beban Air Hujan (R) .....	57
Gambar 4.2.7	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 1 .....	57
Gambar 4.2.8	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 2 .....	57
Gambar 4.2.9	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 3 .....	58
Gambar 4.2.10	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 4 .....	58
Gambar 4.2.11	Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 5 .....	58
Gambar 4.2.12	Gaya Batang Akibat Beban Mati (D) .....	59
Gambar 4.2.13	Gaya Batang Akibat Beban Hidup Atap (Lr) .....	59
Gambar 4.2.14	Gaya Batang Akibat Beban Angin (W).....	60
Gambar 4.2.15	Gaya Batang Akibat Beban Air Hujan (R).....	60
Gambar 4.2.16	Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 1 .....	60
Gambar 4.2.17	Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 2.....	61
Gambar 4.2.18	Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 3.....	61
Gambar 4.2.19	Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 4.....	61
Gambar 4.2.20	Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 5.....	62
Gambar 4.2.21	Baja Profil Siku Ganda.....	63
Gambar 4.2.22	Detail Sambungan 1 .....	73
Gambar 4.2.23	Detail Sambungan 2 .....	73
Gambar 4.2.24	Detail Sambungan 3 .....	74
Gambar 4.2.25	Detail Sambungan 4 .....	74
Gambar 4.2.26	Detail Sambungan 5 .....	74



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Bahan Teknik pada suhu 20oC .....	14
Tabel 4.1.1 Spesifikasi penutup atap.....	25
Tabel 4.1.2 Rekapitulasi Hasil Analisa StaadPRO .....	43
Tabel 4.1.3 Biaya Kebutuhan Kuda-Kuda Gabel Frame.....	50
Tabel 4.2.1 Nama Elemen dan Panjang Elemen Struktur Rangka Kuda-Kuda ...	52
Tabel 4.2.2 Gaya Aksial Maksimum Batang Akibat Pembebanan .....	62
Tabel 4.2.3 Spesifikasi Profil Siku Ganda .....	63
Tabel 4.2.4 Perhitungan Lendutan Kuda-Kuda.....	68
Tabel 4.2.3 Biaya Kebutuhan Kuda-Kuda Rangka Baja.....	75

$S_{tu}$  : 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)

$L_d$  : Beban Hidup Atap

$W$  : Beban angin

$R$  : Beban hujan

$Z_x$  : Modulus penampang arah x (mm<sup>3</sup>)

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

$d_g$  : Tinggi balok (castella) setelah peninggian (mm)

$d_b$  : Tinggi balok (balok asli) sebelum peninggian (mm)

$Z_g$  : Modulus plastisitas penampang balok setelah peninggian (mm<sup>3</sup>)

$Z_b$  : Modulus plastisitas penampang balok sebelum peninggian (mm<sup>3</sup>)

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

$\Delta$  : Pertambahan tinggi akibat pemasangan zig-zag (mm)

$d$  : Tinggi penampang T perlu (mm)

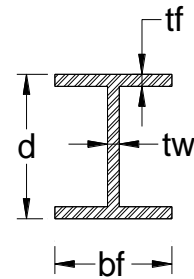
$t_w$  : Tebal badan balok (mm)



## Perencanaan Sambungan Lewatan

Direncanakan Sambungan pada titik C.

$$\begin{aligned} t_{pf} &= 24 \text{ mm} & Z_x &= 1621500 \text{ mm}^3 \\ h &= 450 \text{ mm} & f_y &= 250 \text{ Mpa} \\ b &= 200 \text{ mm} & f_u &= 410 \text{ Mpa} \\ t_f &= 14 \text{ mm} \\ t_w &= 9 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$M_u = 219210000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 54050 \text{ N}$$

STAAD PRO-V8i

### Perencanaan Sambungan Lewatan (Splice Connection)

Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal :

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} = \frac{200}{2 \times 14} = 7,143$$

$$\lambda_w = \frac{h - 2 \times t_f}{t_w} = \frac{450 - 2 \times 14}{9} = 46,889$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,349$$

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

$$7,143 < 10,75 \text{ , Maka Kompak}$$

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

$$46,9 < 106,3 \text{ , Maka Kompak}$$

Kuat lentur dan geser rencana :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times Z_x \times f_y \\ &= 0,9 \times 1621500 \times 250 \\ &= 364837500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times h \times t_w \\
 &= 0,9 \times 0,6 \times 250 \times 450 \times 9 \\
 &= 546750 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### Plat Sambung Flens

Momen lentur yang harus dipikul oleh plat sambung flens adalah sebesar 90%  $\phi M_n$

$$90\% \phi M_n = 328353750 \text{ Nmm}$$

Tebal plat sambung flens diambil : Sama dengan tebal flens

$$t_{pf} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 E_f &= \frac{M}{h + t_{pf}} = \frac{328353750}{450 + 20} \\
 &= 698625 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat nominal tumpu pada lubang - lubang baut :

(SNI 1729:2015, hal 132)

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2,4 \times d \times t \times f_u \\
 &= 2,4 \times 22 \times 24 \times 370 \\
 &= 468864 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{F_f}{\phi R_n} = \frac{698625}{171707,760} = 4,069 \sim 12 \text{ baut}$$

Kontrol kekuatan geser :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi R_n \times n \\
 698625 \text{ N} &\leq 171707,8 \times 12 \\
 698625 \text{ N} &< 2060493 \text{ N} \quad \textbf{OK}
 \end{aligned}$$



Asumsi Lebar plat sambung flens adalah selebar flens balok

Lebar netto plat sambung flens :

$$\begin{aligned}w_n &= b_f - 2 \times (d_b + 2) \\&= 200 - 2 \times (28 + 2) \\&= 140 \text{ mm}\end{aligned}$$

Periksa pada kondisi leleh :

$$t_{min} \geq \frac{F_f}{0,9 \times w_n \times f_y} = \frac{698625}{0,9 \times 140 \times 250} = 22,18 \text{ mm}$$

Periksa pada kondisi fraktur :

U = Bidang geser baut

$$\begin{aligned}t_{min} &\geq \frac{F_f}{0,9 \times w_n \times U \times f_u} = \frac{698625}{0,75 \times 140 \times 1 \times 410} \\&= 16,23 \text{ mm}\end{aligned}$$

dimensi lubang baut (3/4") = 28 mm (SNI 1729:2015, hal 128)

kekuatan nominal pengecan baut A325 (SNI 1729:2015, hal 125)

$F_{nt}$  (Kekuatan tarik nominal) = 620 Mpa

$F_{nv}$  (Kekuatan geser nominal) = 372 Mpa

$$\begin{aligned}A_b &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\&= 1/4 \times \pi \times 28^2 \\&= 615,440 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

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

Kuat nominal terhadap tarik :

$$\begin{aligned}R_n &= F_{nt} \times A_b \\&= 620 \times 615,440\end{aligned}$$

$$= 381572,8 \text{ N}$$

$$\varnothing R_n = 0,75 \times 381572,8$$

$$= 286179,6 \text{ N}$$

Kuat nominal terhadap geser :

$$R_n = F_{nv} \times A_b$$

$$= 372 \times 615,440$$

$$= 228943,7 \text{ N}$$

$$\varnothing R_n = 0,75 \times 228943,7$$

$$= 171707,8 \text{ N}$$

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

$$\text{diameter baut } 22 \text{ mm} = 28 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat : } t = 24 \text{ mm}$$

$$l_c = \text{Jarak bersih baut ke tepi plat}$$

$$= 100 - 1/2 d$$

$$= 89 \text{ mm}$$

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

$$\text{diameter baut : } 22 \text{ mm} = 28 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat : } t = 24 \text{ mm}$$

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

$$S_1 = 12 t < 150 \text{ mm}$$

$$= 12 \cdot 24 < 150 \text{ mm}$$

$$= 288 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Jarak minimum antar baut

$$= 3 d$$

$$= 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$



Jarak maksimum antar baut

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

$$14 \cdot 24 < 180 \text{ mm}$$

$$336 \text{ mm} < 180 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak dari baut ke baut} = 100 \text{ mm}$$

Jarak antara dua profil WF yang disambung diambil sebesar : 10 mm

(LRFD :Agus setiawan hal. 343)

$$\text{Sehingga total panjang pelat sambung flens} = 130 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 140 \text{ mm}$$

### Plat Sambung Badan

Gaya geser yang dipikul plat sambung badan:

$$V_0 = 546750 \text{ N}$$

Momen lentur yang ditahan plat sambung badan :

$$10\% \phi M_n = 36483750 \text{ Nmm}$$

Asumsi baut pada plat sambung terdiri dari 3 buah baut yang diatur dalam 2 baris

@ 2 buah baut. Jarak antar baut dalam arah vertikal adalah : 100 mm

Maka besar eksentrisitas ekuivalen :

$$e_0 = \text{Jarak eksentrisitas} = 150 \text{ mm}$$

$d_s$  = Jarak as ke as dari plat sambung flens atas dan bawah

$$= 464 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} e^* &= e_0 + \frac{M_0 - \left[ F_f \times d_s \right]}{V_0} \\ &= 150 + \frac{36483750 - \left[ 698625 \times 464 \right]}{546750} = 224,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diselesaikan dengan *trial and error*

Coba nilai  $r_0$

$r_0$  = Jarak antara pusat rotasi sesaat ke pusat masing - masing baut.

$r_0$  = 60,8 mm dicoba

$$\begin{aligned} R_{ni} &= 0,5 \times f_{nt} \times A_b \times m \\ &= 0,5 \times 620 \times 615 \times 2 \\ &= 381572,80 \text{ N} = 38,16 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$e^* = 224,4 \text{ mm}$$

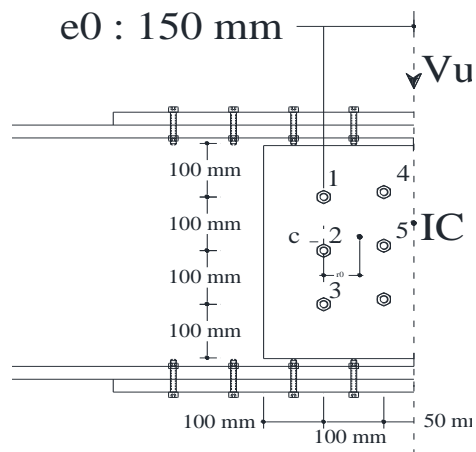
$$V_0 = 546750 \text{ N} = 54,68 \text{ ton}$$

$$\Delta_i = \frac{d_i}{d_{\max}} \times \Delta_{\max}$$

$$\Delta_{\max} = 8,6$$

No.Baut	$X_i$	$Y_i$	$d_i$	$\Delta_i$	$R_i$	$(R_i \cdot x_i / d_i)$	$(R_i \cdot d_i)$
1	110,8	150	186,5	8,6	37,48	22,268	6989,349
2	110,8	50	121,6	5,606	35,87	32,697	4360,588
3	110,8	-50	121,6	5,606	35,87	32,697	4360,588
4	10,8	-150	150,4	6,935	36,83	2,645	5538,605
5	10,8	150	150,4	6,935	36,83	2,645	5538,605
6	10,8	50	51,15	2,359	29,09	6,143	1488,278
maks.			186,5		$\Sigma$	99,095	28276,01





Dari hasil tersebut didapat :

$$\Sigma.R_i. \frac{x_i}{d_i} = 99,1 \text{ ton}$$

OK

$$\frac{\Sigma.R_i.d_i}{e^* + r_0} = 99,1 \text{ ton}$$

Selanjutnya didapat

$$\Sigma.R_i. \frac{x_i}{d_i} = 99,1 \text{ ton} > V_u = 5,405 \text{ ton}$$

Sehingga konfigurasi baut tersebut sudah mencukupi untuk memikul gaya geser yang terjadi.

$$\text{Tinggi Plat Sambung Badan : } 2 \left[ 100 \right] + 2 \left[ 100 \right] = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar Plat Sambung Badan : } 3 \left[ 100 \right] + 2 \left[ 100 \right] = 500 \text{ mm}$$

Momen lentur pada penampang kritis yaitu pada garis baut :

$$\begin{aligned} &= \phi \times V_n \left( e^* - \frac{100}{2} \right) \\ &= 546750 \times \left( 224,4 - \frac{100}{2} \right) \\ &= 95350500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Z_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{\phi \times f_y} = \frac{219210000}{0,9 \times 250} = 974266,667 \text{ mm}^3$$

$$= 974,267 \text{ cm}^3$$

dicoba  $t_p = 20 \text{ mm}$

$$Z = 2 \times \left( \frac{1}{4} \times t_p \times h_{\text{plat}}^2 \right) > Z_{\text{perlu}}$$

$$= 2 \times \left( \frac{1}{4} \times 20 \times 160000 \right) > 974266,7 \text{ mm}^3$$

$$= 1600000 \text{ mm}^3 > 974266,7 \text{ mm}^3 \quad \text{OK}$$

Dipasang dua plat sambung badan dengan ketebalan masing - masing  $20 \text{ mm}$

Periksa terhadap geser :

$$A_g = t_p \times h_{\text{plat}} = 20 \times 400 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Geser leleh} = \phi \times 0,6 \times f_y \times 2 \times A_g$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 250 \times 2 \times 8000$$

$$= 2160000 \text{ N}$$

$$A_g = t_p \times h_{\text{bersih plat}}$$

$$= 20 \times 400 - 4 \text{ db}$$

$$= 20 \times 400 - 4 \times 22$$

$$= 6240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Geser fraktur} = \phi \times 0,6 \times f_u \times 2 \times A_n$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 410 \times 2 \times 6240$$

$$= 2763072 \text{ N} > \phi V_n$$

$$= 2763072 \text{ N} > 546750 \quad \text{OK}$$

Sehingga untuk plat sambung badan digunakan dua buah plat berukuran  $400 \times 500 \times 10$  serta menggunakan alat sambung 12 buah baut A325 ( $\text{db}=22 \text{ mm}$ ) di tiap sisinya.



## BAB IV

### PERENCANAAN

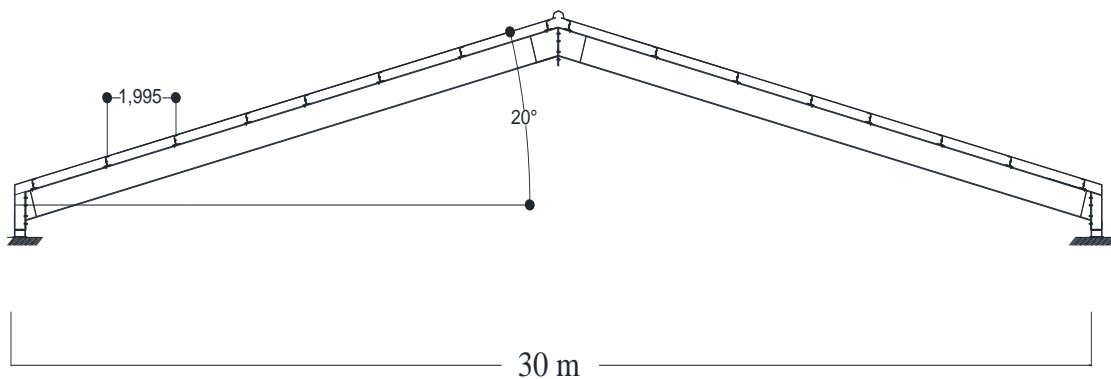
#### 4.1 PERENCANAAN KUDA-KUDA TIPE GABEL FRAME BAJA WF

**Tabel 4.1.1** Spesifikasi penutup atap

Spesifikasi		
Jenis Penutup Atap	Zincalume Type Spandek – 935	
Berat Penutup Atap	4,83	kg/m <sup>2</sup>
Berat Gording Channel	13,4	kg/m
Jarak Gording	1,995	m
Berat Kuda-Kuda	58,55	kg/m
Jarak Antar Kuda-Kuda	5	m
Kemiringan Atap $\alpha$	20	derajat

##### 4.1.1 Desain Rencana

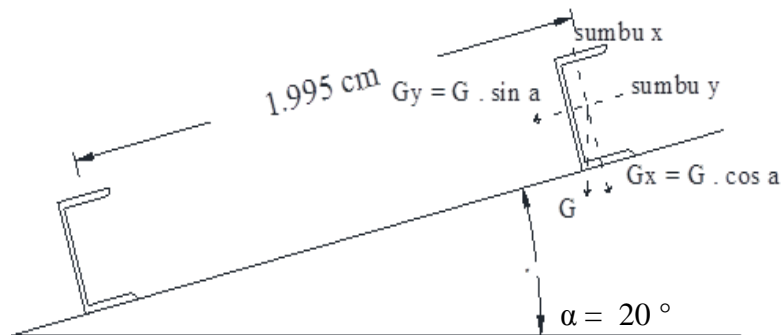
Proses desain diawali dengan menentukan desain struktur yang akan digunakan sebagai kuda-kuda. Bentang kuda-kuda disesuaikan dengan bentang melintang bangunan.



**Gambar 4.1.1** Desain Rencana Kuda-Kuda Tipe Gabel Frame

$$\text{Panjang Balok Kuda - Kuda : } \frac{15}{\cos 20^\circ}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok} &= \frac{15,962}{8} = 15,962 \text{ m} \\ \text{Jarak Antar Gording} &= 1,995 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.1.2** Arah Gaya Pada Gording

#### 4.1.2 Spesifikasi Umum Perencanaan

##### 1. Baja

Mutu Baja	: A-36
Modulus Elastisitas ( E )	: 200,000 MPa
Modulus Geser ( G )	: 79,300 Mpa
Poisson Ratio ( $\mu$ )	: 0.26
Koefisien Pemuaian ( $\alpha$ )	: $12 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$
Tegangan Leleh ( $\sigma_y$ )	: 250 Mpa
Tegangan Dasar ( $\sigma$ )	: 152 Mpa
Tegangan Putus ( $f_u$ )	: 410 Mpa
Tegangan Geser ( $\tau$ )	: 92.80 Mpa

##### 2. Penutup Atap

Jenis Penutup Atap	: Zincalume Type Spandek 935
Berat Profil	: 4.83 kg/m <sup>2</sup>
Kemiringan Atap	: $20^\circ$



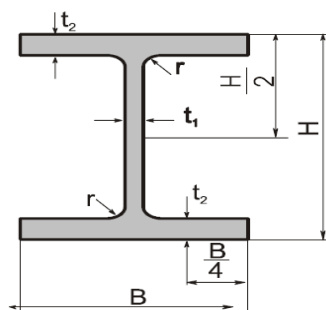
### 3. Gording

Profil Baja	: Kanal C 125 x 65 x 6 mm
Berat Profil	: 13.43 kg/m
Jumlah Gording	: 16 buah (8 sisi kanan dan 8 sisi kiri)
Jarak Antar Gording	: 1.995 m

### 4. Kuda-Kuda

Profil Baja	: WF 450 x 200 x 9 x 14
Berat Profil	: 76 kg/m
Jumlah Kuda-Kuda	: 9 Buah
Jarak Antar Kuda-Kuda	: 5.00 m
Bentang Kuda-Kuda	: 30.00 m
Panjang Balok Kuda-Kuda	: (bentang kuda-kuda / 2) / $\cos \alpha$
	: (30 m / 2) / $\cos 20$
	: 15.96 m

Balok yang direncanakan menggunakan WF 450 x 200 x 9 x 14 dengan data penampang sebagai berikut:



**Gambar 4.1.3** Penampang Baja WF

H	: 450 mm	A	: 96.80 cm <sup>2</sup>	rx	: 1.80 cm
B	: 200 mm	w	: 76 kg/m	ry	: 1.80 cm
t1	: 9 mm	Ix	: 22,500 cm <sup>4</sup>	Zx	: 1.621 cm <sup>3</sup>
t2	: 14 mm	Iy	: 1870 cm <sup>4</sup>	Zy	: 187 cm <sup>3</sup>

### 4.1.3 Perencanaan Pembebanan

#### 1. Beban Mati (D)

Gording ujung (karena terletak diujung balok, maka menerima beban setengah kali jarak gording = 0.9975 m).

$$\text{Berat sendiri penutup atap} : 4.83 \text{ kg/m}^2 \times 5 \text{ m} \times 0.9975 \text{ m} = 24.09 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri gording} : 13.43 \text{ kg/m} \times 5 \text{ m} = 67.15 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri balok gabel} : 76 \text{ kg/m} \times 0.9975 \text{ m} = 75.62 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat alat penyambung} : 10\% \times \text{Berat Sendiri Balok Gabel} &= \underline{7.56 \text{ kg}} + \\ &= 174.42 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gording tengah (karena terletak di tengah balok, maka menerima beban satu kali jarak gording = 1.995 m).

$$\text{Berat sendiri penutup atap} : 4.83 \text{ kg/m}^2 \times 5 \text{ m} \times 1.995 \text{ m} = 48.18 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri gording} : 13.43 \text{ kg/m} \times 5 \text{ m} = 67.15 \text{ kg}$$

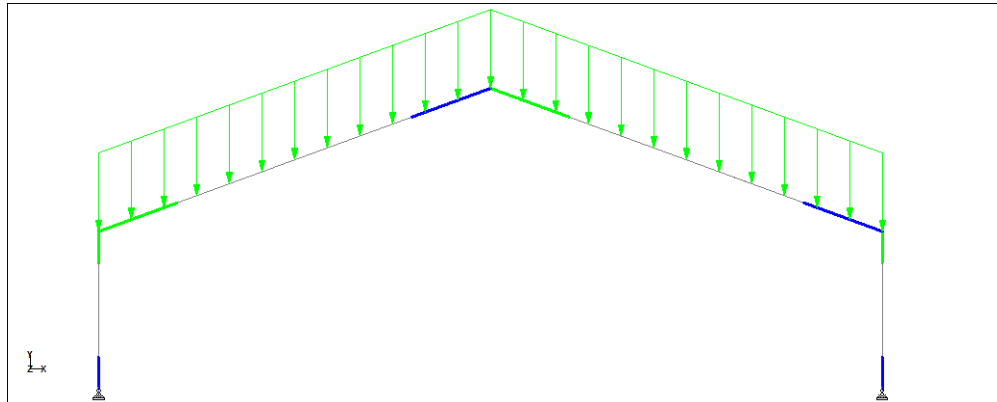
$$\text{Berat sendiri balok gabel} : 76 \text{ kg/m} \times 1.995 \text{ m} = 151.62 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat alat penyambung} : 10\% \times \text{Berat Sendiri Balok Gabel} &= \underline{15.16 \text{ kg}} + \\ &= 282.11 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban merata akibat beban mati:

$$\begin{aligned} q_D &= \frac{\sum P}{0.5L} \\ &= \frac{2(174.42) + 7(282.11)}{0.5(30)} \\ &= 154.91 \text{ kg/m} \end{aligned}$$





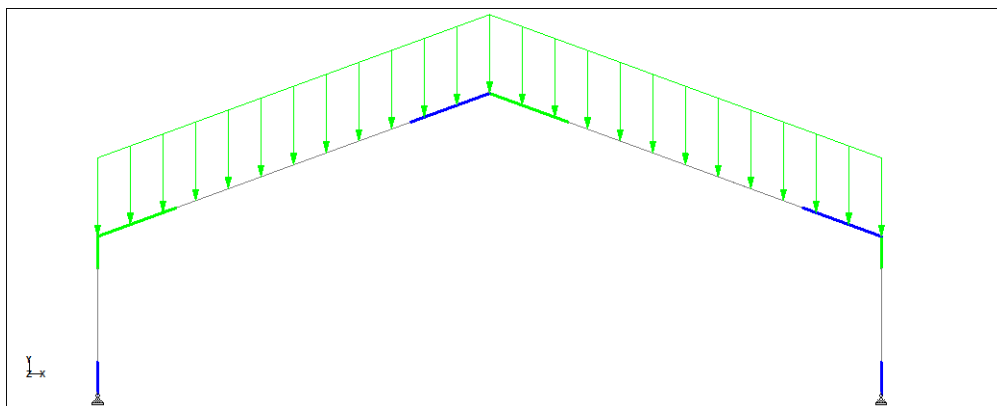
**Gambar 4.1.4** Skema Pembebanan Akibat Beban Mati (D)

## 2. Beban Hidup Atap (Lr)

Nilai Lr diambil sebesar 98 kg.

Beban merata akibat beban hidup atap:

$$\begin{aligned}
 q_{Lr} &= \frac{\sum P}{0.5L} \\
 &= \frac{9(98)}{0.5(30)} \\
 &= 58.80 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.1.5** Skema Pembebanan Akibat Beban Hidup Atap (Lr)

## 3. Beban Angin (W)

Tekanan angin rencana yang digunakan sebesar 30 kg/m<sup>2</sup> (nilai minimum untuk bangunan yang jauh dari tepi laut).

**a) Bidang Atap**

Beban merata akibat tekanan angin tekan:

Koefisien angin tekan,  $C_t = 0.1$

$$\begin{aligned} q_{Wt} &= 0.1 \times 30 \text{ kg/m}^2 \times 5 \text{ m} \\ &= 15 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban merata akibat tekanan angin hisap:

Koefisien angin hisap,  $C_h = -0.4$

$$\begin{aligned} q_{Wh} &= -0.4 \times 30 \text{ kg/m}^2 \times 5 \text{ m} \\ &= -60 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

**b) Bidang Dinding**

Beban merata akibat tekanan angin tekan:

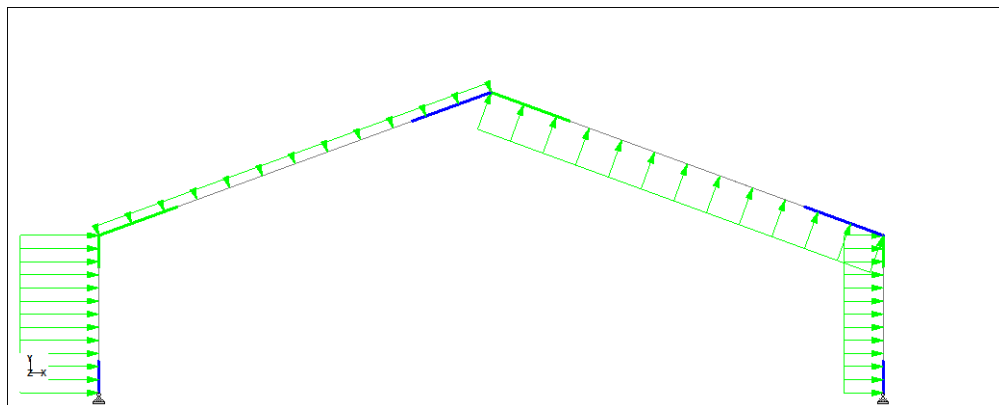
Koefisien angin tekan,  $C_t = 0.8$

$$\begin{aligned} q_{Wt} &= 0.8 \times 30 \text{ kg/m}^2 \times 5 \text{ m} \\ &= 120 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban merata akibat tekanan angin hisap:

Koefisien angin hisap,  $C_h = -0.4$

$$\begin{aligned} q_{Wh} &= -0.4 \times 30 \text{ kg/m}^2 \times 5 \text{ m} \\ &= -60 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.1.6** Skema Pembebanan Akibat Beban Angin (W)

#### 4. Beban Air Hujan (R)

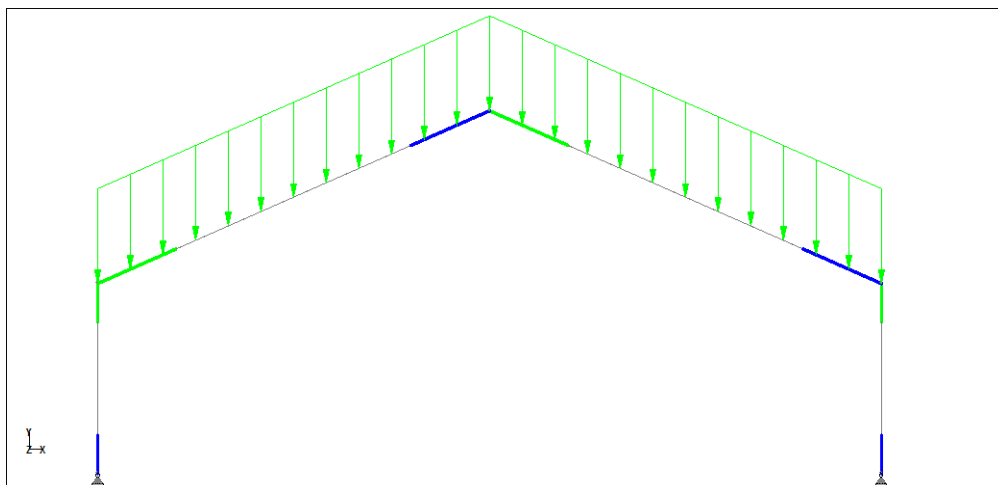
Tekanan air hujan:

$$\begin{aligned} R &= 0.0098 (d_s + d_n) \\ &= 0.0098 (20 + 10) \\ &= 0.30 \text{ kN/m}^2 \\ &= 30.00 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PR &= 30 \text{ kg/m}^2 \times 1.995 \text{ m} \times 5 \text{ m} \\ &= 299.25 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban merata akibat beban air hujan:

$$\begin{aligned} q_{Lr} &= \frac{\sum P}{0.5L} \\ &= \frac{9(299.25)}{0.5(30)} \\ &= 179.55 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

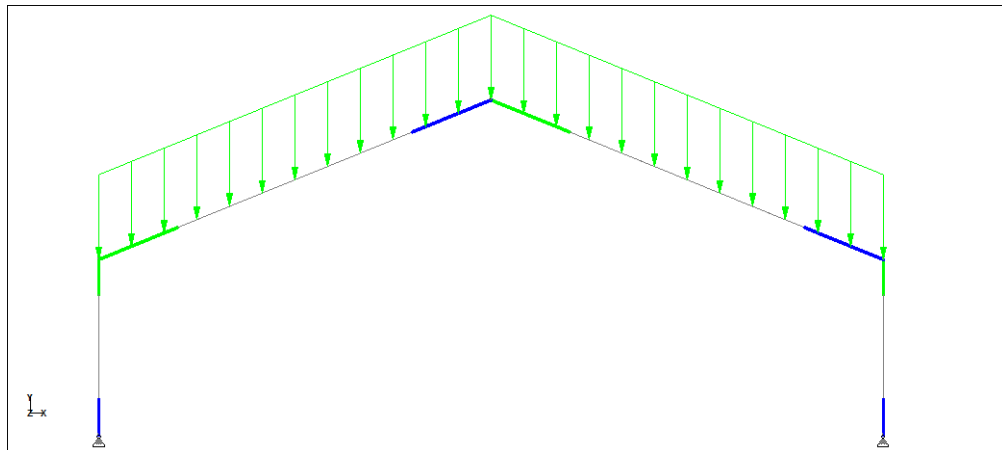


**Gambar 4.1.7** Skema Pembebanan Akibat Beban Air Hujan (R)



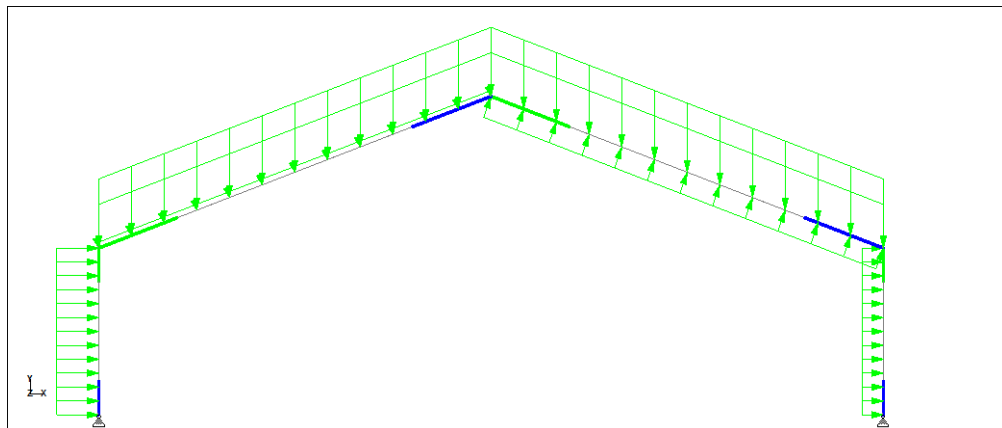
#### 4.1.4 Kombinasi Pembebanan

**Kombinasi 1** =  $1.4D$



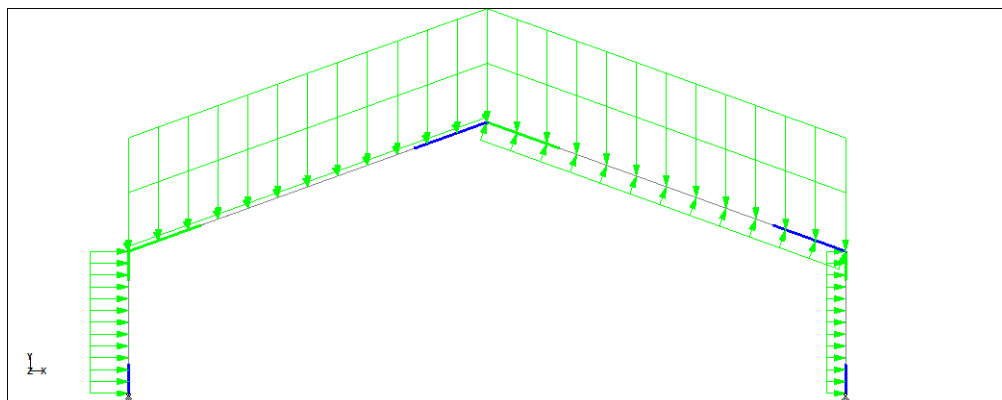
**Gambar 4.1.8** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 1

**Kombinasi 2** =  $1.2D + 1.6Lr + 0.8W$



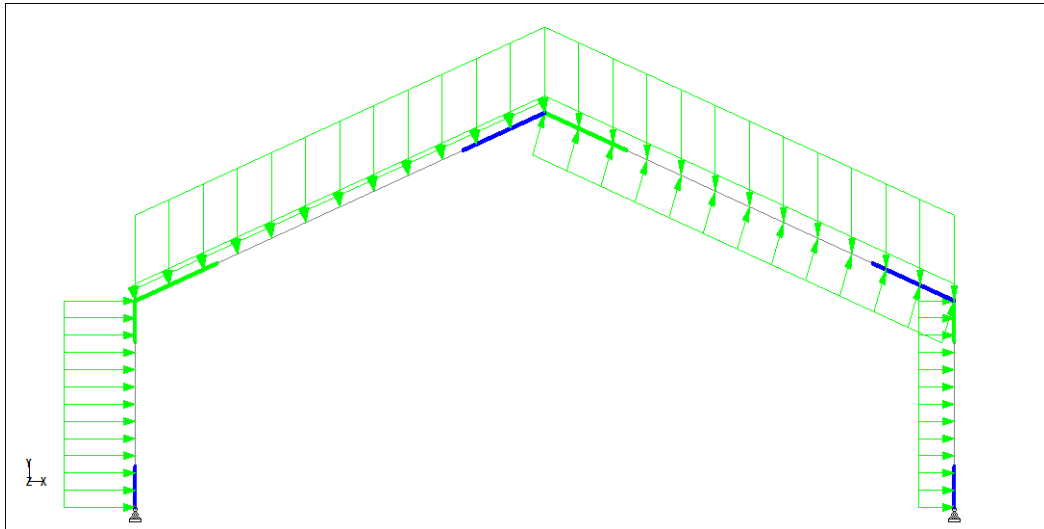
**Gambar 4.1.9** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 2

**Kombinasi 3** =  $1.2D + 1.6R + 0.8W$



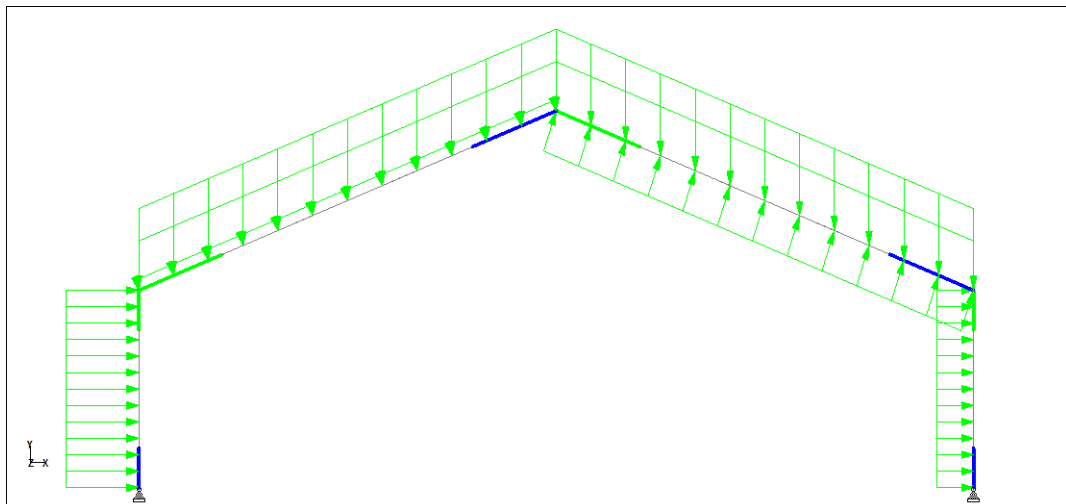
**Gambar 4.1.10** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 3

**Kombinasi 4** =  $1.2D + 1.3W + 0.5L_r$



**Gambar 4.1.11** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 4

**Kombinasi 5** =  $1.2D + 1.3W + 0.5R$



**Gambar 4.1.12** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 5

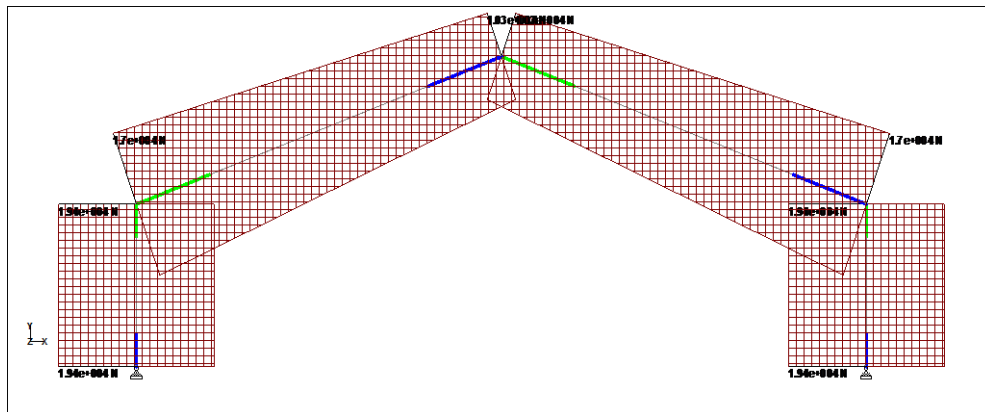
#### 4.1.5 Analisa Statika Struktur

Analisa statika struktur gabel frame baja profil WF pada penelitian ini menggunakan program StaadPro.

Berikut disajikan gambar dan ringkasan besarnya gaya aksial, gaya geser dan momen yang terjadi akibat pembebanan.

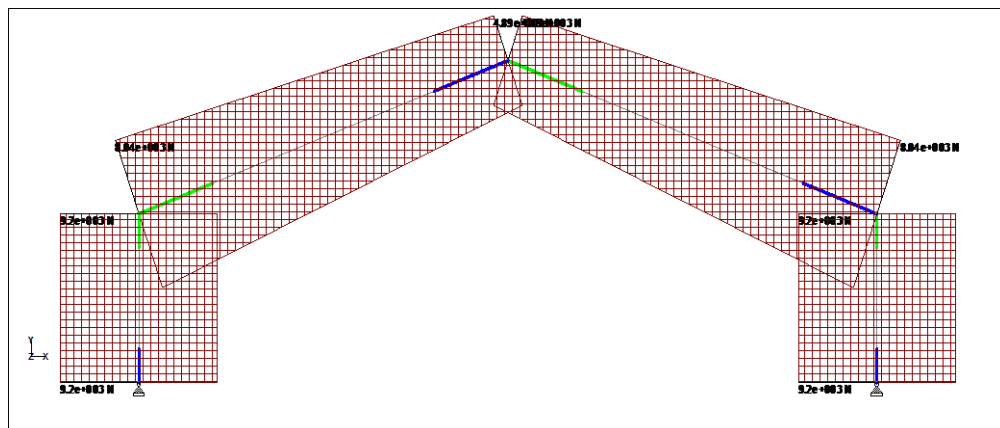
## A. Gaya Aksial

### Akibat Beban Mati (D)



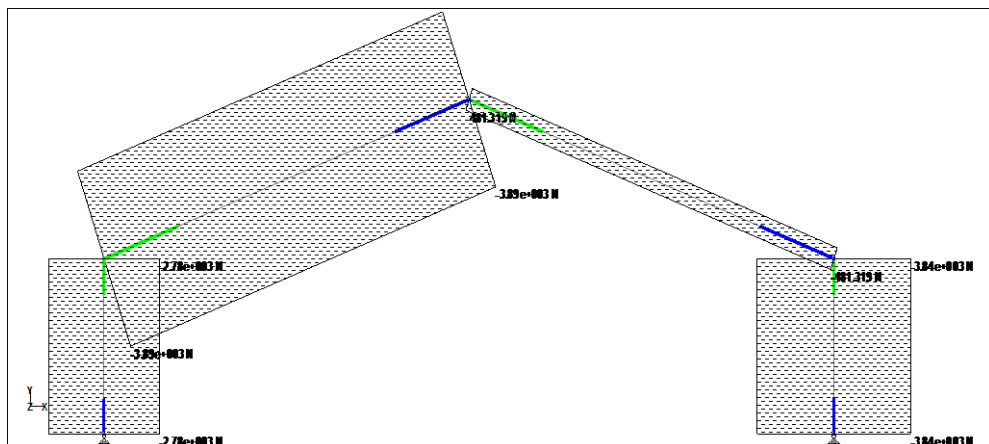
Gambar 4.1.13 Gaya Aksial Akibat Beban Mati (D)

### Akibat Beban Hidup Atap (Lr)



Gambar 4.1.14 Gaya Aksial Akibat Beban Hidup Atap (Lr)

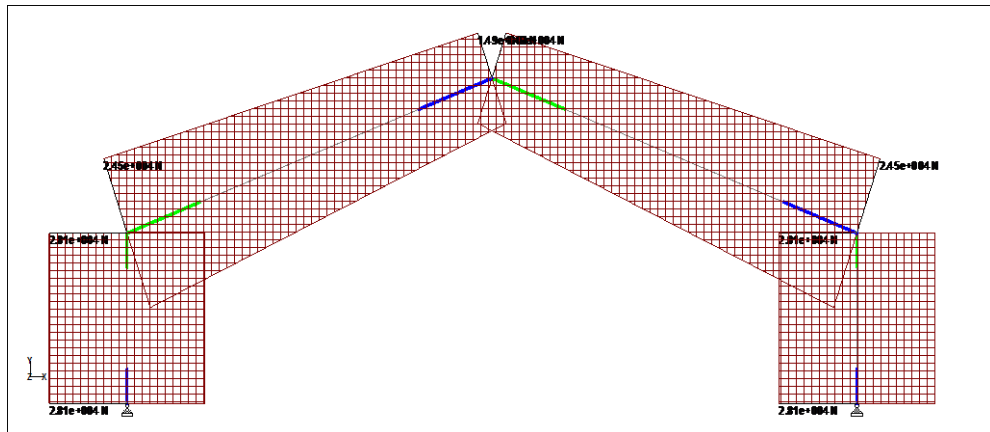
### Akibat Beban Angin (W)



Gambar 4.1.15 Gaya Aksial Akibat Beban Angin (W)

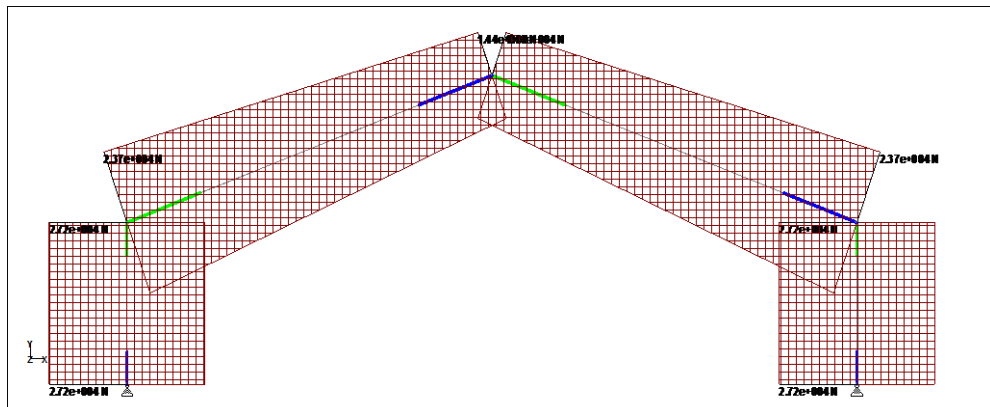


### Akibat Beban Air Hujan (R)



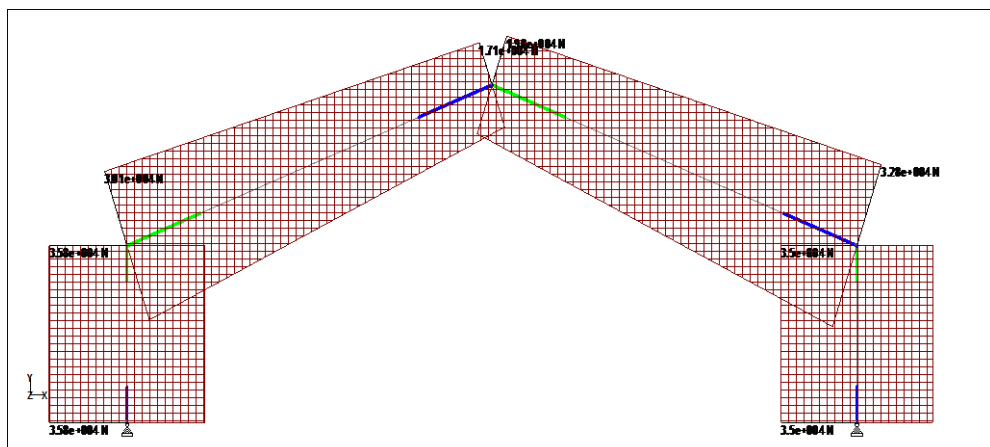
**Gambar 4.1.16** Gaya Aksial Akibat Beban Air Hujan (R)

### Akibat Beban Kombinasi 1



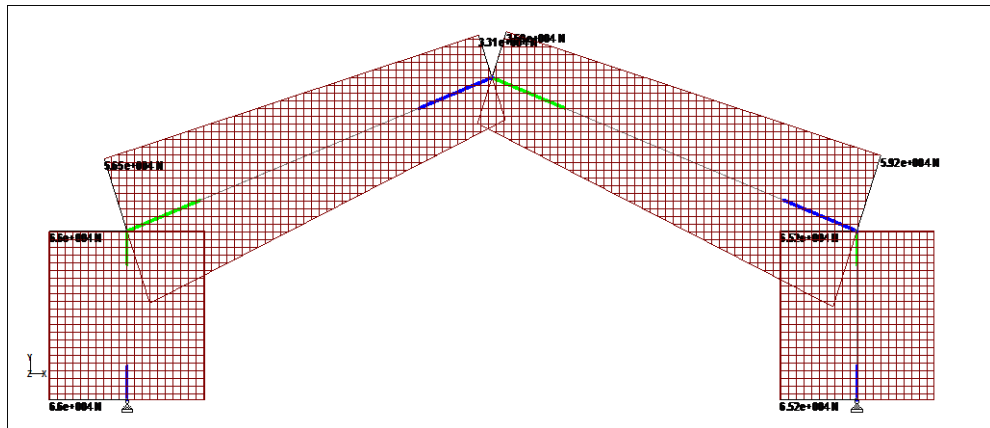
**Gambar 4.1.17** Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 1

### Akibat Beban Kombinasi 2



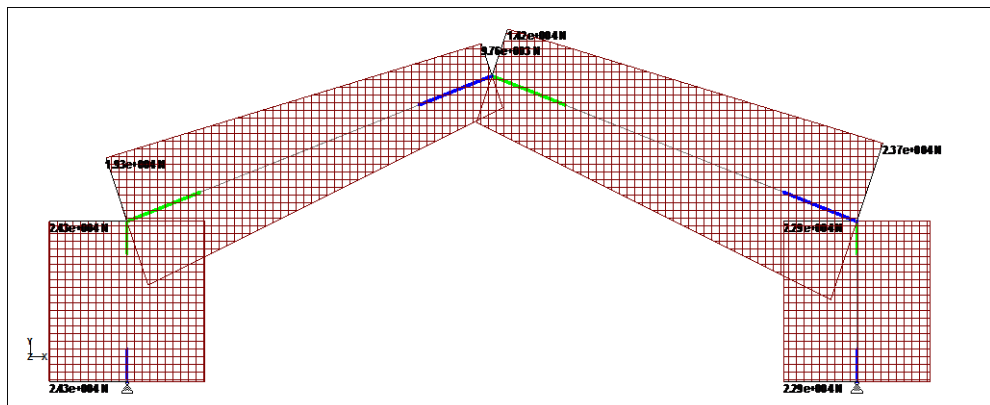
**Gambar 4.1.18** Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 2

### Akibat Beban Kombinasi 3



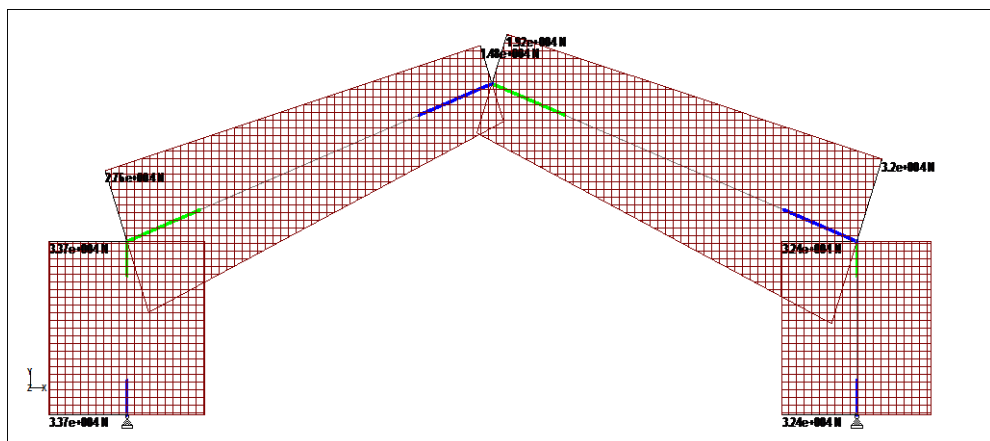
**Gambar 4.1.19** Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 3

### Akibat Beban Kombinasi 4



**Gambar 4.1.20** Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 4

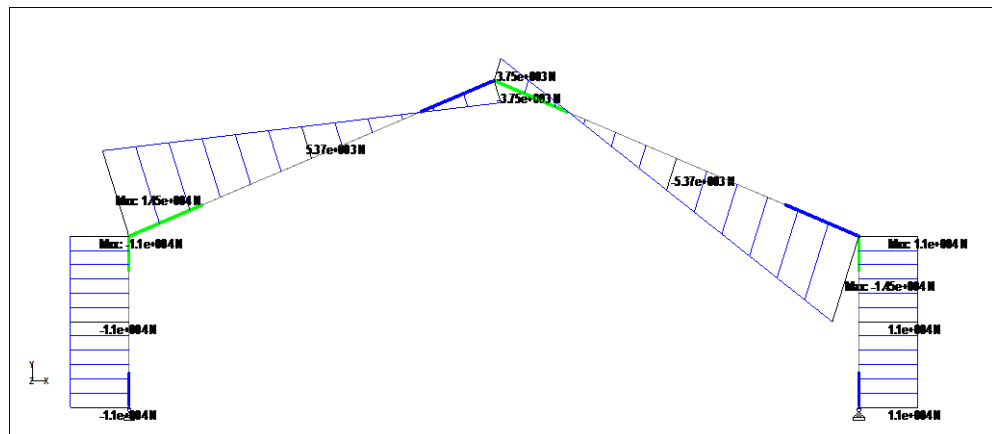
### Akibat Beban Kombinasi 5



**Gambar 4.1.21** Gaya Aksial Akibat Beban Kombinasi 5

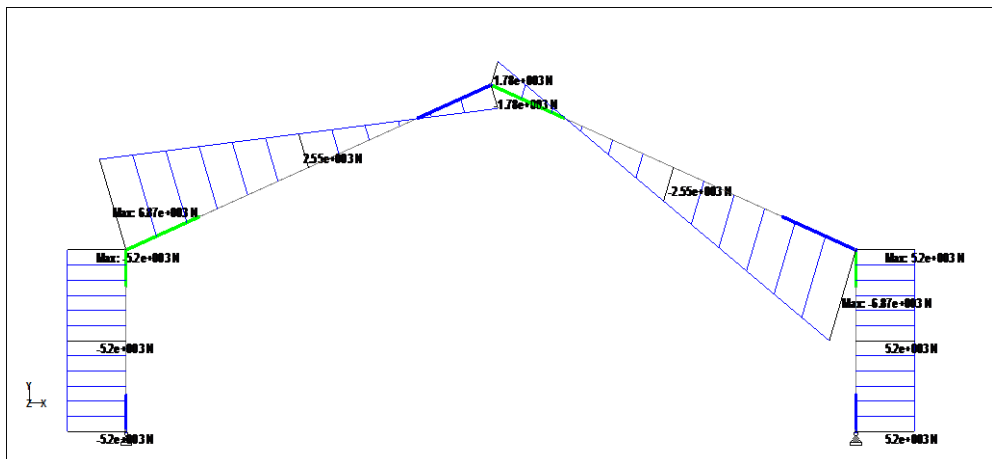
## B. Gaya Geser

### Akibat Beban Mati (D)



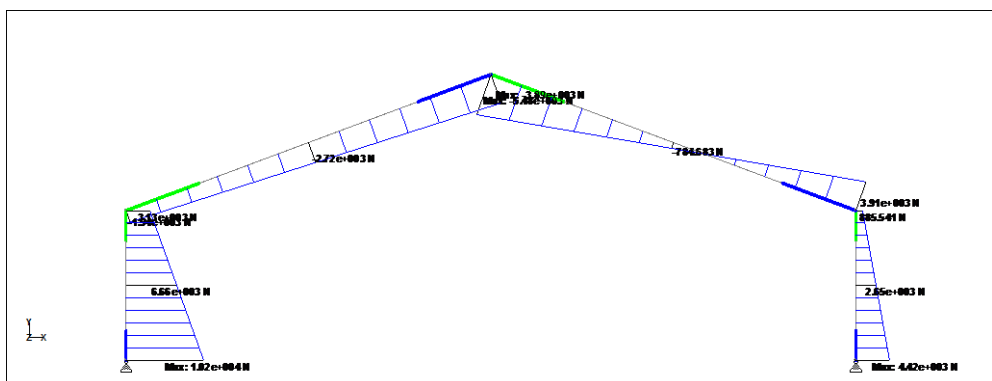
Gambar 4.1.22 Gaya Geser Akibat Beban Mati (D)

### Akibat Beban Hidup Atap (Lr)



Gambar 4.1.23 Gaya Geser Akibat Beban Hidup Atap (Lr)

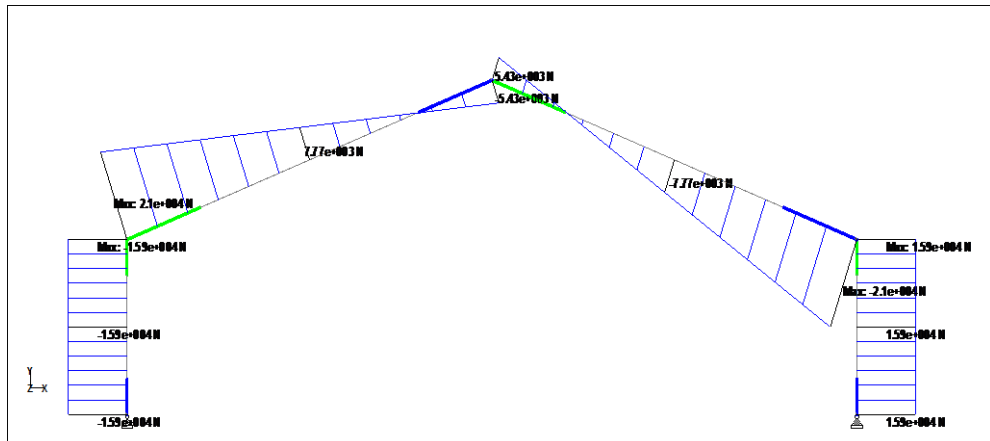
### Akibat Beban Angin (W)



Gambar 4.1.24 Gaya Geser Akibat Beban Angin (W)

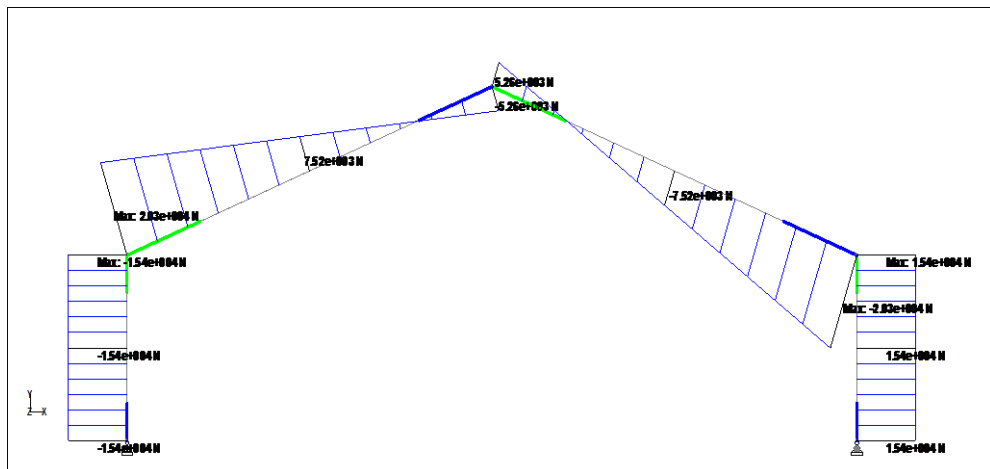


### Akibat Beban Air Hujan (R)



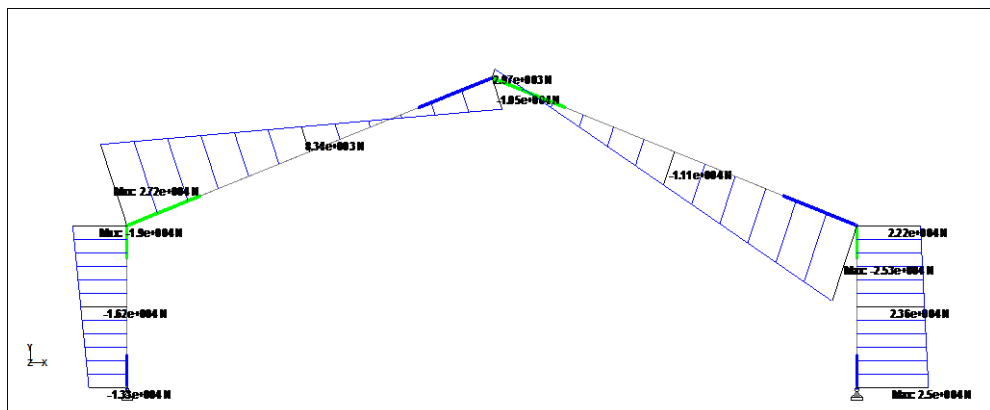
Gambar 4.1.25 Gaya Geser Akibat Beban Air Hujan (R)

### Akibat Beban Kombinasi 1



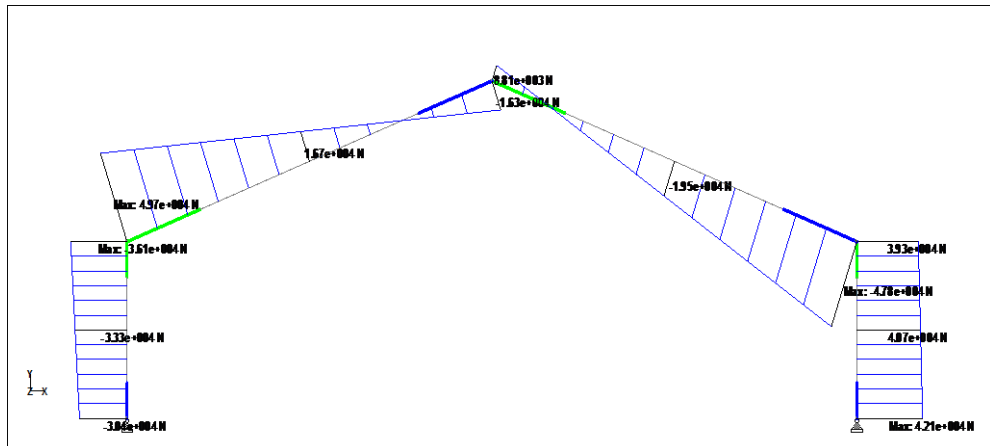
Gambar 4.1.26 Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 1

### Akibat Beban Kombinasi 2



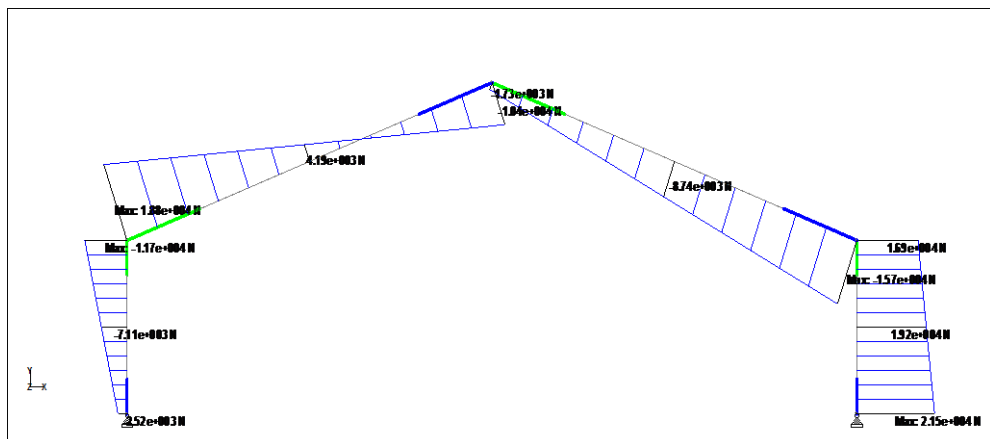
Gambar 4.1.27 Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 2

### Akibat Beban Kombinasi 3



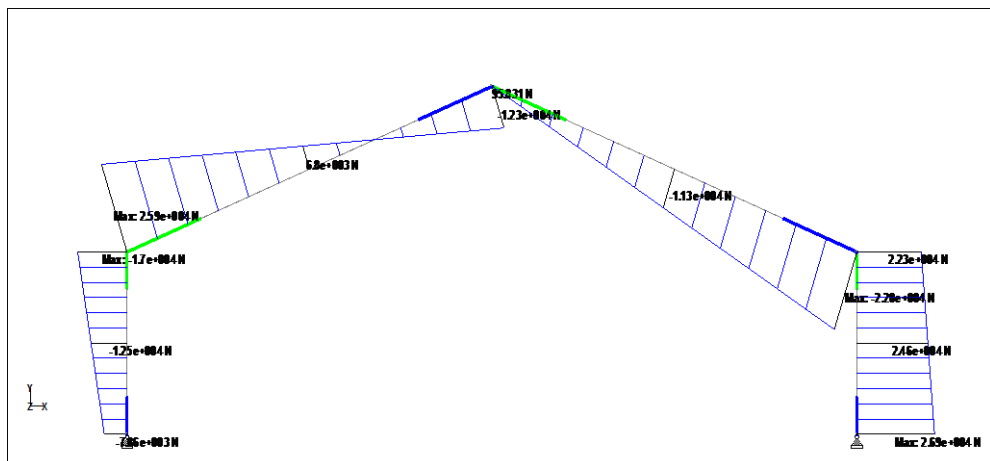
Gambar 4.1.28 Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 3

### Akibat Beban Kombinasi 4



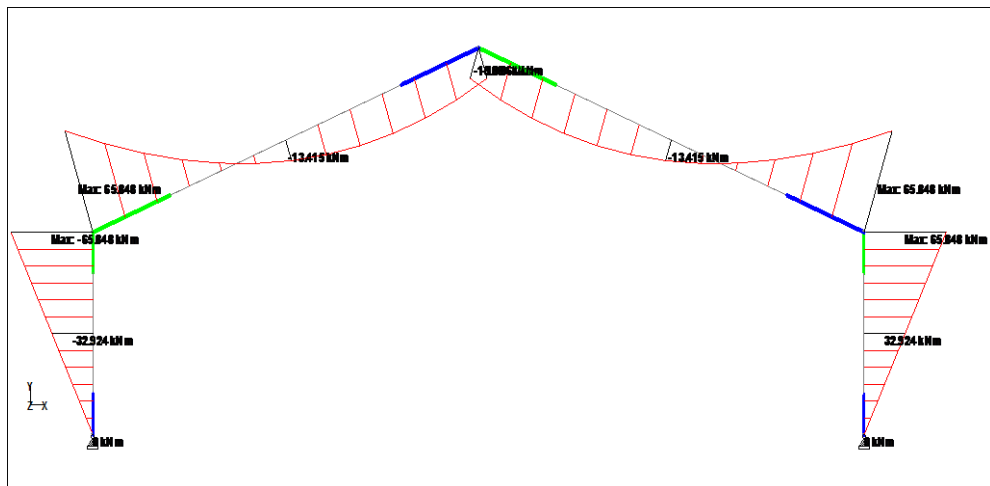
Gambar 4.1.29 Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 4

### Akibat Beban Kombinasi 5



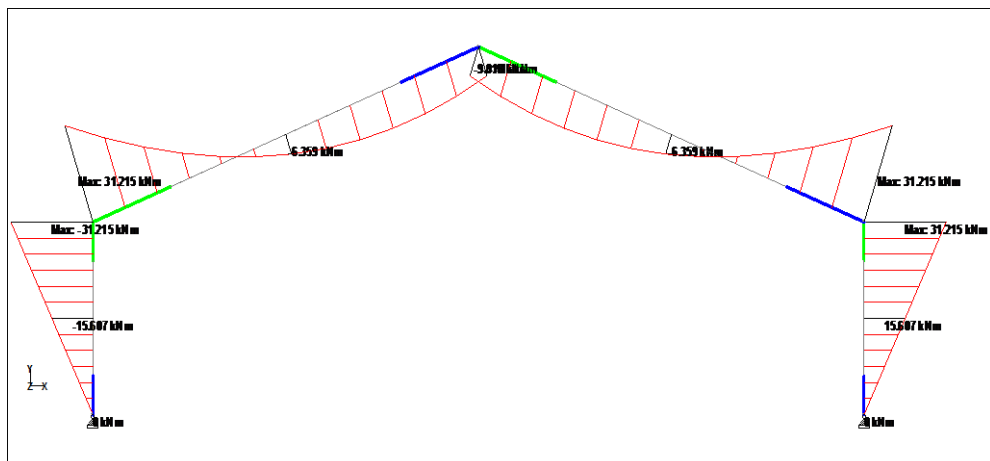
Gambar 4.1.30 Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 5

### Akibat Beban Mati (D)



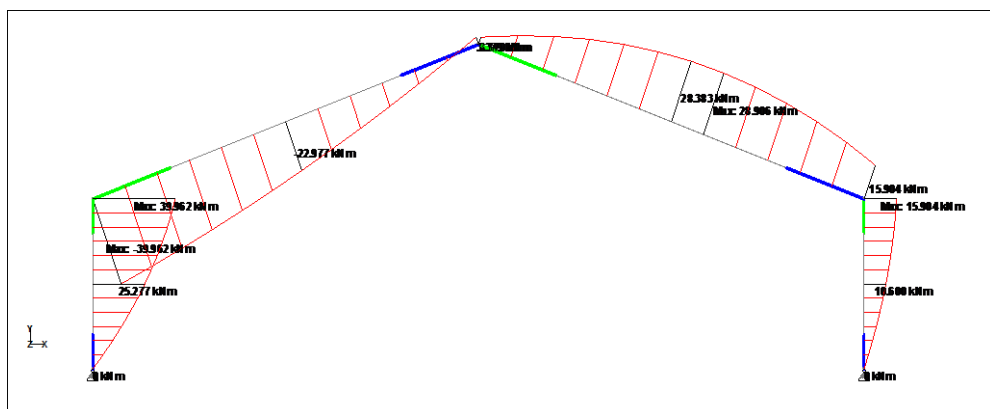
Gambar 4.1.31 Momen Akibat Beban Mati (D)

### Akibat Beban Hidup Atap (Lr)



Gambar 4.1.32 Momen Akibat Beban Hidup Atap (Lr)

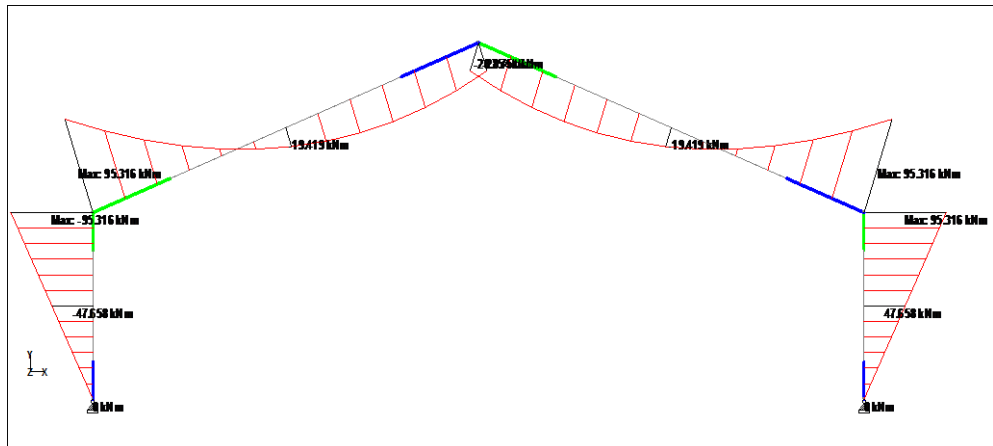
### Akibat Beban Angin (W)



Gambar 4.1.33 Momen Akibat Beban Angin (W)

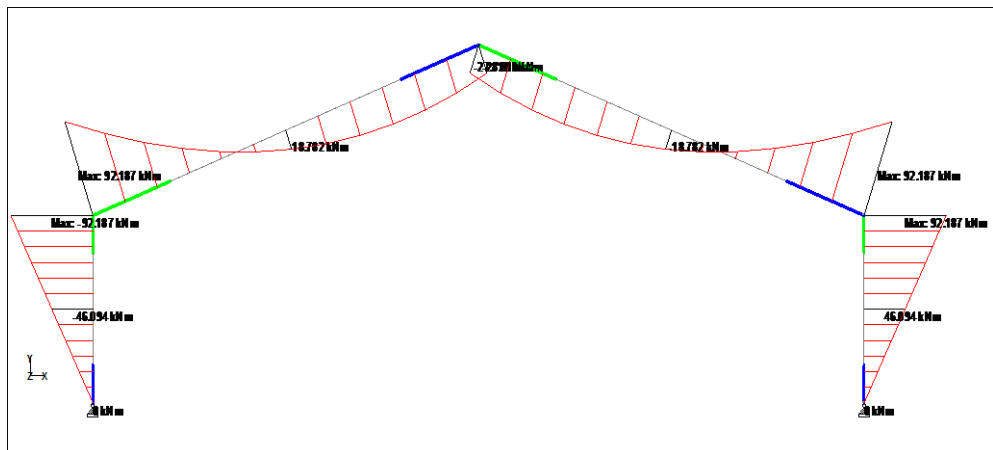


### Akibat Beban Air Hujan (R)



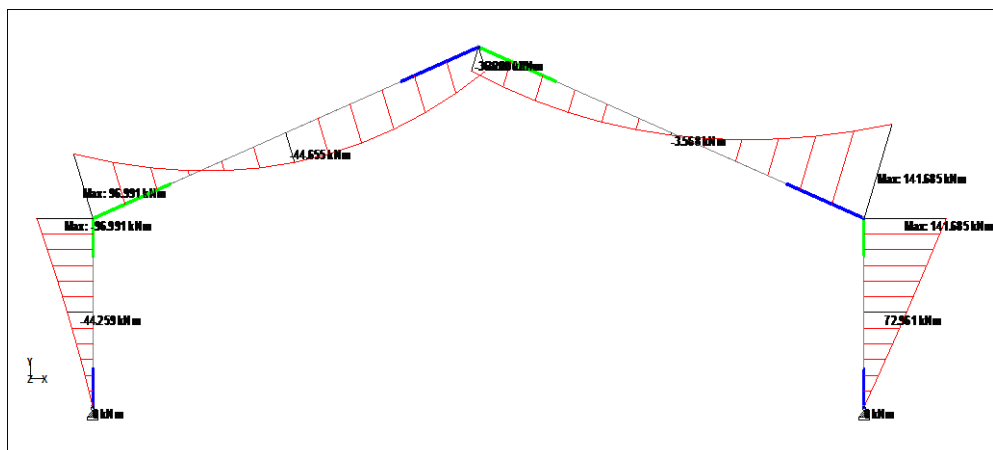
Gambar 4.1.34 Momen Akibat Beban Air Hujan (R)

### Akibat Beban Kombinasi 1



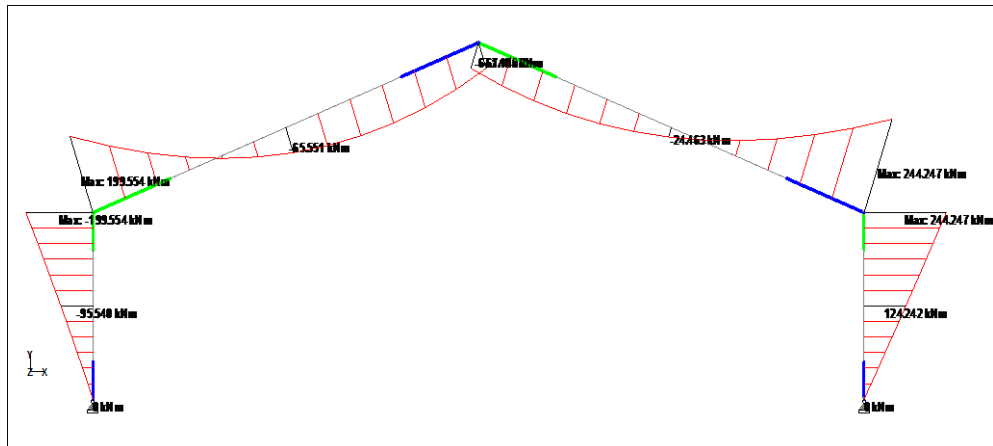
Gambar 4.1.35 Momen Akibat Beban Kombinasi 1

### Akibat Beban Kombinasi 2



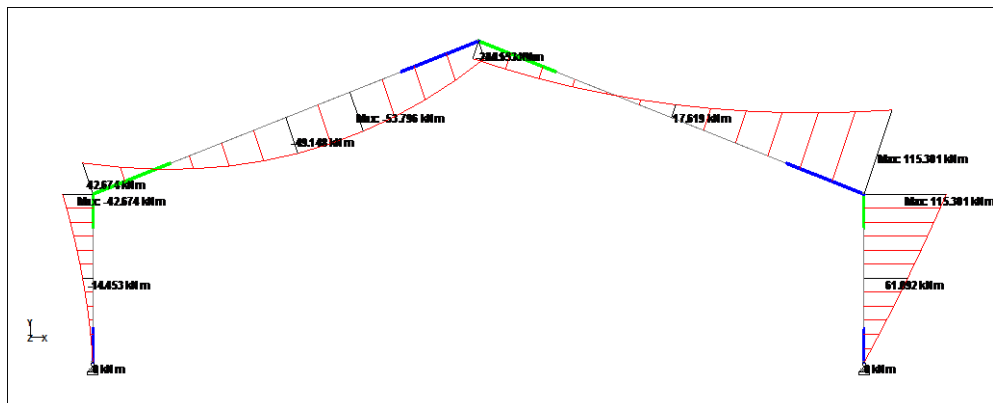
Gambar 4.1.36 Momen Akibat Beban Kombinasi 2

### Akibat Beban Kombinasi 3



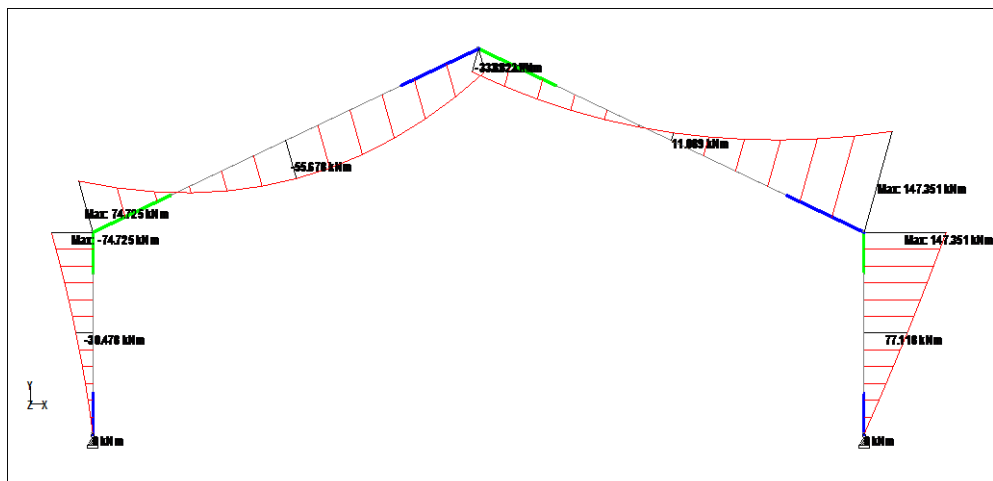
Gambar 4.1.37 Momen Akibat Beban Kombinasi 3

### Akibat Beban Kombinasi 4



Gambar 4.1.38 Momen Akibat Beban Kombinasi 4

### Akibat Beban Kombinasi 5



Gambar 4.1.39 Momen Akibat Beban Kombinasi 5

**Tabel 4.1.2** Rekapitulasi Hasil Analisa StaadPRO

GABEL FRAME	BEBAN	GAYA AKSIAL	GAYA GESER	MOMEN
		(kg)	(kg)	(kgm)
BALOK 1	Beban Mati	2,117.33	1,809.95	8,223.60
	Beban Hidup Atap	803.69	687.01	3,121.50
	Beban Angin	389.18	154.11	3,996.20
	Beban Air Hujan	2,454.11	2,097.84	9,531.60
	Kombinasi 1	2,964.26	2,533.93	11,513.00
	Kombinasi 2	3,515.35	3,147.87	11,665.60
	Kombinasi 3	6,156.04	5,405.19	21,921.90
	Kombinasi 4	2,436.71	2,315.10	6,233.90
	Kombinasi 5	3,261.92	3,020.51	9,439.00
BALOK 2	Beban Mati	1,287.94	468.77	2,480.80
	Beban Hidup Atap	488.87	177.94	941.60
	Beban Angin	48.13	548.09	337.90
	Beban Air Hujan	1,492.80	543.34	2,875.40
	Kombinasi 1	1,803.11	656.28	3,473.10
	Kombinasi 2	2,289.21	408.75	4,213.30
	Kombinasi 3	3,895.49	993.40	7,307.20
	Kombinasi 4	1,727.39	61.02	3,008.50
	Kombinasi 5	2,229.35	121.68	3,975.40
KOLOM 1	Beban Mati	2,424.97	1,370.60	8,223.60
	Beban Hidup Atap	920.46	520.24	3,121.50
	Beban Angin	277.92	313.00	3,996.20
	Beban Air Hujan	2,810.68	1,588.60	9,531.60
	Kombinasi 1	3,394.96	1,918.83	11,513.00
	Kombinasi 2	4,160.36	2,226.71	11,665.60
	Kombinasi 3	7,184.72	3,936.08	21,921.90
	Kombinasi 4	3,008.89	1,497.94	6,233.90
	Kombinasi 5	3,954.00	2,032.12	9,439.00
KOLOM 2	Beban Mati	2,424.97	1,370.60	8,223.60
	Beban Hidup Atap	920.46	520.24	3,121.50
	Beban Angin	384.03	88.55	1,590.40
	Beban Air Hujan	2,810.68	1,588.60	9,531.60
	Kombinasi 1	3,394.96	1,918.83	11,513.00
	Kombinasi 2	4,075.47	2,547.95	16,135.00
	Kombinasi 3	7,099.84	4,257.32	26,391.20
	Kombinasi 4	2,870.96	2,019.96	13,496.60
	Kombinasi 5	3,816.07	2,554.14	16,701.70
NILAI MAKSIMUM		7,184.72	5,405.19	26,391.20



#### 4.1.6 Kontrol Dimensi Profil Gabel Frame

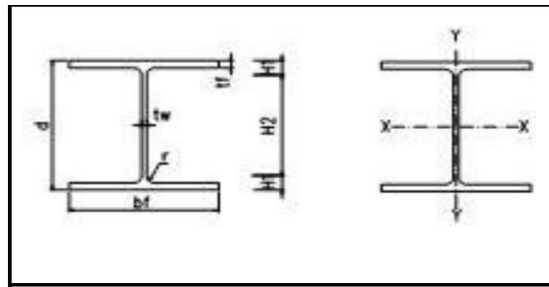
Dari hasil Perhitungan dengan menggunakan program Staad Pro diperoleh:

Momen (M)	=	26,391.20	kgm
Lintang (D)	=	5,405.19	kg
Normal (N)	=	7,184.72	kg

Diketahui Profil Baja WF 450 x 200 x 9 x 14 dengan spesifikasi:

Mutu baja profil

$f_y$	=	2,500.00	kg/cm <sup>2</sup>	=	250.00	Mpa
E	=	2,000,000.00	kg/cm <sup>2</sup>	=	200,000.00	Mpa
G	=	793,000.00	kg/cm <sup>2</sup>	=	79,300.00	Mpa



q	=	76.00	kg/m	bf	=	20.00	cm
$I_x$	=	22,500.00	cm <sup>4</sup>	tf	=	0.90	cm
$I_y$	=	1,870.00	cm <sup>4</sup>	tw	=	1.40	cm
$Z_x$	=	1,490.00	cm <sup>3</sup>	A	=	96.80	cm <sup>2</sup>
$Z_y$	=	187.00	cm <sup>3</sup>	rx	=	1.80	cm
h	=	45.00	cm	ry	=	1.80	cm

#### ➤ Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lokal Kontrol Penampang

$f_y$	=		=	2,500.00	kg/cm <sup>2</sup>	
$f_r$	=	92.80	Mpa	=	928.00	kg/cm <sup>2</sup>

Sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{10.00}{0.90} = 11.11$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170.00}{15.81} = 10.75$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - F_r}} = \frac{370.00}{12.54} = 29.51$$

$\lambda < \lambda_p$  ..... **Kompak!!!**

Badan :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{45.00}{1.40} = 32.14$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1,680.00}{15.81} = 106.25$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{fy - Fr}} = \frac{2,550.00}{12.54} = 203.38$$

$\lambda < \lambda_p$  ..... **Kompak!!!**

Kontrol Momen

$$\text{Momen Ultimate arah x} = 2,639,120.00 \text{ kgcm}$$

$$\emptyset = 0.90$$

Momen nominal berdasarkan keadaan batas tekuk lokal flens:

$$\begin{aligned} M_{px} &= Z_x \cdot F_y \\ &= 1,490.00 \times 2,500.00 \\ &= 3,725,000.00 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{rx} &= S_x(f_y - f_r) \\ &= 1,490.00 \times (2,500.00 - 928.00) \\ &= 2,342,280.00 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} \\ &= 3,725,000.00 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Kontrol momen terhadap batas tekuk lokal:

$$\Phi M_n \geq M_u \quad \Phi = 0.9 \text{ (SNI 2002, Pasal 8.1.1)}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= 0.9 \times 3,725,000.00 \\ &= 3,352,500.00 \text{ kgcm} > 2,639,120.00 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$\Phi M_n \geq M_u$  ..... **Profil Aman!!!**

➤ **Kuat Geser Plat Badan**

Kontrol geser (SNI 2002, pasal 8.8.2a hal 45)

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{kn E}{fy}}$$

$$\begin{aligned} \text{dimana } kn &= 10.43 \\ a &= h - 2.tf = 43.20 \end{aligned}$$

$$\frac{45.00}{1.40} = 1.10 \times 228,312.80$$

$$32.14 < 251,144.08 \quad \text{OK!!}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot fy \cdot A_w, \text{ Dimana } A_w = \text{Luas kotor pelat badan} \\ &= 0,6 \cdot 2400 \cdot (0,8 \cdot (20 - 1,2 \cdot 2)) \\ &= 50,640.00 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi V_n &= 0.90 \times 50,640.00 \\ &= 45,576.00 \text{ kg} \end{aligned}$$

*Vu didapat dari kondisi pembebanan yang paling menentukan, yaitu*

$$V_u = 5,405.19 \text{ kg}$$

**Syarat.....**

$$\Phi V_n \geq V_u$$

$$45,576.00 > 5,405.19 \quad \text{OK!!}$$

➤ **Kontrol Lendutan**

Beban Penyebab Lendutan:

$$\begin{aligned} q_D &= 154.91 \text{ kg/m} \\ q_R &= 179.55 \text{ kg/m} + \\ \hline q_{tot} &= 334.46 \text{ kg/m} \\ &= 3.34 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Spesifikasi profil baja:

$$\begin{aligned} E &= 2,000,000.00 \text{ kg/cm}^2 \\ L_x &= 1,596.00 \text{ cm} \\ I_x &= 22,500.00 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Lendutan Ijin Maksimum (SNI 2002, tabel 6.4-1)

$$\bar{f}_x \text{ ijin} = \frac{L_x}{240} = 6.65 \text{ cm}$$

$$\text{Untuk A) } \bar{f}_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI}$$

$$\text{B) } \bar{f}_{\max} = \frac{1}{48} \times \frac{PL^3}{EI}$$

$$\bar{f}_x = \left\{ \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI} + \frac{1}{48} \times \frac{PL^3}{EI} \right\} = 6.28 \text{ cm}, \quad \bar{f}_x < \bar{f}_x \text{ ijin} \quad \text{OK!!}$$

Jadi profil **WF 450 x 200 x 9 x 14** dapat digunakan.

#### 4.1.8 Biaya Kebutuhan Kuda-Kuda Gabel Frame

**Tabel 4.1.3** Biaya Kebutuhan Kuda-Kuda Gabel Frame

Memasang rangka kuda-kuda baja IWF (Analisa harga satuan SNI 7393:2008 No.6.2)							
No	Uraian	Indeks	Satuan	Harga Upah/	Harga	Volume	Jumlah Harga
				Material	Satuan		
				Rp	Rp		
1	TENAGA KERJA						
	Pekerja	0.060	Org/hr	55,000	3,300	1.00	3,300
	Tukang Besi/ Baja	0.060	Org/hr	70,000	4,200	1.00	4,200
	Kepala Tukang Besi	0.006	Org/hr	75,000	450	1.00	450
	Mandor	0.003	Org/hr	80,000	240	1.00	240
2	MATERIAL						
	Baja Profil WF 450 x 200	1.150	kg	9,900	11,385	21,836.93	248,613,448
	Harga Total						248,621,638.05



## **BAB IV**

### **PERENCANAAN KONSTRUKSI**

#### **4.1 Perencanaan Gording**

##### **Jarak antar gording**

Diketahui :

Lebar bangunan (L) = 30 m

Tinggi kolom = 5 m

Kemiringan atap = 20 °

$$\begin{aligned}\text{Panjang balok miring} &= \frac{1}{2} L / \cos \alpha \\ &= \frac{1}{2} 30 / \cos 20 \\ &= 15,96 \text{ m}\end{aligned}$$

##### **Jarak antar gording :**

Is (Jarak antar gording tengah ) = 1,995 m

Es (Jarak antar gording sebelum ujung) = 1 m

O (Jarak gording ke ujung) = 0,15 m

$$\alpha = 15^\circ$$

**Gambar 4.1** Arah gaya pada gording

Dicoba profil Channel 125 . 65 . 6

$$a = 125 \text{ mm} \quad Z_x = 68 \text{ cm}^3$$

$$b = 65 \text{ mm} \quad Z_y = 14,4 \text{ cm}^3$$

$$t_1 = 6 \text{ mm} \quad I_x = 425 \text{ cm}^4$$

$$t_2 = 8 \text{ mm} \quad I_y = 65,5 \text{ cm}^4$$

$$g = 13,4 \text{ kg/m} \quad f_y = 250 \text{ Mpa}$$

**Diketahui :**

$$\text{Berat atap Zinalume tipe 935} = 4,83 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Jarak antar gording} = 1,995 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar portal} = 5 \text{ m}$$

**Akibat beban mati (G) :**

$$\begin{aligned} \text{▪ Berat sendiri gording} &= 13,4 \text{ kg/m} \\ \text{▪ Berat atap} &= \text{Jarak antar gording} \times \text{Berat atap} \\ &= 1,995 \text{ m} \times 4,83 \text{ kg/m}^2 \\ &= \frac{9,64 \text{ kg/m}}{23,04 \text{ kg/m}} + \\ \text{▪ Berat sambungan (10\%)} &= \frac{2,304 \text{ kg/m}}{25,34 \text{ kg/m}} + \\ G &= 25,34 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_y &= G \times \sin \alpha \\ &= 25,34 \times \sin 20 \end{aligned}$$

$$= 8,6666 \text{ kg/m} = 0,087 \text{ N/mm}$$

$$G_x = G \times \cos \alpha$$

$$= 25,34 \times \cos 20$$

$$= 23,811 \text{ kg/m} = 0,238 \text{ N/mm}$$

#### **Akibat beban angin (W) :**

#### **Menentukan Tekanan Angin Sesuai SNI 1727- 2013 hal, 64**

Langkah 1 : Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain

Bangunan pasar masuk dalam kategori risiko 2

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

$$\text{Diambil } V, \text{ sebesar : } 40 \text{ km/jam} = 11,11 \text{ m/s}$$

Langkah 3 : Tentukan parameter beban angin :

##### **1. Faktor arah angin ( $K_d$ )**

Karena tipe struktur masuk dalam Sistem Penahan Beban Angin Utama  
maka :

$$\text{Diambil } K_d : 0,85 \quad (\text{SNI 1727:2013})$$

##### **2. Kategori eksposur**

Masuk dalam eksposur, C Dataran terbuka dengan penghalang tersebar  
yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 9,1 m. (SNI 1727:2013)

##### **3. Faktor topografi ( $K_{zt}$ )**

$$\text{Diambil } K_{zt} : 1,0 \quad (\text{SNI 1727:2013})$$

#### 4. Faktor efek tiupan angin (G)

$$\text{Diambil : } 0,85 \quad (\text{SNI 1727:2013})$$

#### 5. Klasifikasi ketertutupan

Merupakan, Jenis Bangunan gedung terbuka.

Maka Koefisien Tekanan Internal diambil :

$$GC_{pl} = 0,00 \quad (\text{SNI 1727:2013})$$

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

$$\alpha = 9,5$$

$$Z_g = 274,32 \text{ m}$$

$$Z = \text{Tinggi dinding} = 5 \text{ m}$$

$$K_z = 2,01 \times \left( \frac{Z}{Z_g} \right)^{2/\alpha} = 2,01 \times \left( \frac{5}{274,3} \right)^{0,211} = 0,865$$

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

$$\begin{aligned} q_h &= 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \\ &= 0,613 \times 0,865 \times 1,00 \times 0,85 \times 11,11^2 \\ &= 55,645 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

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

$$C_{NW} = 1,1 \quad (\text{SNI 1727:2013, hal 73})$$

$$C_{NL} = -0,4$$

Langkah 7 : Menghitung tekanan angin,  $P$  :



$$\begin{aligned}
 P_{\text{tekan}} &= qh \times G \times C_{NW} \\
 &= 55,645 \times 0,85 \times 1,1 \\
 &= 52,028 \text{ N/m}^2 = 5,203 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tekan}} &= P \times \text{jarak antar gording} \\
 &= 5,20 \times 1,995 \\
 &= 10,38 \text{ kg/m} = 0,104 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{hisap}} &= qh \times G \times C_{NL} \\
 &= 55,645 \times 0,85 \times -0,4 \\
 &= -18,919 \text{ N/m}^2 = -1,89 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{hisap}} &= P \times \text{jarak antar gording} \\
 &= -1,89 \times 1,995 \\
 &= -3,77 \text{ kg/m} = -0,038 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

**Akibat beban Hidup Atap (Lr) :**

$$\alpha = 15^\circ$$

**Gambar 4.2** Arah gaya pada beban hidup atap pada gording

$$L_r = 96 \text{ kg} \quad (\text{SNI 1727:2013})$$

$$\begin{aligned}
 L_{ry} &= L_r \times \sin \alpha \\
 &= 96 \times \sin 15 \\
 &= 24,847 \text{ kg} = 248,466 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{rx} &= L_r \times \cos \alpha \\
 &= 96 \times \cos 15
 \end{aligned}$$

$$= 92,729 \text{ kg} = 927,289 \text{ N}$$

### **Beban air hujan (R)**

Menurut SNI 1727:2013, hal 38.

$$R = 0,0098(ds + dh) \text{ ,dalam KN/m}^2$$

ds = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam mm.

$$ds, \text{ diambil : } 20 \text{ mm}$$

dh = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam mm.

$$dh, \text{ diambil : } 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R &= 0,0098 \times (20 + 10) \\ &= 0,294 \text{ KN/m}^2 = 29,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hujan (R)} &= 29,4 \text{ kg/m}^2 \\ &= 29,4 \times \text{jarak antar gording} \\ &= 29,4 \times 1,995 \\ &= 58,65 \text{ kg/m} = 0,587 \text{ l/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_y &= R \times \sin \alpha \\ &= 58,653 \times \sin 15 \\ &= 15,181 \text{ kg/m} = 0,152 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_x &= R \times \cos \alpha \\ &= 58,653 \times \cos 15 \\ &= 56,654 \text{ kg/m} = 0,567 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

#### Kombinasi beban SNI 03-1727-2013

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

#### Perhitungan statika :

##### **Gambar 4.3** Perhitungan statika gording sejarak 6 m

Dengan menggunakan program STAAD PRO 2004 didapat momen dari hasil

kombinasi beban yang terbesar :  $1,2 \quad D + 1,6 \quad Lr + 0,5 \quad R$

$$M_x \text{ maks} = 3,35 \text{ KNm} = 3350000 \text{ Nmm}$$

$$M_y \text{ maks} = 0,707 \text{ KNm} = 707000 \text{ Nmm}$$

Kontrol Lentur :  **$M_u \leq \phi \cdot M_n$**  (SNI 1729-2015)

$$\phi M_{nx} = \phi \times Z_x \times f_y$$

$$= 0,9 \times 68000 \times 250$$

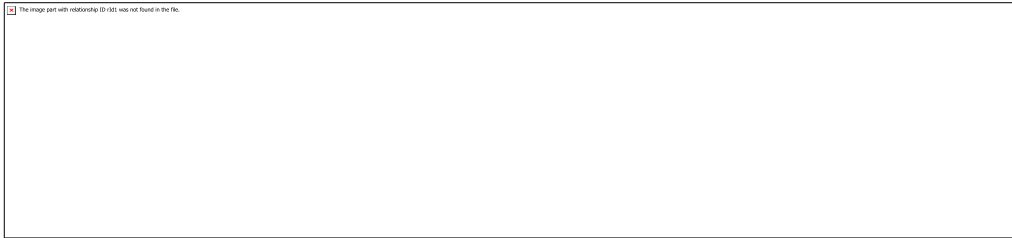
$$= 15300000 \text{ Nmm} > M_{ux} = 3350000 \text{ Nmm} \text{ AMAN}$$

$$\phi M_{ny} = \phi \times Z_y \times f_y$$

$$= 0,9 \times 14400 \times 250$$

$$= 3240000 \text{ Nmm} > M_{uy} = 707000 \text{ Nmm} \text{ AMAN}$$

#### Kontrol lendutan :



**Gambar 4.4** Lendutan maksimum yang terjadi pada gording

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{ijin}} &= \frac{1}{240} L \quad (\text{sumber : SNI-03-1729-2002}) \\ &= \frac{1}{240} 5000 \\ &= 20,833 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\Delta = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \quad (\text{untuk beban merata})$$

$$\Delta = \frac{1}{48} \times \frac{P \times L^3}{E \times I} \quad (\text{untuk beban terpusat})$$

$q_x$  = Beban merata pada gording arah sumbu x

$$\begin{aligned} &= 1,2 \text{ D} + 0,5 \text{ R} \\ &= 1,2 \times 23,811 + 0,5 \times 56,654 \\ &= 56,901 \text{ kg/m} = 0,569 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$q_y$  = Beban merata pada gording arah sumbu y

$$\begin{aligned} &= 1,2 \text{ D} + 0,5 \text{ R} \\ &= 1,2 \times 8,667 + 0,5 \times 15,181 \\ &= 17,990 \text{ kg/m} = 0,180 \text{ N/mm} \end{aligned}$$



$P_x$  = Beban terpusat pada gording arah sumbu x

$$= 1,6 \quad L_r$$

$$= 1,6 \quad x \quad 92,729$$

$$= 148,366 \quad \text{kg} = 1483,662 \quad \text{N}$$

$P_y$  = Beban terpusat pada gording arah sumbu y

$$= 1,6 \quad L_r$$

$$= 1,6 \quad x \quad 24,847$$

$$= 39,755 \quad \text{kg} = 397,546 \quad \text{N}$$

$$\Delta x = \frac{5}{384} \times \frac{q_x \times L^4}{E \times I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_x \times L^3}{E \times I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{0,569 \times 5000^4}{200000 \times 4250000}$$

$$+ \frac{1}{48} \times \frac{1483,662 \times 5000^3}{200000 \times 4250000}$$

$$= 9,9933 \quad \text{mm}$$

$$\Delta y = \frac{5}{384} \times \frac{q_y \times L^4}{E \times I_y} + \frac{1}{48} \times \frac{P_y \times L^3}{E \times I_y}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{0,180 \times 5000^4}{200000 \times 655000}$$

$$+ \frac{1}{48} \times \frac{397,546 \times 5000^3}{200000 \times 655000}$$

$$= 19,079 \quad \text{mm}$$

$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$= \sqrt{9,9933^2 + 19,08^2}$$

$$= 21,538 \text{ mm} \longrightarrow > \Delta \text{ ijin} = 21 \text{ mm} \quad \textbf{TIDAK AMAN}$$

Karena lendutan tidak aman, maka perlu dipasang trekstang

Pada arah sumbu lemah dipasang 1 buah trekstang pada bentang gording sehingga :

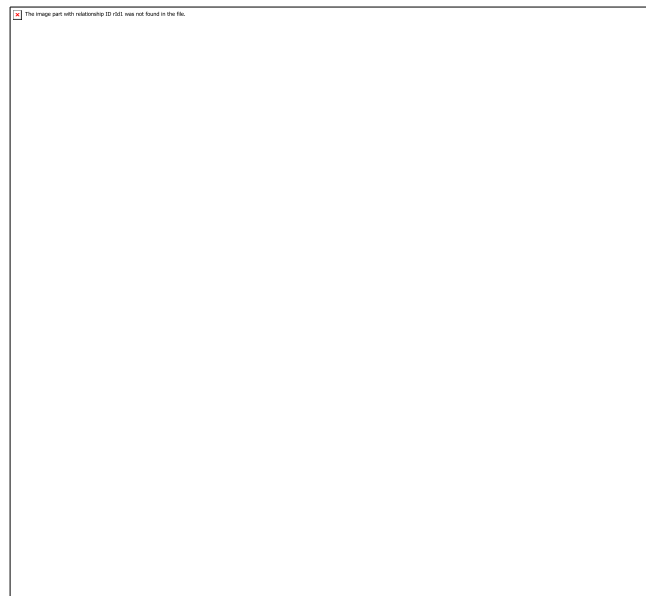
$$L_y = 1/2 \times \text{jarak antar portal} = 1/2 \times 6 = 3 \text{ m}$$

$$\Delta y = \frac{5 \times 0,180 \times 3000^4}{384 \times 200000 \times 655000} + \frac{1 \times 397,546 \times 3000^3}{48 \times 200000 \times 655000}$$

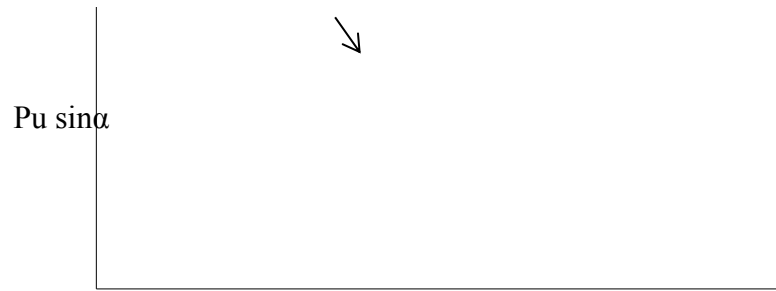
$$= 3,1554 \text{ mm}$$

$$\Delta = \sqrt{9,9933^2 + 3,155^2}$$

$$= 10,48 \text{ mm} \longrightarrow < \Delta \text{ ijin} = 21 \text{ mm} \quad \textbf{AMAN}$$



**Gambar 4.5** Jarak antar trekstang pada gording ( $L_y$ )



**Gambar 4.6** Gaya tarik pada trekstang

Perhitungan Trekstang :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,2 D + 1,6 L_r + 0,5 R \\
 &= 1,2 \times 152,0 + 1,6 \times 96 + 0,5 \times 351,9 \\
 &= 512,003 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_u \cdot \sin \alpha = \frac{512,003}{\sin \alpha} = \frac{512,003}{0,258819} = 1978,227 \text{ kg} \sim 19782,27 \text{ N}$$

Untuk tegangan leleh  $\phi = 0,9$

$$P_u = \phi f_y \times A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{\phi \times f_y} = \frac{19782,274}{0,9 \times 250} = 87,921 \text{ mm}^2$$

Untuk tegangan putus  $\phi = 0,75$

$$P_u = \phi f_y \times 0,75 \times A_g$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= \frac{P_u}{\phi \times f_y \times 0,75} \\
 &= \frac{19782,274}{0,9 \times 250 \times 0,75} \\
 &= 117,228 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_g = 1/4 \times \pi \times d^2 = 117,228 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{A_g}{1/4 \times \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{117,228}{1/4 \times \pi}} \\ &= 12,22 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai trekstang dengan  $\emptyset = 14 \text{ mm}$

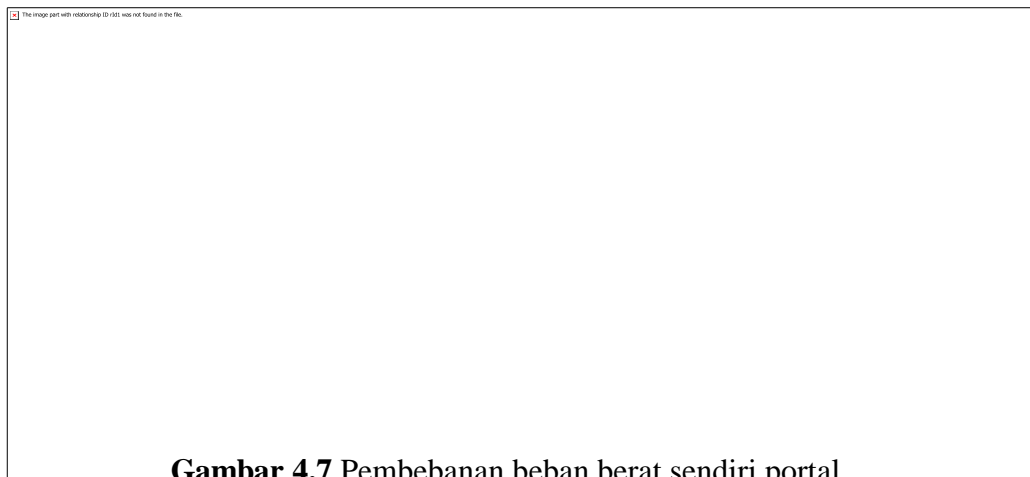


## 4.2 Perhitungan Analisa Pembebanan Portal 2 Dimensi

### 4.2.1 Pembebanan Portal

- **Beban mati**

**Akibat berat sendiri balok *Castella***



**Gambar 4.7** Pembebanan beban berat sendiri portal



Dicoba profil H 294 . 200 . 8 . 12



$$\begin{aligned} d_b &= 294 \text{ mm} & A &= 72,38 \text{ cm}^2 \\ b_f &= 200 \text{ mm} & I_x &= 11300 \text{ cm}^4 \\ t_w &= 8 \text{ mm} & I_y &= 1600 \text{ cm}^4 \\ t_f &= 12 \text{ mm} & g &= 56,82 \text{ kg/m} \\ f_y &= 250 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

( Ir. Rudi gunawan. Tabel Profil Konstruksi Baja )

$$q_1 \text{ berat sendiri balok} = 56,82 \text{ kg/m} = 0,568 \text{ N/mm}$$



**Gambar 4.8** Pembebanan beban atap dan gording

### Akibat beban atap

$$\begin{aligned} \text{Berat galvalum tipe spanrib} &= 4,83 \text{ kg/m}^2 \text{ (bluescope )} \\ &= 4,83 \times \text{jarak antar gording} \times \\ &\quad \text{jarak antar portal} \\ &= 4,69 \times 2 \times 6 \\ &= 56,28 \text{ kg} = 562,80 \text{ N} \end{aligned}$$

### Akibat beban gording

$$\text{Berat gording Channel } 125 \cdot 65 \cdot 6 = 13,4 \text{ kg/m}$$

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

$$= 13,4 \times 6$$

$$= 80,4 \text{ kg} = 804,00 \text{ N}$$

( Ir. Rudi gunawan. Tabel Profil Konstruksi Baja )

$$D1 = \text{Beban gording} + \text{Beban atap}$$

$$= 80,4 + 56,28$$

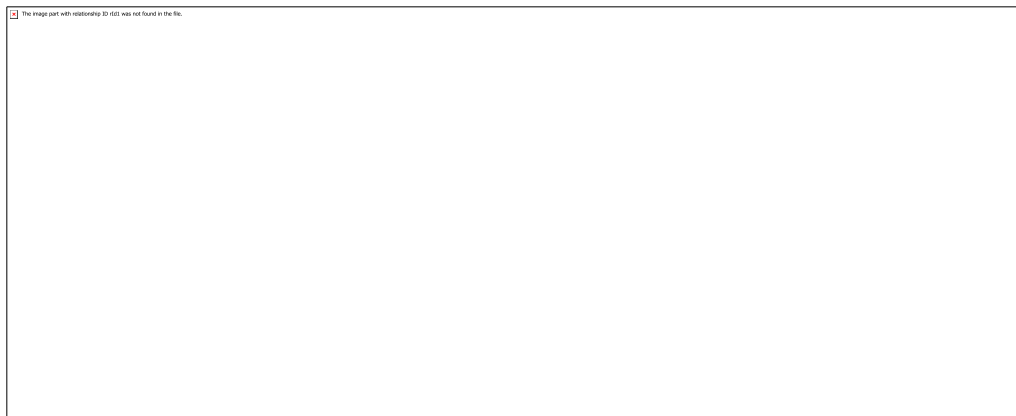
$$= 136,68 \text{ kg} = 1366,80 \text{ N}$$

$$D2 = 1/2 \text{ Beban gording} + 1/2 \text{ Beban atap}$$

$$= 40,2 + 28,14 = 68,34 \text{ kg} = 683,40 \text{ N}$$

#### ▪ **Beban Hidup Atap (Lr)**

**(Beban pekerja pemeliharaan pada atap)**



**Gambar 4.9** Pembebanan beban hidup atap (Lr)

$$\text{Beban hidup / kebetulan} = 96 \text{ kg} \quad (\text{SNI 1727:2013, hal 27})$$

$$Lr = \text{Beban hidup atap}$$

$$= 96 \text{ kg} = 960,00 \text{ N}$$

#### ▪ **Beban air hujan (R)**

Menurut SNI 1727:2013, hal 38.

**Gambar 4.10** Pembebanan beban hidup Hujan (R)

$$R = 0,0098(ds + dh) \quad , \text{dalam KN/m}^2$$

$ds$  = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam mm.

$ds$ , diambil : 20 mm

$dh$  = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam mm.

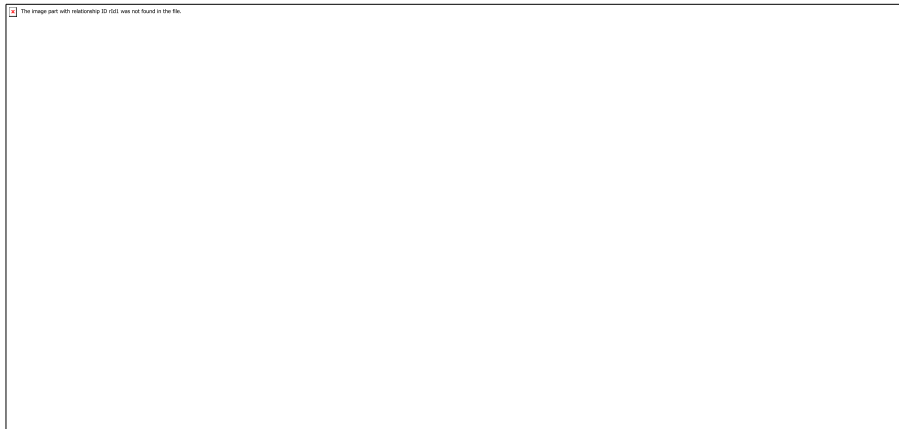
$dh$ , diambil : 10 mm

$$\begin{aligned} R &= 0,0098 \times (20 + 10) \\ &= 0,294 \text{ KN/m}^2 = 29,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hujan (R)} &= 29,4 \text{ kg/m}^2 \\ &= 29,4 \times \text{Jarak antar portal} \\ &= 29,4 \times 6 \\ &= 176,4 \text{ kg/m} \\ R1 &= 176,4 \times \text{jarak antar gording} \\ &= 176,4 \times 2 \\ &= 352,8 \text{ kg} = 3528,00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_2 &= 176,4 \times 1/2 \text{ jarak antar gording} \\
 &= 176,4 \times 1 \\
 &= 176,4 \text{ kg} = 1764,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

▪ **Akibat beban angin (W)**



**Gambar 4.11** Pembebanan beban angin pada portal

**Menentukan Tekanan Angin Sesuai SNI 1727- 2013 hal, 64**

Langkah 1 : Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain

Bangunan pasar masuk dalam kategori risiko 2

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

Diambil  $V$ , sebesar :  $35 \text{ km/jam} = 9,722 \text{ m/s}$

Langkah 3 : Tentukan parameter beban angin :

1. Faktor arah angin ( $K_d$ )

Karena tipe struktur masuk dalam Sistem Penahan Beban Angin Utama

Diambil  $K_d$  : 0,85 (SNI 1727:2013)

2. Kategori eksposur

Masuk dalam eksposur, C Dataran terbuka dengan penghalang tersebar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 9,1 m.

(SNI 1727:2013)

3. Faktor topografi ( $K_{zt}$ )

Diambil  $K_{zt}$  : 1,0 (SNI 1727:2013)

4. Faktor efek tiupan angin ( $G$ )

Diambil : 0,85 (SNI 1727:2013)

5. Klasifikasi ketertutupan

Merupakan, Jenis Bangunan gedung terbuka.

Maka Koefisien Tekanan Internal diambil :

$GC_{pi} = 0,00$  (SNI 1727:2013)

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

$$\alpha = 9,5$$

$$Z_g = 274,32 \text{ m}$$

$$Z = \text{Tinggi rata - rata atap dari atas tanah} = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} K_z &= 2,01 \times \left( \frac{Z}{Z_g} \right)^{2/\alpha} \\ &= 2,01 \times \left( \frac{6}{274,3} \right)^{0,211} \end{aligned}$$



$$= 0,8989$$

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

$$\begin{aligned} qh &= 0,613 \times Kz \times Kzt \times Kd \times V^2 \\ &= 0,613 \times 0,899 \times 1,00 \times 0,85 \times 9,722^2 \\ &= 44,270 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

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

$$C_{NW} = 1,1 \quad (\text{SNI 1727:2013, hal 73})$$

$$C_{NL} = -0,4$$

Langkah 7 : Menghitung tekanan angin,  $P$  :

$$\begin{aligned} P_{tekan} &= qh \times G \times C_{NW} \\ &= 44,270 \times 0,85 \times 1,1 \\ &= 41,393 \text{ N/m}^2 = 4,139 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W1 &= P \times \text{Jarak antar portal} \times \text{jarak antar gording} \\ &= 4,1 \times 6 \times 2 \\ &= 49,67 \text{ kg} = 496,71 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W2 &= P \times \text{Jarak antar portal} \times 1/2 \text{ jarak antar gording} \\ &= 4,1 \times 6 \times 1 \\ &= 24,84 \text{ kg} = 248,36 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{hisap} &= qh \times G \times C_{NL} \\ &= 44,270 \times 0,85 \times -0,4 \\ &= -15,052 \text{ N/m}^2 = -1,51 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$W1 = P \times \text{Jarak antar portal} \times \text{jarak antar gording}$$

$$= -1,5 \times 6 \times 2$$

$$= -18,06 \text{ kg} = -180,62 \text{ N}$$

$$W2 = P \times \text{Jarak antar portal} \times 1/2 \text{ jarak antar gording}$$

$$= -1,5 \times 6 \times 1$$

$$= -9,03 \text{ kg} = -90,31 \text{ N}$$

#### 4.2.2 Kombinasi beban

Kombinasi beban SNI 03-1727-2013

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

Beban yang ada pada perencanaan bangunan :

1. Beban mati (D)
2. Beban hidup atap (Lr)
3. Beban angin tekan kiri (W kiri)
4. Beban angin tekan kanan (W kanan)
5. Beban Hujan (R)

Kombinasi beban yang dipakai :

1.  $1,4 \text{ D}$
2.  $1,2 \text{ D} + 0,5 \text{ R}$
3.  $1,2 \text{ D} + 1,6 \text{ R} + 0,8 \text{ W kiri}$

4.  $1,2 \text{ D} + 1,6 \text{ R} + 0,8 \text{ W kanan}$
5.  $1,2 \text{ D} + 1,3 \text{ W kiri} + 0,5 \text{ R}$
6.  $1,2 \text{ D} + 1,3 \text{ W kanan} + 0,5 \text{ R}$
7.  $0,9 \text{ D} + 1,3 \text{ W kiri}$
8.  $0,9 \text{ D} + 1,3 \text{ W kanan}$

#### 4.3 Perencanaan Balok Castella

##### ▪ Hasil Analisa Struktur

Data dari hasil perhitungan STAAD Pro 2004 diperoleh kombinasi beban :

yang terbesar :  $1,2 \text{ D} + 1,6 \text{ R} + 0,5 \text{ W}$

$$M_u = 102,00 \text{ KNm} = 102000000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 35,40 \text{ KN} = 35400 \text{ N}$$

$$N_u = 39,40 \text{ KN} = 39400 \text{ N}$$

##### ▪ Data Profil Balok (Sebelum dipotong)

Dicoba profil H 294 . 200 . 8 . 12



$$\begin{aligned} d &= 294 \text{ mm} & A &= 72,38 \text{ cm}^2 \\ b_f &= 200 \text{ mm} & I_x &= 11300 \text{ cm}^4 \\ t_w &= 8 \text{ mm} & I_y &= 1600 \text{ cm}^4 \\ t_f &= 12 \text{ mm} & g &= 56,82 \text{ kg/m} \\ f_y &= 250 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

( Ir. Rudi gunawan. Tabel Profil Konstruksi Baja )

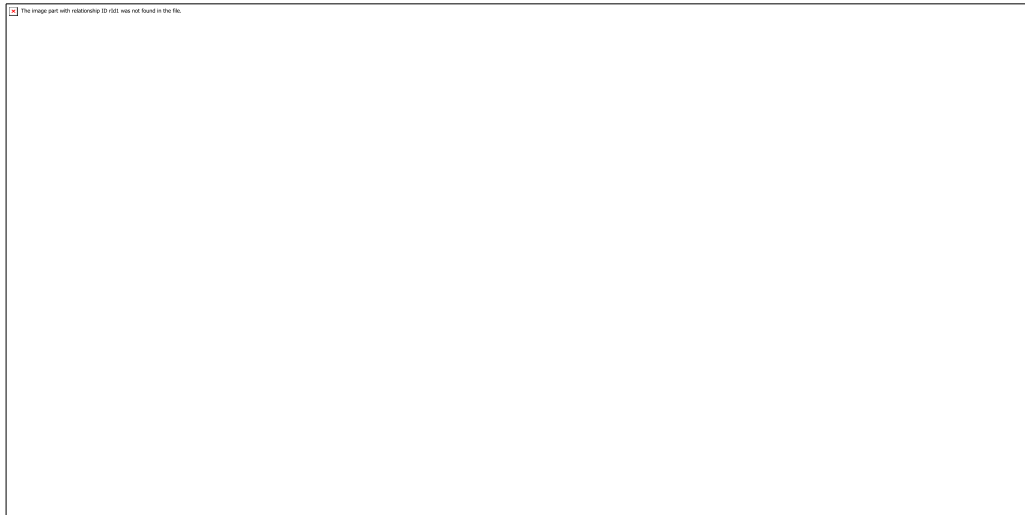
##### ▪ Data Material

Mutu Baja : BJ41

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Modulus Elastisitas} = 200000 \text{ MPa}$$



**Gambar 4.12** Modifikasi *Castellated Beam*

$$d_g = 441 \text{ mm} \quad d_t = 73,5 \text{ mm} \quad Z_x = 769000 \text{ mm}^3$$

$$\theta = 45^\circ \quad d_b = 294 \text{ mm} \quad Z_y = 160000 \text{ mm}^3$$

$$h = 147 \text{ mm} \quad a_o = 294 \text{ mm}$$

$$h_o = 294 \text{ mm} \quad e = 147 \text{ mm}$$

$$b_f = 200 \text{ mm} \quad S = \#REF! \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm} \quad t_w = 8 \text{ mm}$$

Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal :

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} = \frac{200}{2 \times 14} = 7,143$$

$$\lambda_w = \frac{d_g}{t_w} = \frac{450}{9} = 50,000$$

$$\lambda_{nf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{200000}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{200000}} = 10,712$$

$$\lambda_f = 0,50 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,50 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,143$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,349$$

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

$$7,143 < 10,75 \quad , \text{ Maka Kompak}$$

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

$$50,0 < 106,3 \quad , \text{ Maka Kompak}$$

**Kontrol lendutan :**

$$\Delta \text{ ijin} = \frac{1}{240} L \quad (\text{sumber : SNI-03-1729-2002})$$

$$= \frac{1}{240} 15950$$

$$= 66,458 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times E \times I_x}$$

$$\Delta_x = \frac{5 \times 219210000 \times 15950^2}{48 \times 200000 \times 468650000}$$

$$= 62 \text{ mm}$$

$$= 62 \text{ mm} < \Delta \text{ ijin} = 66 \text{ mm} \quad \text{AMAN}$$

#### 4.1.7 Perencanaan Sambungan

- Balok WF :

Tinggi Balok (d) = 450 mm      Tebal web (tw) = 9 mm

Lebar Balok (bf) = 200 mm      Tebal Flange (tf) = 14 mm

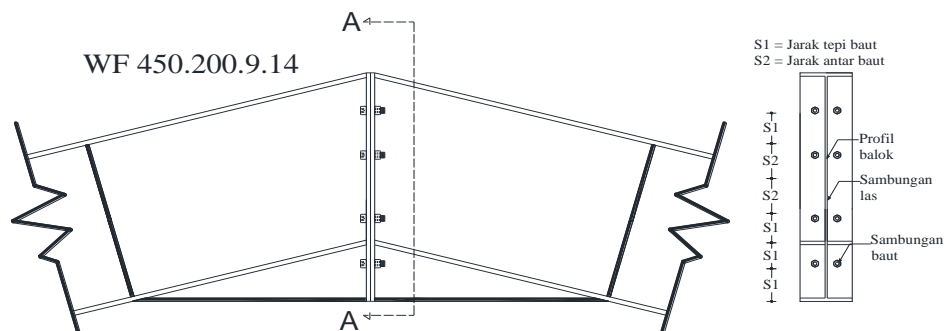
- Profil Baja Kolom :

Tinggi Balok (d) = 200 mm      Tebal web (tw) = 8 mm

Lebar Balok (bf) = 200 mm      Tebal Flange (tf) = 12 mm

#### 1. Sambungan puncak (Rafter)

##### a. Sambungan baut



**Gambar 4.19** Skema penyambungan balok - balok

Diketahui :

$$V_u = 54050 \quad \text{N}$$

$$M_u = 219210000 \quad \text{Nmm}$$

$$P_u = 71840 \quad \text{N}$$

Digunakan baut diameter 3/4" in. (A325)

Tegangan tarik baut ( $f_{nt}$ ) = 620 MPa      SNI 1729:2015, hal 125

Tegangan geser baut ( $f_{nv}$ ) = 372 MPa

Diameter baut = 3/4" in. = 19,05 mm



$$\begin{aligned}
 A_b &= 1/4 \times \pi \times 19,05^2 \\
 &= 285,138 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal terhadap tarik :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \times f_{nt} \times A_b \\
 &= 0,75 \times 620 \times 285,138 \\
 &= 132589 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat nominal terhadap geser :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \times f_{nv} \times A_b \\
 &= 0,75 \times 372 \times 285,138 \\
 &= 79553,41 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat nominal tumpu pada lubang - lubang baut :

$$\text{Tebal plat (tp)} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi minimum baut diameter } 3/4" \text{ in} = 28 \text{ mm} \quad \text{Diambil} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 l_c &= \text{diambil jarak bersih baut ke tepi plat} = 28 - 1/2 d \\
 &= 12,48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 1,2 \times l_c \times tp \times f_{nt} \\
 &= 1,2 \times 12,48 \times 15 \times 620 \\
 &= 139221 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1,2 \times l_c \times tp \times f_{nt} &\leq 2,4 \times d \times tp \times f_{nt} \\
 &= 2,4 \times d \times tp \times f_{nt} \\
 &= 2,4 \times 19,05 \times 15 \times 620 \\
 &= 425196 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$139221 \text{ N} < 425196 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Diambil yang terkecil :

$$\text{Geser} = 79553,41 \text{ N}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{54050}{0,75 \times 79553,41} = 0,906 \sim 4 \text{ baut}$$

Diambil = 4 buah baut dalam baris

Kontrol kekuatan geser :

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

$$54050 \text{ N} \leq 79553,41 \times 8$$

$$54050 \text{ N} < 636427,3 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Kombinasi terhadap tarik dan geser :

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

$$f_{rv} = \frac{V_u}{n \times A_b} = \frac{54050}{8 \times 285,138} = 23,695 \text{ MPa}$$

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

$$= 1,3 \times 620 - \frac{620}{0,75 \times 372} \times 23,69 \leq 620 \text{ Mpa}$$

$$= 753,3451 \text{ MPa} > 620 \text{ MPa} \quad \text{No}$$

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

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

$$23,695 \text{ MPa} \leq 30\% \cdot 372$$

$$23,695 \text{ MPa} < 124 \text{ MPa}$$

maka, efek kombinasi tarik dan geser diabaikan.

Jarak tepi minimum baut diameter 3/4" in = 30 mm

Jarak tepi maksimum baut (S1) = 12 tp atau 150 mm  
diambil = 100 mm

Jarak minimum antar baut = 3 d

Jarak maksimum antar baut (S2) = 14 tp atau 180 mm  
diambil = 120 mm

$$\phi . M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

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

$$= \frac{0,75 \times 620 \times 2 \times 4 \times 285,138}{250 \times 200}$$

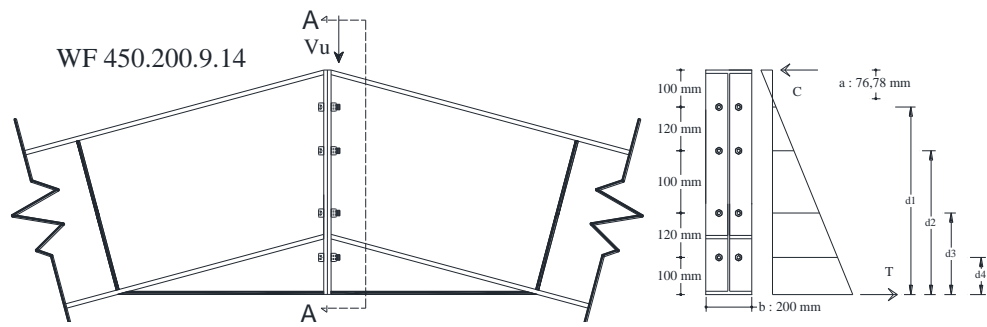
$$= 21,21 \text{ mm}$$

Jarak baut ( $d_i$ )

$d_1 = 100 \text{ mm}$        $d_3 = 388 \text{ mm}$

$d_2 = 220 \text{ mm}$        $d_4 = 508 \text{ mm}$

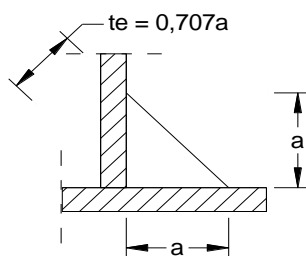
diambil yang terjauh :  $d_4$



**Gambar 4.20** Diagram tegangan baut

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n T \cdot d_i &= 0,75 \times f_{nt} \times n_l \times A_b \times \sum d \\
 &= 0,75 \times 620 \times 2 \times 285,138 \times 1216 \\
 &= 322456497,9 \text{ Nmm} \\
 \phi M_n &= \frac{0,9 \times 250 \times 450 \times 200}{2} + 322456497,9 \\
 &= 332582490,6 \text{ Nmm} \\
 \phi M_n &\geq M_u \\
 332582490,6 \text{ Nmm} &> 219210000 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

#### b. Sambungan las



**Gambar 4.21** Tebal efektif las sudut (Throat efektif )

Tebal plat minimum yang disambung = 15 mm

Ukuran minimum las sudut (a) = 5 mm

Ukuran maksimum las sudut (a) = tebal plat - 2 mm  
= 15 - 2 = 13 mm

Diambil ukuran las sudut (a) = 5 mm

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

Panjang minimum las SNI 1729:2015

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

Kuat rencana las sudut ukuran 5 mm per mm panjang :

Dipakai tipe Elektroda 70 :

$$\begin{aligned} fuw &= 485 \text{ Mpa} \\ \phi \times Rnw &= \phi \times te \times \left[ 0,6 \times fuw \right] \\ &= 0,75 \times 3,535 \times \left[ 0,6 \times 485 \right] \\ &= 771,5 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser plat :

$$\begin{aligned} \text{nilai maks. } \phi \times Rnw &= \phi \times t \times \left[ 0,6 \times fu \right] \\ &= 0,75 \times 15 \times \left[ 0,6 \times 410 \right] \\ &= 2768 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban geser terfaktor, Vu :

$$Vu = 71840 \text{ N}$$

Panjang total las yang dibutuhkan ( $L_w$ ) :

$$L_w = \frac{V_u}{\phi \times R_{nw}} = \frac{54050}{771,5138} = 70,057 \text{ mm}$$

### c. Perencanaan plat ujung

Lebar efektif plat ujung ( $b_p$ )

$$\begin{aligned} b_p &= b_f + 1 \text{ in.} & 1 \text{ in.} &= 25,4 \text{ mm} \\ &= 200 + 25,4 \\ &= 225,4 \text{ mm} \sim 230 \text{ mm} \end{aligned}$$

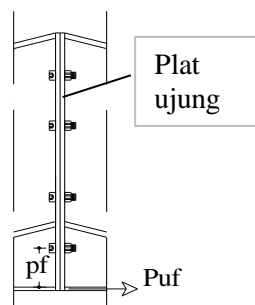
Tebal plat ujung ( $t_p$ )

$$M_{eu} = \alpha_m \times P_{uf} \times \frac{P_e}{4}$$

$$\alpha_m = C_a \times C_b \times \frac{A_f^{1/3}}{A_w} \times \frac{P_e^{1/4}}{d_b}$$

$$C_a = 1,36 \quad \text{AISC tabel 10-1}$$

$$C_b = \frac{b_f^{1/2}}{b_p} = \frac{200^{1/2}}{230} = 0,933$$



**Gambar 4.22** Gaya yang berkerja pada plat ujung

$d_b$  = Diameter baut (mm)

$$P_e = P_f \times \frac{d_b}{\text{lebar kaki las}}$$



$$t_e = t_f - \frac{t_w}{4} = \text{tebal kaki las}$$

$$= 87,5 - \frac{19,05}{4} = 5$$

$$= 77,74 \text{ mm}$$

$A_f$  = Luas flange daerah tarik balok ( $\text{mm}^2$ )

$A_w$  = Luas bersih web balok ( $\text{mm}^2$ )

$$\begin{aligned} \alpha_m &= C_a \times C_b \times \frac{A_f^{1/3}}{A_w} \times \frac{P_e^{1/4}}{d_b} \\ &= 1,36 \times 0,933 \times \frac{2400^{1/3}}{3798} \times \frac{77,74^{1/4}}{19,05} \\ &= 0,273 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{uf} &= \frac{M_u}{d - t_f} \\ &= \frac{219210000}{450 - 14} \\ &= 502775,2294 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{eu} &= \alpha_m \times P_{uf} \times \frac{P_e}{4} \\ &= 0,273 \times 502775,2294 \times \frac{77,74}{4} \\ &= 2662839,954 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

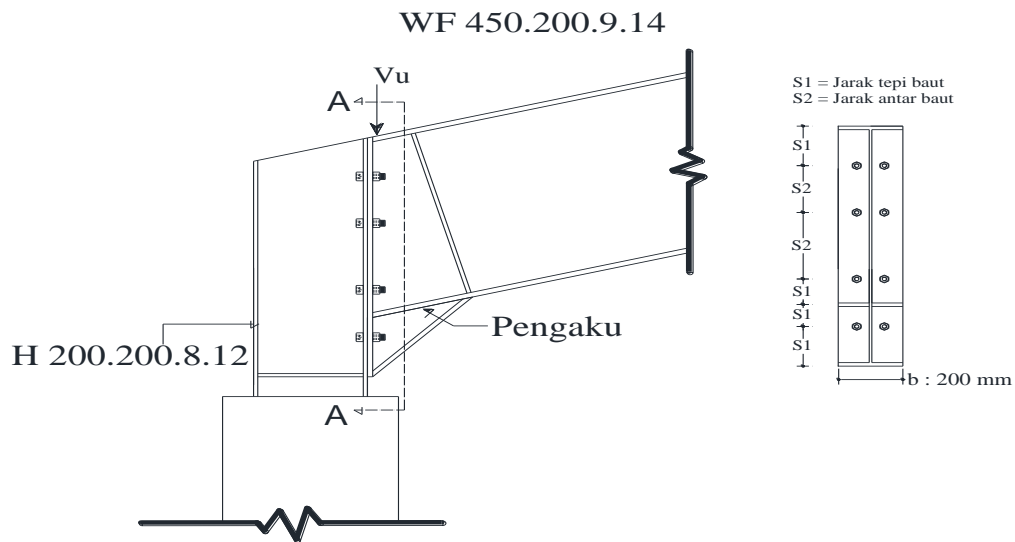
$$\begin{aligned} t_{p \text{ min}} &= \sqrt{\frac{4 \times M_{eu}}{\phi f_y \times b_p}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 2662839,954}{\dots}} \end{aligned}$$

$$= \sqrt{0,9 \times 250 \times 230}$$

$$= 14,347 \text{ mm} \sim 15 \text{ mm}$$

## 2 Sambungan balok kolom

### a. Sambungan baut



**Gambar 4.23** Skema penyambungan balok - kolom

Diketahui :

$$V_u = 54050 \quad \text{N}$$

$$M_u = 219210000 \quad \text{Nmm}$$

$$P_u = 71840 \quad \text{N}$$

Digunakan baut diameter 3/4" in. (A325)

Tegangan tarik baut ( $f_{nt}$ ) = 620 MPa SNI 1729:2015, hal 125

Tegangan geser baut ( $f_{nv}$ ) = 372 MPa

Diameter baut = 3/4" in. = 19,05 mm

$$A_b = 1/4 \times \pi \times 19,05^2$$

$$= 285,138 \text{ mm}^2$$

Kuat nominal terhadap tarik :

$$\begin{aligned}
\phi R_n &= \phi \times f_{nt} \times A_b \\
&= 0,75 \times 620 \times 285,138 \\
&= 132589 \text{ N}
\end{aligned}$$

Kuat nominal terhadap geser :

$$\begin{aligned}
\phi R_n &= \phi \times f_{nv} \times A_b \\
&= 0,75 \times 372 \times 285,138 \\
&= 79553,41 \text{ N}
\end{aligned}$$

Kuat nominal tumpu pada lubang - lubang baut :

Tebal plat penyambung (tp) = 15 mm

Jarak tepi minimum baut diameter 3/4" in = 28 mm Diambil = 30 mm

$$\begin{aligned}
l_c &= \text{diambil jarak bersih baut ke tepi plat} = 30 - 1/2 d \\
&= 12,48 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi R_n &= 1,2 \times l_c \times tp \times f_u \\
&= 1,2 \times 12,48 \times 15 \times 620 \\
&= 139221 \text{ N} \\
&= 2,4 \times d \times tp \times f_u \\
&= 2,4 \times 19,05 \times 15 \times 620 \\
&= 425196 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
1,2 \times l_c \times tp \times f_u &\leq 2,4 \times d \times tp \times f_u \\
139221 \text{ N} &< 425196 \text{ N} \quad \text{OK}
\end{aligned}$$

Diambil yang terkecil :

$$\text{Geser} = 79553,41 \text{ N}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{54050}{0,75 \times 79553,41} = 0,906 \sim 4 \text{ baut}$$

Diambil = 4 buah baut dalam baris

Kontrol kekuatan geser :

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

$$54050 \text{ N} \leq 79553,41 \times 8$$

$$54050 \text{ N} < 636427,3 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Kombinasi terhadap tarik dan geser :

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

$$f_{rv} = \frac{V_u}{n \times A_b} = \frac{54050}{8 \times 285,138} = 23,695 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} f'_{nt} &= 1,3 \times f_{nt} - \frac{f_{nt}}{\phi \times f_{nv}} \times f_{rv} \leq f_{nt} \\ &= 1,3 \times 620 - \frac{620}{0,75 \times 372} \times 23,69 \leq 620 \text{ Mpa} \\ &= 753,345 \text{ MPa} > 620 \text{ MPa} \quad \text{No} \end{aligned}$$

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

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

$$23,695 \text{ MPa} \leq 30\% \cdot 372$$

$$23,695 \text{ MPa} < 124 \text{ MPa}$$

maka, efek kombinasi tarik dan geser diabaikan.

Jarak tepi minimum baut diameter 3/4" in = 30 mm

Jarak tepi maksimum baut = 12 tp atau 150 mm  
diambil = 100 mm

Jarak minimum antar baut = 3 d

Jarak maksimum antar baut = 14 tp atau 180 mm  
diambil = 120 mm

$$\phi \cdot M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i$$

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

$$= \frac{0,75 \cdot 620 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 285,138}{240 \cdot 200}$$

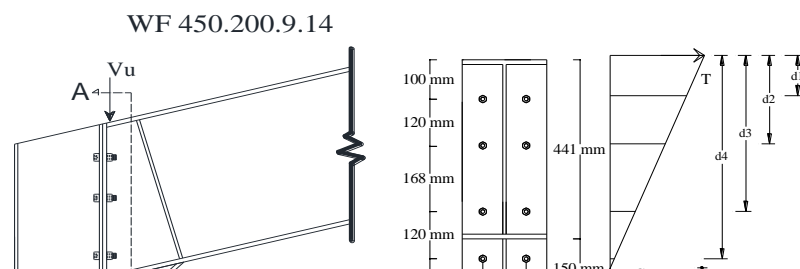
$$= 22,1 \text{ mm}$$

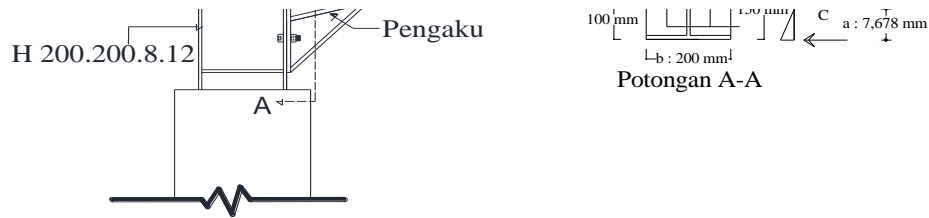
Jarak baut ( $d_i$ )

$$d_1 = 100 \text{ mm} \quad d_3 = 388 \text{ mm}$$

$$d_2 = 220 \text{ mm} \quad d_4 = 508 \text{ mm}$$

diambil yang terjauh :  $d_4$





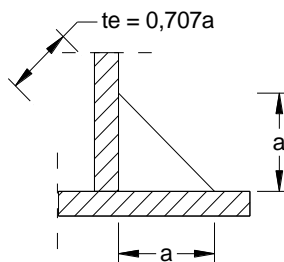
**Gambar 4.24** Diagram tegangan baut

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n T \cdot d \cdot i &= 0,75 \times f_{nt} \times n_l \times A_b \times \sum d \\
 &= 0,75 \times 620 \times 2 \times 285,138 \times 1216 \\
 &= 322456497,9 \text{ Nmm} \\
 \phi M_n &= \frac{0,9 \times 240 \times 488,3 \times 200}{2} + 322456497,9 \\
 &= 333004407 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$333004407 \text{ Nmm} > 219210000 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

#### b. Sambungan las



**Gambar 4.25** Tebal efektif las sudut (Throat efektif)

Persyaratan ukuran las : SNI 1729:2015

Tebal plat minimum yang disambung = 15 mm

Ukuran minimum las sudut (a) = 5 mm

Ukuran maksimum las sudut (a) = tebal plat - 2 mm  
 $= 15 - 2 = 13 \text{ mm}$

Diambil ukuran las sudut (a) = 5 mm



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

Panjang minimum las :

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

Kuat rencana las sudut ukuran 5 mm per mm panjang :

Dipakai tipe Elektroda 70 :

$$fuw = 485 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \times Rnw &= \phi \times te \times \left[ 0,6 \times fuw \right] \\
 &= 0,75 \times 3,535 \times \left[ 0,6 \times 485 \right] = 771,5 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

dan kapasitas las ini tidak boleh melebihi kuat runtuh geser plat :

$$\begin{aligned}
 \text{nilai maks. } \phi \times Rnw &= \phi \times t \times \left[ 0,6 \times fu \right] \\
 &= 0,75 \times 15 \times \left[ 0,6 \times 410 \right] \\
 &= 2768 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Beban geser terfaktor, Vu :

$$Vu = 54050 \text{ N}$$

Panjang total las yang dibutuhkan ( $L_w$ ) :

$$L_w = \frac{Vu}{\phi \times Rnw} = \frac{54050}{771,5138} = 70,057 \text{ mm}$$

### c. Perencanaan plat ujung

Lebar efektif plat ujung (bp)

$$\begin{aligned}
 b_p &= b_f + 1 \text{ in.} & 1 \text{ in.} &= 25,4 \text{ mm} \\
 &= 200 + 25,4 \\
 &= 225,4 \text{ mm} \sim 230 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

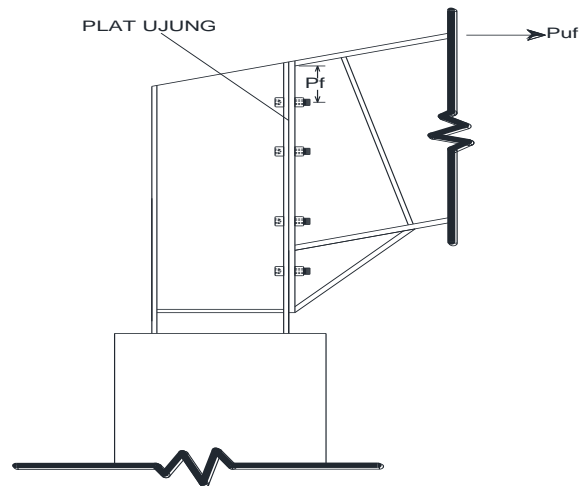
Tebal plat ujung (tp)

$$M_{eu} = \alpha_m \times P_{uf} \times \frac{P_e}{4}$$

$$\alpha_m = C_a \times C_b \times \frac{A_f^{1/3}}{A_w} \times \frac{P_e^{1/4}}{d_b}$$

$$C_a = 1,36 \quad \text{AISC tabel 10-1}$$

$$C_b = \frac{b_f^{1/2}}{b_p} = \frac{200^{1/2}}{230} = 0,933$$



**Gambar 4.26** Gaya yang berkerja pada plat ujung

$d_b$  = Diameter baut (mm)

$$\begin{aligned}
 P_e &= P_f - \frac{d_b}{4} - \text{lebar kaki las} \\
 &= 87,5 - \frac{19,05}{4} - 5 \\
 &= 77,74 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$A_f$  = Luas flange daerah tarik balok (mm<sup>2</sup>)

$A_w$  = Luas bersih web balok (mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}\alpha_m &= C_a \times C_b \times \frac{A_f \times \frac{1}{3}}{A_w} \times \frac{P_e \times \frac{1}{4}}{d_b} \\ &= 1,36 \times 0,933 \times \frac{2400 \times \frac{1}{3}}{3798} \times \frac{77,74 \times \frac{1}{4}}{19,05} \\ &= 0,273\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{uf} &= \frac{M_u}{d - t_f} \\ &= \frac{219210000}{450 - 14} \\ &= 502775,2294 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{eu} &= \alpha_m \times P_{uf} \times \frac{P_e}{4} \\ &= 0,273 \times 502775,2294 \times \frac{77,74}{4} \\ &= 2662839,954 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_p \text{ min} &= \sqrt{\frac{4 \times M_{eu}}{\phi \times f_y \times b_p}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 2662839,954}{0,9 \times 250 \times 230}} \\ &= 14,347 \text{ mm} \sim 15 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kondisi dimana tanpa pengaku segitiga dihitung berdasarkan momen nominal :

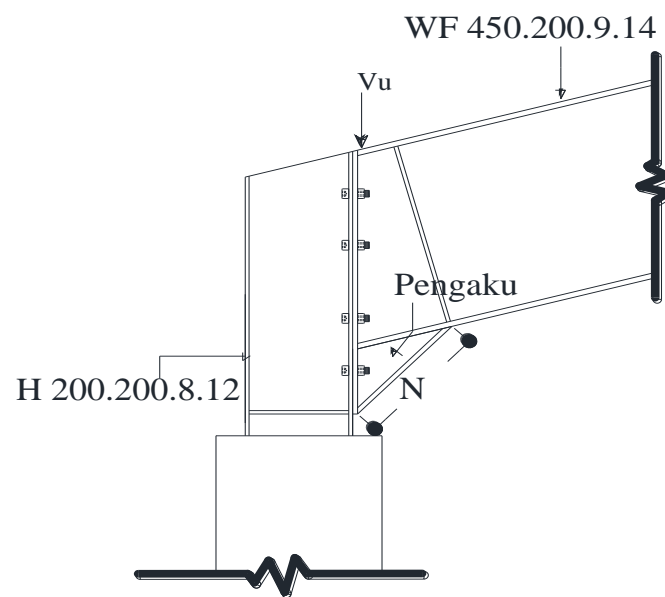
$$\phi M_n = \phi \times Z_x \times f_y$$

$$= 0,9 \times 769000 \times 250$$

$$= 173025000 \text{ Nmm}$$

$$P_u = \frac{8 \times \phi M_n}{2 \times L}$$

$$= \frac{8 \times 173025000}{2 \times 15950} = 43391,85 \text{ N}$$



**Gambar 4.27** Perencanaan pengaku

Dicoba tanpa pengaku, N (panjang pengaku)

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

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

$$= 0,75 \times 0,4 \times 8^2 \times \left[ 1 + 3 \times \left( \frac{0}{450} \right) \times \left( \frac{8}{10} \right)^{1,5} \right] \\ \times \sqrt{\frac{200000 \times 250 \times 10}{8}}$$

$$= 19,200 \text{ N}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$19,200 \text{ N} < 43391,85 \text{ N} \text{ **TIDAK AMAN**}$$

Maka harus dipengaku pada sambungan

Dicoba pengaku, N : 200 mm

$$\frac{N}{d} = \frac{200}{450} = 0,444 > 0,2$$

maka, dipakai rumus :

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

$$= 0,75 \times 0,4 \times 8^2 \times \left[ 1 + \left( 4 \times \frac{200}{450} - 0,2 \right) \right]$$

$$\times \left( \frac{8}{10} \right)^{1,5} \right]$$

$$\times \sqrt{\frac{200000 \times 250 \times 10}{8}}$$

$$= 171384,171 \text{ N}$$

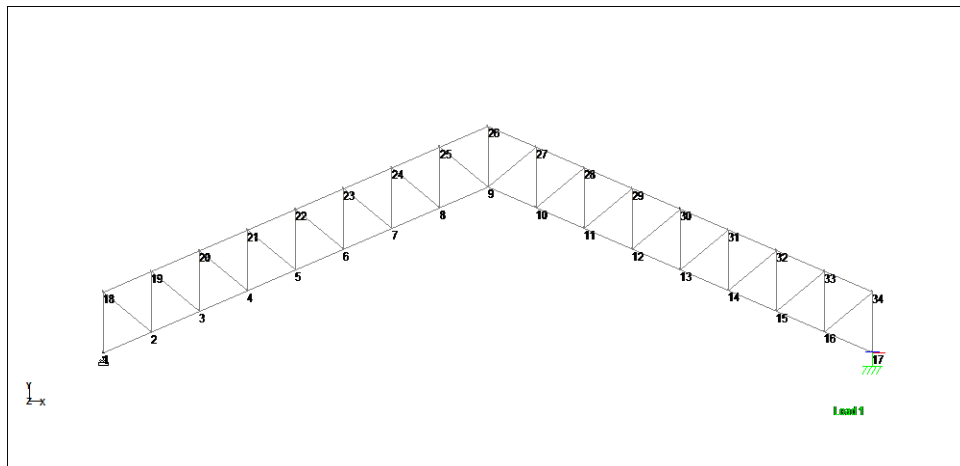
$$\phi P_n \geq P_u$$

$$171384,171 \text{ N} > 43391,85 \text{ N} \text{ **OK**}$$

## 4.2 PERENCANAAN KUDA-KUDA RANGKA BAJA SIKU GANDA

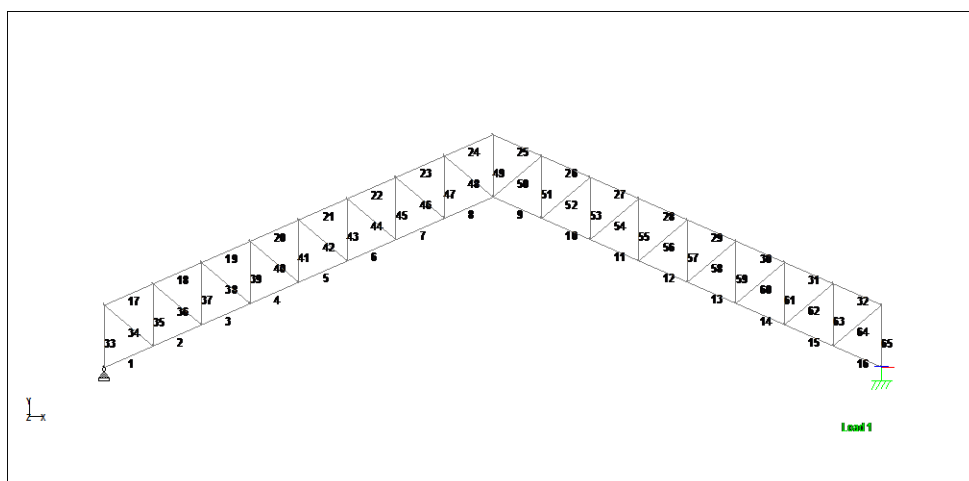
### 4.2.1 Desain Rencana

Proses desain diawali dengan menentukan desain struktur yang akan digunakan sebagai kuda-kuda. Bentang kuda-kuda disesuaikan dengan bentang melintang bangunan.



**Gambar 4.2.1** Desain Rencana

### 4.2.2 Elemen Struktur Rangka



**Gambar 4.2.2** Nomor Elemen Struktur Rangka

**Tabel 4.2.1.** Nama Elemen dan Panjang Elemen Struktur Rangka Kuda-Kuda

Batang	Panjang (m)		Batang	Panjang (m)
1	1.995		34	2.289
2	1.995		35	1.995
3	1.995		36	2.289
4	1.995		37	1.995
5	1.995		38	2.289
6	1.995		39	1.995
7	1.995		40	2.289
8	1.995		41	1.995
9	1.995		42	2.289
10	1.995		43	1.995
11	1.995		44	2.289
12	1.995		45	1.995
13	1.995		46	2.289
14	1.995		47	1.995
15	1.995		48	2.289
16	1.995		49	1.995
17	1.995		50	2.289
18	1.995		51	1.995
19	1.995		52	2.289
20	1.995		53	1.995
21	1.995		54	2.289
22	1.995		55	1.995
23	1.995		56	2.289
24	1.995		57	1.995
25	1.995		58	2.289
26	1.995		59	1.995
27	1.995		60	2.289
28	1.995		61	1.995
29	1.995		62	2.289
30	1.995		63	1.995
31	1.995		64	2.289
32	1.995		65	1.995
33	1.995		<b>Ltot</b>	<b>134,40</b>

#### 4.2.3 Spesifikasi Umum Perencanaan

##### 1. Baja

Mutu Baja	: A-36
Modulus Elastisitas ( E )	: 200000 MPa
Modulus Geser ( G )	: 79300 MPa
Poisson Ratio ( $\mu$ )	: 0,26
Koefisien Pemuaian ( $\alpha$ )	: $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Tegangan Leleh ( $\sigma_y$ )	: 250 Mpa
Tegangan Dasar ( $\sigma$ )	: 152 Mpa
Tegangan Putus ( $f_u$ )	: 400 – 550 MPa
Tegangan Geser ( $\tau$ )	: 92.8 Mpa

##### 2. Penutup Atap

Jenis Penutup Atap	: Zinalume Type Spandek 935
Berat Profil	: 4,83 kg/m <sup>2</sup>
Kemiringan Atap	: 20°

##### 3. Gording

Profil Baja	: Kanal C 125 x 65 x 6 x 8 mm
Berat Profil	: 13,43 kg/m
Jumlah Gording	: 16 buah (8 sisi kanan dan 8 sisi kiri)
Jarak Antar Gording	: 1,995 m

##### 4. Kuda-Kuda

Profil Baja	: Siku Ganda 2L 100 x 100 x 7 mm
Berat Profil	: 21,38 kg/m
Jumlah Kuda-Kuda	: 9 Buah



Jarak Antar Kuda-Kuda : 5 m

Bentang Kuda-Kuda : 30 m

#### 4.2.4 Perencanaan Pembebanan

##### 1. Beban Mati (D)

Berat Sendiri Kuda-Kuda

$$PD1 = (w_{\text{kuda-kuda}} \times L_{\text{total batang}}) / \text{jumlah titik buhul}$$

$$= 21,38 \times 134,40 / 16$$

$$= 179,59 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} PD1 = 89,80 \text{ kg}$$

Berat Gording dan Penutup Atap

$$PD2 = w_{\text{gording}} + w_{\text{atap}} \times \text{Jarak gording} \times \text{Jarak kuda-kuda}$$

$$= 13,4 \times 5 + 4,83 \times 1,995 \times 5$$

$$= 115,18 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} PD2 = 13,4 \times 5 + (\frac{1}{2} \times 4,83 \times 1,995 \times 5)$$

$$= 91,09 \text{ kg}$$

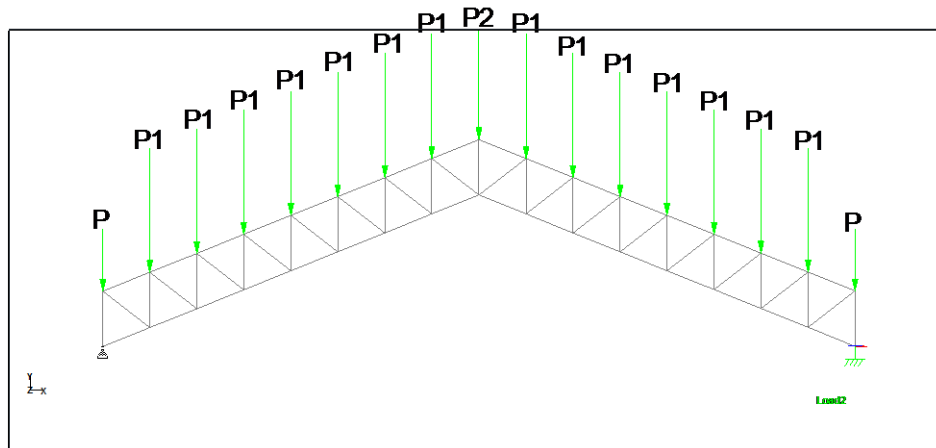
Total Beban Mati

$$PD = PD1 + PD2$$

$$PD = 294,77 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} PD = \frac{1}{2} PD1 + \frac{1}{2} PD2$$

$$\frac{1}{2} PD = 180,89 \text{ kg}$$

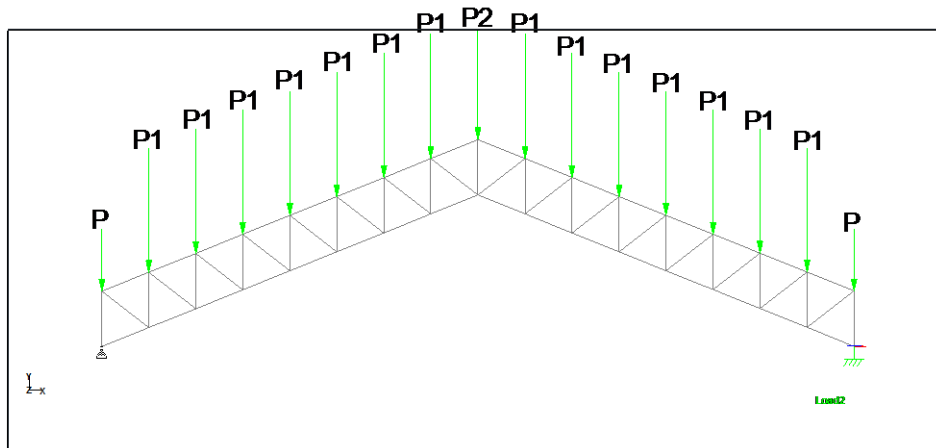


**Gambar 4.2.3.** Skema Pembebanan Akibat Beban Mati (D)

## 2. Beban Hidup Atas (Lr)

$$PLr = 98 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} PLr = 49 \text{ kg}$$



**Gambar 4.2.4.** Skema Pembebanan Akibat Beban Hidup Atas (Lr)

## 3. Beban Angin (W)

Angin Tekan

Besar tekanan angin tekan adalah 5,20 kg/m<sup>2</sup>

$$PW \text{ tekan sb.x} = \text{Tekanan angin tekan} \times L \text{ kuda-kuda} \times L \text{ gording} \times \sin \alpha$$

$$= 5,20 \times 5 \times 1,995 \times \sin 20$$

$$= 17,74 \text{ kg}$$

$$PW \text{ tekan sb.y} = \text{Tekanan angin tekan} \times L \text{ kuda-kuda} \times L \text{ gording} \times \cos \alpha$$

$$= 5,20 \times 5 \times 1,995 \times \cos 20$$

$$= 48,74 \text{ kg}$$

Angin Hisap

Besar tekanan angin hisap adalah  $0,47 \text{ kg/m}^2$

$$PW \text{ hisap sb.x} = \text{Tekanan angin hisap} \times L \text{ kuda-kuda} \times L \text{ gording} \times \sin \alpha$$

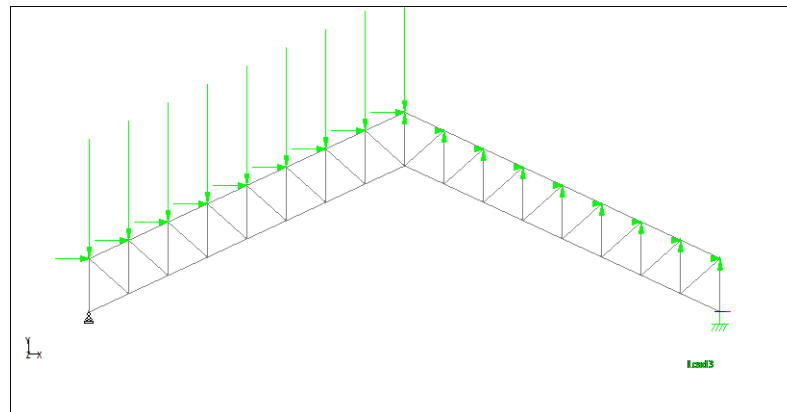
$$= 0,47 \times 5 \times 1,995 \times \sin 20$$

$$= 1,60 \text{ kg}$$

$$PW \text{ hisap sb.y} = \text{Tekanan angin hisap} \times L \text{ kuda-kuda} \times L \text{ gording} \times \cos \alpha$$

$$= 0,47 \times 5 \times 1,995 \times \cos 20$$

$$= 4,41 \text{ kg}$$



**Gambar 4.2.5.** Skema Pembebanan Akibat Beban Angin (W)

#### 4. Beban Air Hujan (R)

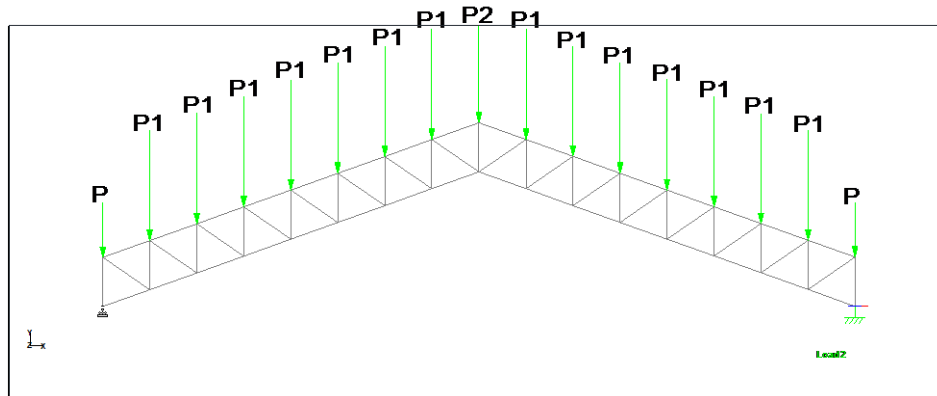
Besar tekanan air hujan adalah  $29,40 \text{ kg/m}^2$

$$PR = \text{Tekanan air hujan} \times \text{Jarak gording} \times \text{Jarak kuda-kuda}$$

$$= 29,40 \times 1,995 \times 5$$

$$= 293,27 \text{ kg}$$

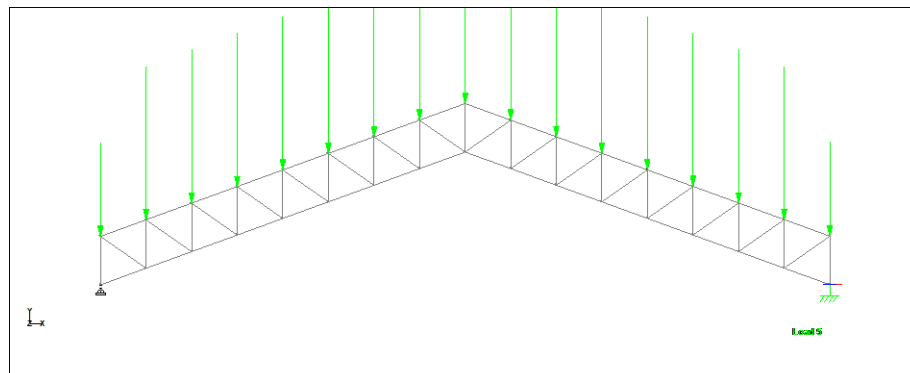
$$\frac{1}{2} PR = 146,64 \text{ kg}$$



**Gambar 4.2.6.** Skema Pembebanan Akibat Beban Air Hujan (R)

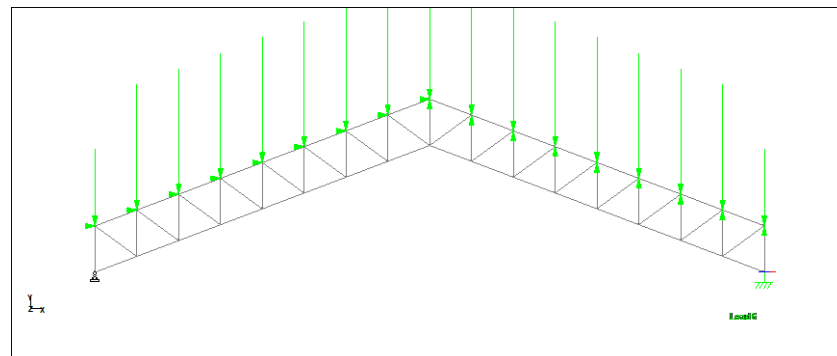
#### 4.2.5 Kombinasi Pembebanan

$$\text{Kombinasi 1} = 1.4D$$



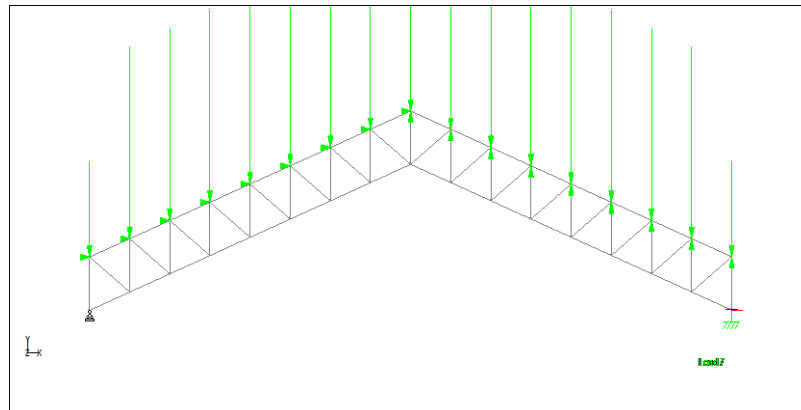
**Gambar 4.2.7.** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 1

$$\text{Kombinasi 2} = 1.2D + 1.6Lr + 0.8W$$



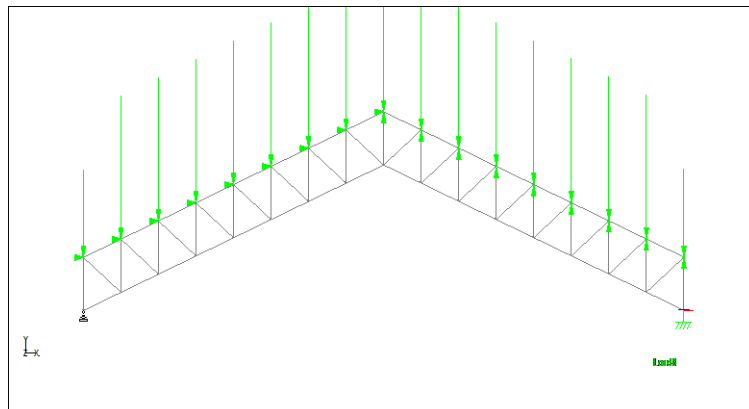
**Gambar 4.2.8.** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 2

Kombinasi 3 =  $1.2D + 1.6R + 0.8W$



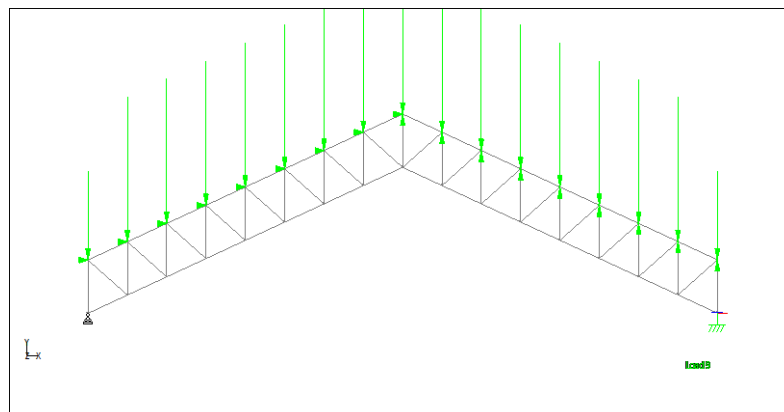
**Gambar 4.2.9.** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 3

Kombinasi 4 =  $1.2D + 1.3W + 0.5Lr$



**Gambar 4.2.10.** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 4

Kombinasi 5 =  $1.2D + 1.3W + 0.5R$



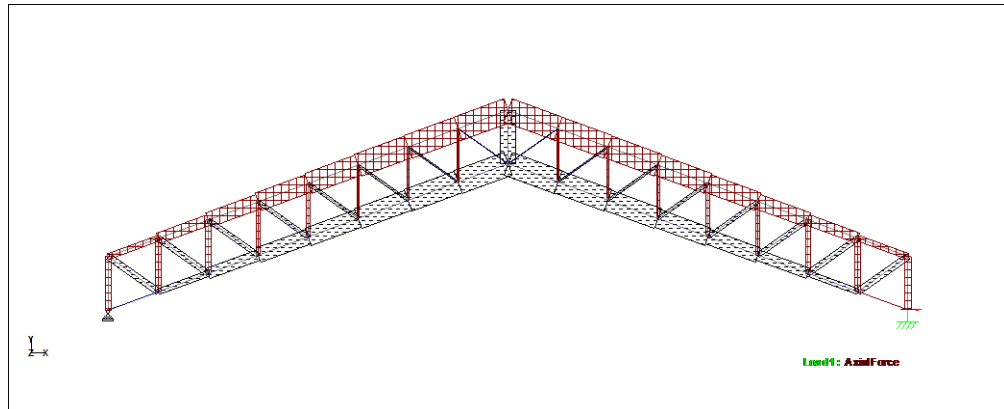
**Gambar 4.2.11.** Skema Pembebanan Akibat Beban Kombinasi 5

#### 4.2.6 Analisa Statika Struktur

Analisa statika struktur kuda-kuda rangka atap bangunan pada penelitian ini menggunakan program StaadPro.

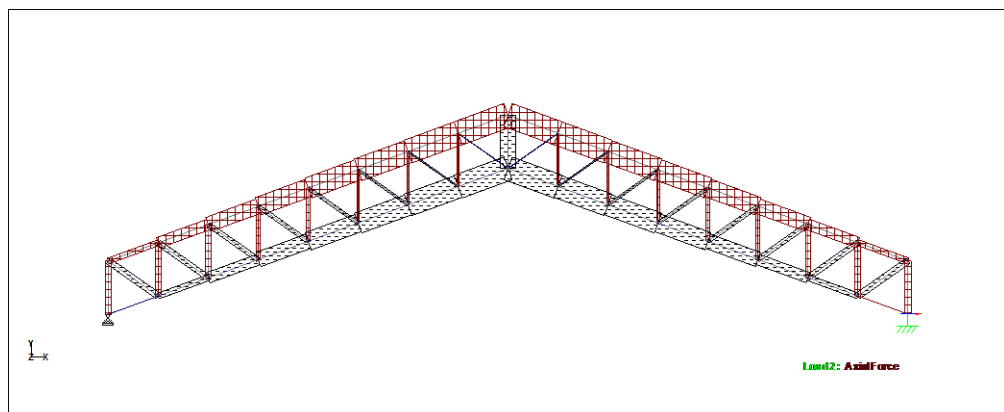
Berikut disajikan gambar maupun ringkasan gaya dalam tiap batang.

##### 1. Akibat Beban Mati (D)



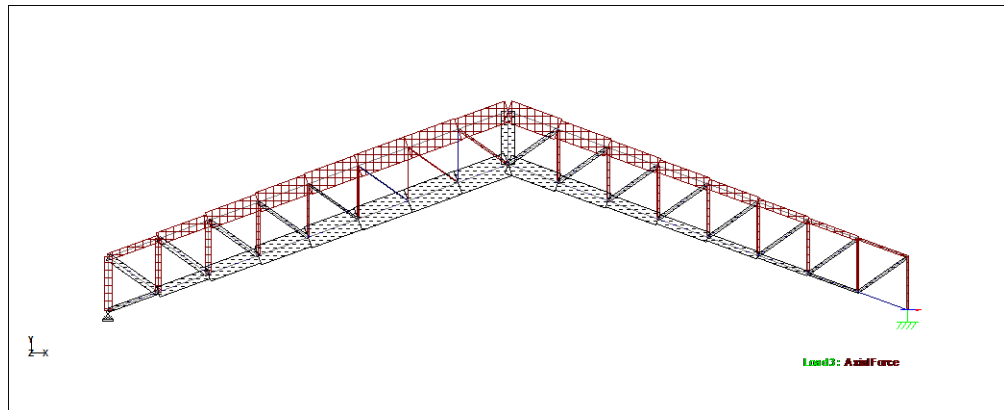
**Gambar 4.2.12.** Gaya Batang Akibat Beban Mati (D)

##### 2. Akibat Beban Hidup Atap (Lr)



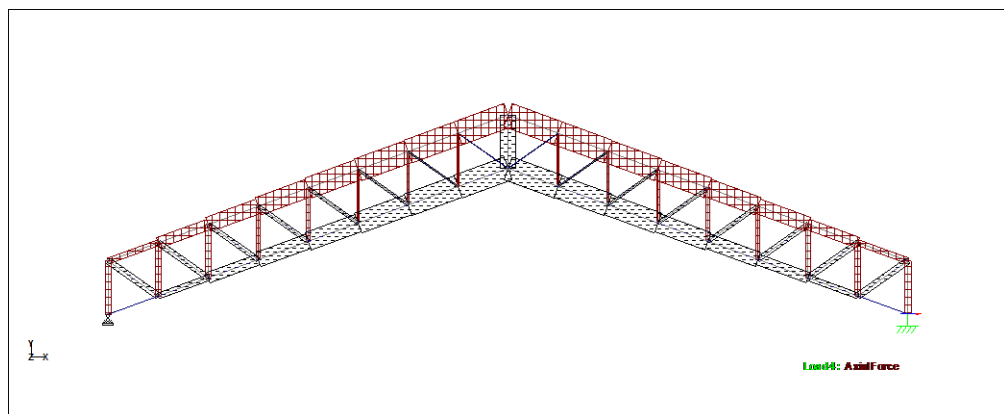
**Gambar 4.2.13.** Gaya Batang Akibat Beban Hidup Atap (Lr)

### 3. Akibat Beban Angin (W)



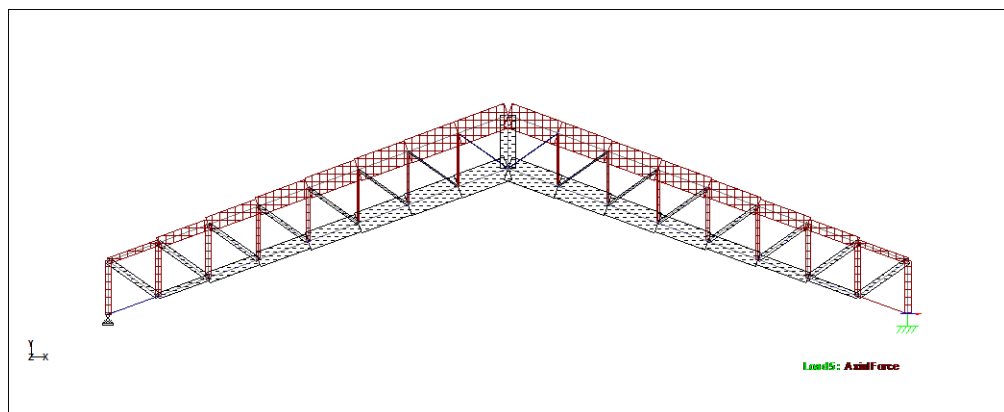
**Gambar 4.2.14.** Gaya Batang Akibat Beban Angin (W)

### 4. Akibat Beban Air Hujan (R)



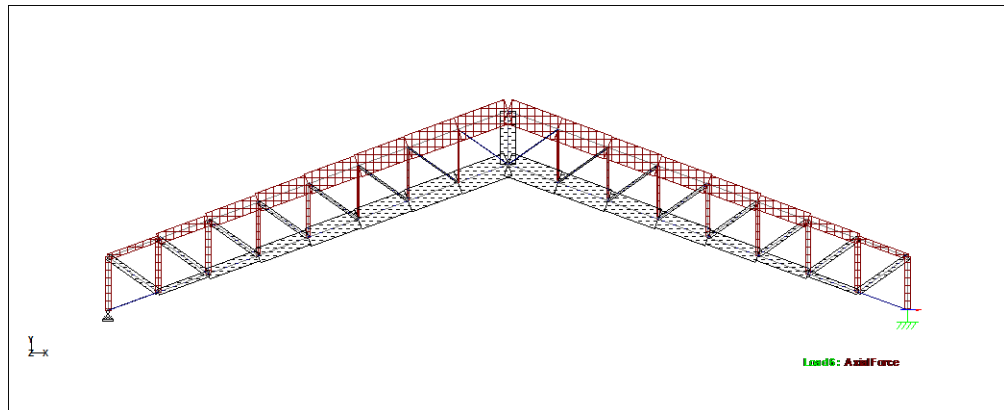
**Gambar 4.2.15.** Gaya Batang Akibat Beban Air Hujan (R)

### 5. Akibat Beban Kombinasi 1



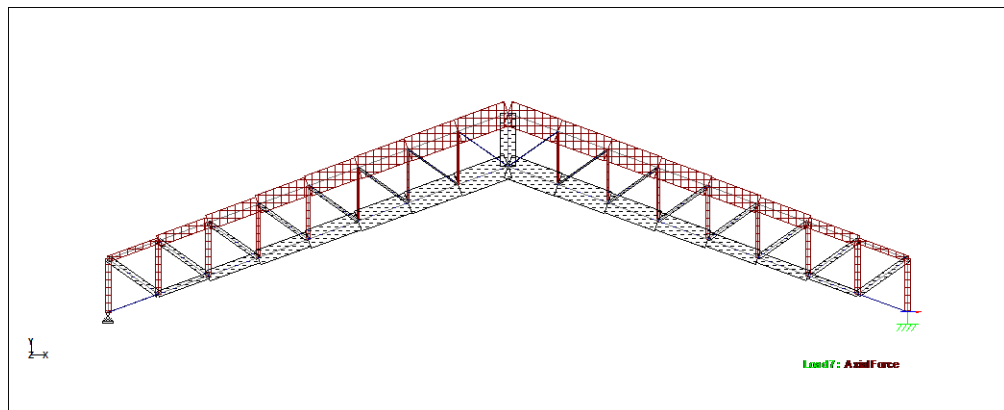
**Gambar 4.2.16.** Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 1

## 6. Akibat Beban Kombinasi 2



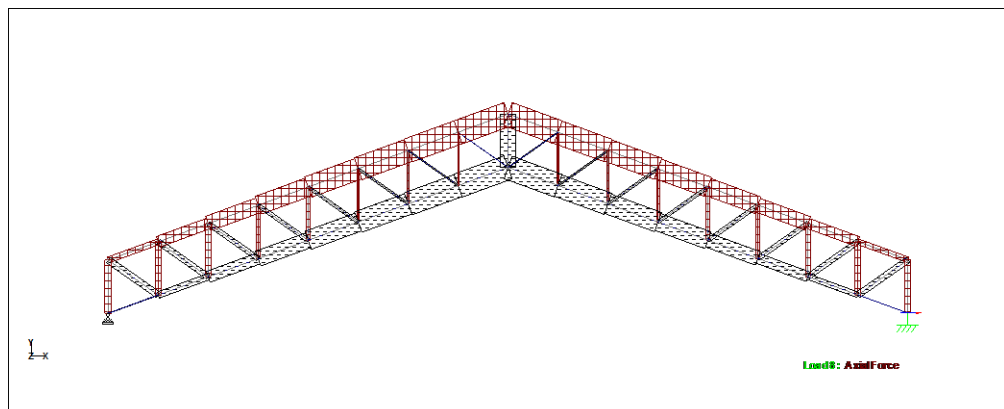
**Gambar 4.2.17.** Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 2

## 7. Akibat Beban Kombinasi 3



**Gambar 4.2.18.** Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 3

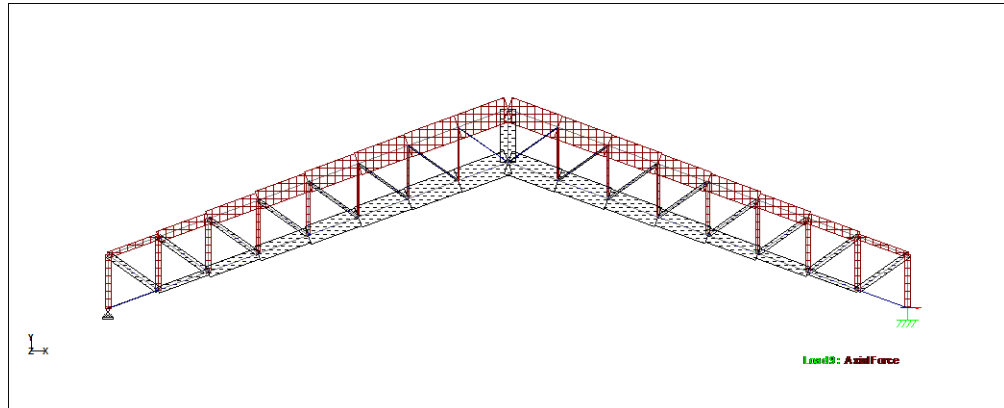
## 8. Akibat Beban Kombinasi 4



**Gambar 4.2.19.** Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 4



## 9. Akibat Beban Kombinasi 5



**Gambar 4.2.20.** Gaya Batang Akibat Beban Kombinasi 5

Batang	Gaya Aksial (kg)		Batang	Gaya Aksial (kg)	
	Tarik	Tekan		Tarik	Tekan
1	249.02		34	7369.35	
2	6577.21		35		6423.90
3	12131.91		36	6371.91	
4	16818.56		37		5555.04
5	20635.28		38	5376.60	
6	23584.50		39		4686.22
7	25664.64		40	4377.99	
8	26875.07		41		3817.37
9	26684.33		42	3383.67	
10	25332.18		43		2948.48
11	23159.35		44	2385.74	
12	20166.47		45		2081.01
13	16355.10		46	1389.04	
14	11722.84		47		1209.51
15	6271.54		48	392.34	
16			49	17741.79	
17		6439.29	50	611.15	
18		12009.31	51		1351.23
19		16711.29	52	1551.60	
20		20543.33	53		2173.68
21		23507.89	54	2492.08	
22		25602.89	55		2992.15
23		26829.56	56	3433.74	
24		27186.43	57		3812.01
25		27203.45	58	4371.87	

26		26672.87	59		4631.84
27		25321.52	60	5314.20	
28		23150.85	61		5451.64
29		20159.66	62	6253.31	
30		16349.99	63		6271.47
31		11719.44	64	7194.48	
32		6269.83	65		6719.28
33		6920.74			

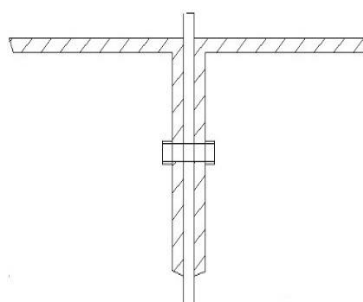
**Tabel 4.2.2.** Gaya Aksial Maksimum Batang Akibat Pembebanan

#### 4.2.7 Kontrol Dimensi Profil Kuda-Kuda Rangka Siku Ganda

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program StaadPRO diperoleh gaya batang terbesar sebagai berikut:

Batang Tekan = 26,875.07 kg = 268,75 kN

Batang Tarik = 27,203.45 kg = 272.05 kN



**Gambar 4.2.21.** Baja Profil Siku Ganda

**Tabel 4.2.3.** Spesifikasi Profil Siku Ganda

Profil yang digunakan	Siku Ganda 100 x 100	
W	21.38	kg/m
Ag	2724	mm <sup>2</sup>

b	100	mm
d	100	mm
t	7	mm
I <sub>x</sub>	2,580,000	mm <sup>4</sup>
r <sub>x</sub>	10	mm
r <sub>y</sub>	5	mm
F <sub>y</sub>	250	MPa
F <sub>u</sub>	410	MPa
Tebal Gusset	1	cm
<b>Bolt</b>	<b>A-325</b>	mm
D bolt	12.7	mm <sup>2</sup>
D hole	15.875	mm <sup>2</sup>
A bolt	126.613	mm
Spacing	40	mm

## 1. Kontrol Batang Tekan

$$P_u = 268,75 \text{ kN}$$

Cek kekakuan batang tekan

Pada batang tekan, panjang batang terbesar (L) adalah = 1995 mm dengan pengaku lateral di tengah bentang profil siku ganda. Syarat kekakuan batang tekan adalah  $\lambda < 240$ .

$$\lambda_x = \frac{KL}{r_x} = \frac{1995/2}{10} = 99.75 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{KL}{r_y} = \frac{1995/2}{5} = 199.5 \text{ cm}$$

$\lambda_x & \lambda_y < 240$  (batang memenuhi persyaratan kekakuan)

Mencari nilai  $\lambda_c$

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L_x}{\pi \cdot r_x} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1 \times 1995/2}{\pi \cdot 10} \sqrt{\frac{250}{2 \times 10^5}} = 1.12$$

Karena  $0.25 < \lambda_c < 1.2$ , maka:

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - (0.67 \cdot \lambda_c)} = \frac{1.43}{1.6 - (0.67 \cdot 1.12)} = 1.68$$

Mencari  $f_{cr}$

$$f_{cr} = \frac{F_y}{\omega} = \frac{250}{1.68} = 148.53 \text{ N/mm}^2$$

Design Strength

$$\phi P_n = [0.85 \times f_{cr} \times A_g] = [0.85 \times 148.53 \times 2,724] = 343.91 \text{ kN}$$

Karena,  $\phi P_n > P_u$  yaitu  $1,228.22 \text{ kN} > 268.75 \text{ kN}$ , **batang dapat menahan beban aksial ultimate.**

## 2. Kontrol Batang Bawah (Cek Terhadap Tarik)

**$P_u = 272.05 \text{ kN}$**

Cek kekakuan batang tarik

Pada batang tarik, panjang batang terbesar (L) adalah = 1995 mm dengan pengaku lateral di tengah bentang profil siku ganda. Syarat kekakuan batang tekan adalah  $\lambda < 240$ .

$$\lambda_x = \frac{KL}{r_x} = \frac{1995/2}{10} = 99.75 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{KL}{r_y} = \frac{1995/2}{5} = 199.5 \text{ cm}$$

$\lambda_x & \lambda_y < 240$  jadi batang memenuhi persyaratan kekakuan.

### Yielding Strength

*Yielding Strength* yang dihitung merupakan kekuatan dari profil dua siku.

$$\begin{aligned}\phi P_n &= (0.9 \times F_y \times A_g) \\ &= (0.9 \times 250 \times 2,724) \\ &= 612.90 \text{ kN}\end{aligned}$$

### Fracture Strength

$$\begin{aligned}A_n &= (A_g - A_{holes}) = 2,711.30 \text{ mm}^2 \\ U &= 1 \\ A_e &= A_n \times U = 2,711.30 \times 1 = 2,711.30 \text{ mm}^2 \\ \phi P_n &= (0.75 \times F_u \times A_e) \\ &= (0.75 \times 410 \times 2,711.30) = 833.73 \text{ kN}\end{aligned}$$

### Block Shear Strength

Jenis Kegagalan *Block Shear* dapat terjadi pada member yang memiliki ketebalan kurang dari member lain pada sambungan. Jika disambung menggunakan *gusset plate*, maka perlu dilakukan pengecekan ketebalan. Karena  $2 t_{member} \geq t_{plat \text{ simpul}}$ , maka diasumsikan block shear akan terjadi pada *plat simpul*.

$$\begin{aligned}A_{gt} &= 25,4 \times 6.35 = 161.29 \text{ mm}^2 \\ A_{nt} &= 161.29 - 2 \times (0.5 \times 15.875 \times 6.35) = 60.48 \text{ mm}^2 \\ A_{gv} &= 1.1 \times 6.35 \times 100 = 698,5 \text{ mm}^2 \\ A_{nv} &= 698,5 - (2,5 \times 15,875 \times 6,35) = 446,48 \text{ mm}^2 \\ F_u \cdot A_{nt} &= 410 \times \frac{60,48}{1000} = 24.80 \text{ kN} \\ 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} &= 0.6 \times 410 \times 446,484 = 109.84 \text{ kN} \\ F_u \cdot A_{nt} &< 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv}\end{aligned}$$

maka yang terjadi adalah *shear fracture, tension yield*

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi[0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt}] \\ &= 0.75[0.6 \cdot 410 \cdot 446,48 + (250 \cdot 161,29)] \\ &= 337.86 \text{ kN}\end{aligned}$$

*upper limit*

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi[0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_u \cdot A_{nt}] \\ &= 0.75[0.6 \cdot 410 \cdot 446,48 + (410 \cdot 60,48)] \\ &= 302.91 \text{ kN}\end{aligned}$$

jadi *block shear strength* = 302.91 kN

Karena  $\phi P_n > P_u \rightarrow 302.91 \text{ kN} > 272.05 \text{ kN}$ , batang dapat menahan beban aksial ultimate.

### 3. Kontrol Lendutan

Besar lendutan di tengah bentang kuda-kuda dicari dengan metode virtual work yaitu:

$$1 \times \Delta = \sum \frac{N \times n \times L}{A \times E}$$

(Hibbler, Structural Analysis, p.303)

dimana :

- 1 = beban 1 satuan (virtual) yang diletakkan pada titik yang akan dicari besar lendutannya (kg)
- $\Delta$  = besar lendutan yang terjadi pada suatu titik (m)
- N = gaya dalam batang akibat gaya luar (kg)
- n = gaya dalam batang akibat beban 1 satuan (kg)
- L = panjang batang (m)

A = luas permukaan profil batang (cm<sup>2</sup>)

E = modulus elastic profil batang (kg/cm<sup>2</sup>)

Gaya dalam akibat gaya 1 satuan diletakkan pada tengah bentang bawah kuda-kuda. Untuk mempermudah perhitungan, digunakan tabulasi dari nilai-nilai diatas sehingga diperoleh total dari masing-masing nilai. Berikut adalah perhitungan dari lendutan,

**Tabel 4.2.4.** Perhitungan Lendutan Kuda-Kuda

Btg	N (kN)	n (kN)	L (mm)	N x n x L	A x E (kN)	(N x n x L)/(A x E)
1	2.49	-	1,995	-	544,800	-
2	65.77	0.005	1,995	643.35	544,800	1.18
3	121.32	0.010	1,995	2,373.36	544,800	4.36
4	168.19	0.015	1,995	4,935.65	544,800	9.06
5	206.35	0.020	1,995	8,074.16	544,800	14.82
6	235.85	0.025	1,995	11,535.51	544,800	21.17
7	256.65	0.029	1,995	15,063.83	544,800	27.65
8	268.75	0.034	1,995	18,403.08	544,800	33.78
9	266.84	0.034	1,995	18,272.46	544,800	33.54
10	253.32	0.029	1,995	14,868.70	544,800	27.29
11	231.59	0.025	1,995	11,327.57	544,800	20.79
12	201.66	0.020	1,995	7,890.72	544,800	14.48
13	163.55	0.015	1,995	4,799.64	544,800	8.81
14	117.23	0.010	1,995	2,293.34	544,800	4.21
15	62.72	0.005	1,995	613.45	544,800	1.13
16	-	-	1,995	-	544,800	-
17	64.39	0.005	1,995	629.86	544,800	1.16
18	120.09	0.010	1,995	2,349.38	544,800	4.31
19	167.11	0.015	1,995	4,904.17	544,800	9.00
20	205.43	0.020	1,995	8,038.18	544,800	14.75
21	235.08	0.025	1,995	11,498.04	544,800	21.11
22	256.03	0.029	1,995	15,027.08	544,800	27.58
23	268.30	0.034	1,995	18,371.91	544,800	33.72
24	271.86	0.039	1,995	21,275.52	544,800	39.05
25	272.03	0.039	1,995	21,288.84	544,800	39.08
26	266.73	0.034	1,995	18,264.62	544,800	33.53
27	253.22	0.029	1,995	14,861.93	544,800	27.28
28	231.51	0.025	1,995	11,323.41	544,800	20.78
29	201.60	0.020	1,995	7,888.06	544,800	14.48
30	163.50	0.015	1,995	4,798.14	544,800	8.81
31	117.19	0.010	1,995	2,292.67	544,800	4.21
32	62.70	0.005	1,995	613.28	544,800	1.13
33	69.21	0.005	1,995	676.95	544,800	1.24

Btg	N (kN)	n (kN)	L (mm)	N x n x L	A x E (kN)	(N x n x L)/(A x E)
34	73.69	0.006	2,290	949.26	544,800	1.74
35	64.24	0.005	1,995	628.35	544,800	1.15
36	63.72	0.006	2,290	820.64	544,800	1.51
37	55.55	0.005	1,995	543.37	544,800	1.00
38	53.77	0.006	2,290	692.70	544,800	1.27
39	46.86	0.005	1,995	458.38	544,800	0.84
40	43.78	0.006	2,290	563.84	544,800	1.03
41	38.17	0.005	1,995	373.40	544,800	0.69
42	33.84	0.006	2,290	435.94	544,800	0.80
43	29.48	0.005	1,995	288.41	544,800	0.53
44	23.86	0.006	2,290	307.31	544,800	0.56
45	20.81	0.005	1,995	203.64	544,800	0.37
46	13.89	0.006	2,290	178.93	544,800	0.33
47	12.10	0.005	1,995	118.28	544,800	0.22
48	3.92	0.006	2,290	50.54	544,800	0.09
49	177.42	0.027	1,995	9,496.80	544,800	17.43
50	6.11	0.006	2,290	78.72	544,800	0.14
51	13.51	0.005	1,995	132.14	544,800	0.24
52	15.52	0.006	2,290	199.87	544,800	0.37
53	21.74	0.005	1,995	212.70	544,800	0.39
54	24.92	0.006	2,290	321.01	544,800	0.59
55	29.92	0.005	1,995	292.68	544,800	0.54
56	34.34	0.006	2,290	442.39	544,800	0.81
57	38.12	0.005	1,995	372.87	544,800	0.68
58	43.72	0.006	2,290	563.05	544,800	1.03
59	46.32	0.005	1,995	453.06	544,800	0.83
60	53.14	0.006	2,290	684.66	544,800	1.26
61	54.52	0.005	1,995	533.25	544,800	0.98
62	62.53	0.006	2,290	805.36	544,800	1.48
63	62.71	0.005	1,995	613.44	544,800	1.13
64	71.94	0.006	2,290	926.74	544,800	1.70
65	67.19	0.005	1,995	657.25	544,800	1.21
					<b>Max</b>	<b>39.08</b>

Maka, defleksinya adalah :

$$\Delta = 39.08 \text{ mm}$$

Menurut *SNI 03-1729-2002*, lendutan ijin untuk balok biasa adalah  $L/240$ ,

dengan nilai  $L$  adalah panjang bentang terbesar rangka batang yaitu 30 m.



$$\Delta_{ijin} = L/240 = 30000/240 = 125 \text{ mm}$$

Karena  $\Delta < \Delta_{ijin}$ , maka lendutan yang terjadi pada rangka batang memenuhi persyaratan.

#### 4.2.8 Pemeriksaan Sambungan Baut

Baut diasumsikan diperbolehkan untuk terjadi slip dan sama pada setiap batang, sehingga pemeriksaan baut menggunakan batang dengan beban terbesar sebesar **272.05 kN**. Baut diasumsikan bermutu A-325 dan banyaknya baut adalah 3 baut dalam 1 baris.

Pemeriksaan baut :

*Shear Strength*

*Single Shear Strength*

$$\begin{aligned}\phi R_n &= (0,75 \cdot F_v \cdot A_{bolt}) \cdot \text{banyak baut} \\ &= (0,75 \cdot 168,7 \cdot 1,266) \cdot 3 \\ &= 480.69 \text{ kN}\end{aligned}$$

*Double Shear Strength*

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2 \cdot (0.75 \cdot F_v \cdot A_{bolt}) \cdot \text{banyak baut} \\ &= 2 \cdot (0.75 \cdot 168,7 \cdot 1,266) \cdot 3 \\ &= 961.18 \text{ kN}\end{aligned}$$

*Bearing Strength*

**Profil 100 x 100**

$$\text{Member (1 siku)} - t_{member} = 0.64 \text{ cm}$$

Ujung member

$$L_c = 3 - (d_h/2)$$

$$= 3 - (1,5875/2)$$

$$= 2,20625 \text{ cm} = 22,0625 \text{ mm}$$

$$\phi R_n = \phi \cdot (1,2 \times L_c \times t_{member} \times F_u) \leq \phi \cdot (2,4 \times d_b \times t_{member} \times F_u)$$

$$= 0,75 \cdot (1,2 \times 22,0625 \times 2 \times 3,175 \times 450) / 1000$$
$$\leq 0,75 \cdot (2,4 \times 12,7 \times 2 \times 3,175 \times 450) / 1000$$

$$= 567.39 \text{ kN} \leq 653.22 \text{ kN}$$

yang digunakan = 567.39 kN

Tengah member

$$L_c = 4 - d_h$$

$$= 4 - 1,5875$$

$$= 2,4125 \text{ cm} = 24,125 \text{ mm}$$

$$\phi R_n = \phi \cdot (1,2 \cdot L_c \cdot t_{member} \cdot F_u) \leq \phi \cdot (2,4 \cdot d_b \cdot t_{member} \cdot F_u)$$

$$= 0,75 \cdot (1,2 \times 24,125 \times 2 \times 3,175 \times 450)$$
$$\leq 0,75 \cdot (2,4 \times 12,7 \times 2 \times 3,175 \times 450)$$

$$= 620.43 \text{ kN} \leq 653.22 \text{ kN}$$

yang digunakan = 620.43 kN

Total Bearing Strength

$$\phi R_n = 1 \cdot ujung + 2 \cdot tengah$$

$$= 1 \cdot 567.39 + 2 \cdot 620.43$$

$$= 1,808.26 \text{ kN (dua siku)}$$

Bearing Strength plat simpul

$$\text{Member (1 siku)} - t_{member} = 0,64 \text{ cm}$$

Ujung simpul

$$\begin{aligned}L_c &= 3 - (d_h/2) \\&= 3 - (1.5875/2) \\&= 2,20625 \text{ cm} = 22,0625 \text{ mm} \\ \phi Rn &= \phi \cdot (1,2 \times L_c \times t_{gusset} \times F_u) \leq \phi \cdot (2,4 \cdot d_b \cdot t_{gusset} \cdot F_u) \\&= 0,75 \cdot (1,2 \times 22,0625 \times 6,35 \times 450)/1000 \\&\leq 0,75 \cdot (2,4 \times 12,7 \times 6,35 \times 450)/1000 \\&= 567.39 \text{ kN} \leq 653.22 \text{ kN}\end{aligned}$$

yang digunakan = 567.39 kN

Tengah member

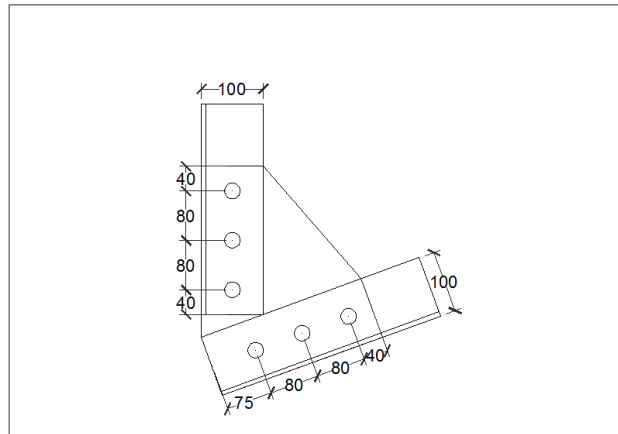
$$\begin{aligned}L_c &= 4 - d_h \\&= 4 - 1.5875 \\&= 2,4125 \text{ cm} = 24,125 \text{ mm} \\ \phi Rn &= \phi \cdot (1,2 \times L_c \times t_{gusset} \times F_u) \leq \phi \cdot (2,4 \cdot d_b \cdot t_{gusset} \cdot F_u) \\&= 0,75 \cdot (1,2 \times 24,125 \times 6,35 \times 450)/1000 \\&\leq 0,75 \cdot (2,4 \times 12,7 \times 6,35 \times 450)/1000 \\&= 620.43 \leq 653.22 \text{ kN}\end{aligned}$$

yang digunakan = 620.43 kN

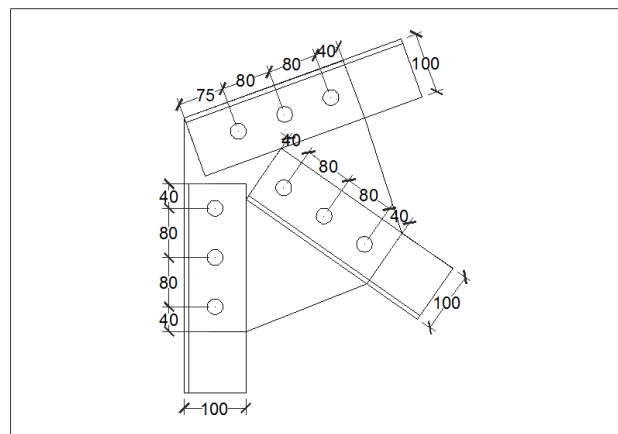
Total Bearing Strength

$$\begin{aligned}\phi Rn &= 1 \cdot \text{ujung} + 2 \cdot \text{tengah} \\&= 1 \cdot 567.39 + 2 \cdot 620.43 \\&= 1,808.26 \text{ kN}\end{aligned}$$

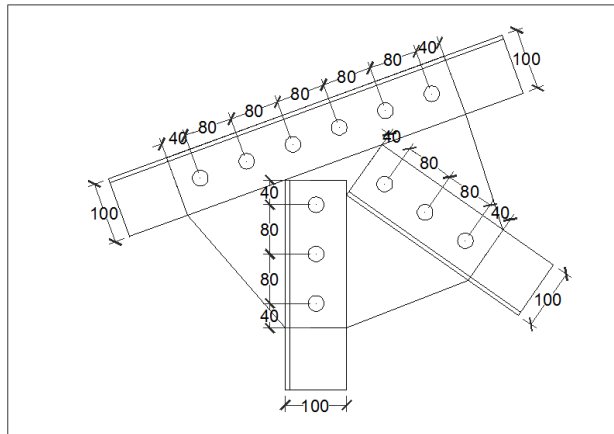
Jadi, kekuatan sambungan dari struktur kuda-kuda adalah sebesar 1,808.26 kN, sementara gaya batang tarik terbesar pada struktur adalah sebesar 272.05 kN. Karena itu, profil baut **cukup kuat** untuk dijadikan sambungan dari struktur kuda-kuda.



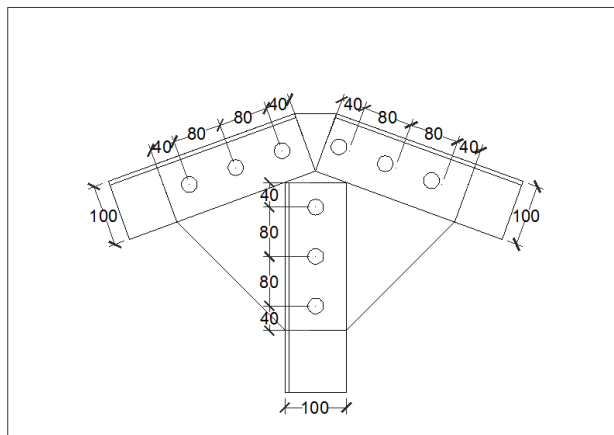
**Gambar 4.2.22. Detail Sambungan 1**



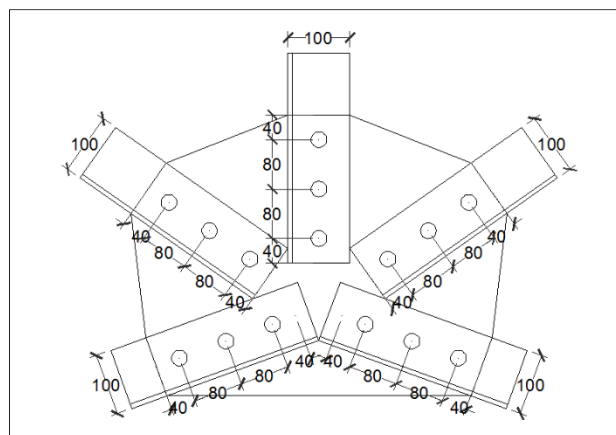
**Gambar 4.2.23. Detail Sambungan 2**



**Gambar 4.2.24. Detail Sambungan 3**



**Gambar 4.2.24. Detail Sambungan 4**



**Gambar 4.2.25. Detail Sambungan 5**

#### 4.2.8 Biaya Kebutuhan Kuda-Kuda Rangka Baja

**Tabel 4.2.5.** Biaya Kebutuhan Kuda-Kuda Rangka Baja

Memasang rangka kuda-kuda baja siku ganda (Analisa harga satuan SNI 7393:2008 No.6.2)							
No	Uraian	Indeks	Satuan	Harga Upah/	Harga	Volume	Jumlah Harga
				Material	Satuan		
				Rp	Rp		
1	TENAGA KERJA						
	Pekerja	0.060	Org/hr	55,000	3,300	1.00	3,300
	Tukang Besi/ Baja	0.060	Org/hr	70,000	4,200	1.00	4,200
	Kepala Tukang Besi	0.006	Org/hr	75,000	450	1.00	450
	Mandor	0.003	Org/hr	80,000	240	1.00	240
2	MATERIAL						
	Baja Siku 2L 100 x 100	1.150	kg	9,900	11,385	20,991.87	238,992,460
	Harga Total						239,000,650

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gudang adalah sebuah ruangan yang digunakan untuk menyimpan berbagai macam barang. Setiap jenis bangunan bisa saja memiliki gudang, misalnya saja gudang pada bangunan pabrik, toko, dan bahkan rumah tinggal. Pada Perencanaan ini gudang difungsikan sebagai tempat penyimpanan produk yang aman dari segala gangguan misalnya triknya matahari dan hujan.

Maka dari itu Perencanaan struktur rangka atap gudang penting diperhatikan dalam perencanaan suatu bangunan. Struktur bangunan teratas ini akan menyalurkan gaya ke struktur di bawahnya dan akan diteruskan sampai ke tanah. Untuk itu keamanan, kenyamanan, durability, dan efisiensi merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan *jenis struktur rangka atap*. Sistem rangka atap konvensional yang mulai diperkenalkan sejak jaman Belanda terdiri dari beberapa struktur penyokong, diantaranya rangka kuda-kuda, gording, kasau/usuk, dan reng. Kuda-kuda yang dipergunakan menggunakan bahan kayu dengan dimensi yang cukup besar dan jarak kuda-kuda berkisar antara 3 meter. Permasalahan sering timbul saat pengerjaan, dimana hubungan antar kayu pada sistem rangka atap tersebut mempergunakan sistem hubungan yang cukup rumit. Kualitas produk kuda-kuda tidak seragam, waktu pengerjaan yang cukup lama, hasil bentuk atap tergantung kompetensi sumber daya manusia, dan terjadinya kesulitan-kesulitan selama tahap konstruksi, misalnya dalam hal pengangkatan kuda-kuda. Suatu bangunan yang menggunakan

bahan atau komponen logam, seperti baja dan alumunium, dapat dinilai sebagai bahan yang ekologis, karena mampu digunakan dan diolah kembali material yang pernah dipakai menjadi material atau produk lain yang berguna. Sifat mekanis baja yang mempunyai kekuatan tinggi dikembangkan pemakaiannya pada struktur rangka atap. Bahan baja yang digunakan diperoleh dengan menghaluskan struktur mikro, sehingga produk menjadi lebih ringan dan kompak. Penghematan energi dapat didapatkan karena pengurangan beban pada penggunaannya, serta eksploitasi sumber daya alam dapat menurun. Perkembangan sistem rangka atap baja ringan yang makin pesat, dimana ditandai dengan munculnya fabrikator-fabrikator maupun aplikator-aplikator rangka baja ringan pada industri konstruksi Indonesia, memerlukan pengkajian yang lebih mendalam terhadap sistem rangka atap tersebut.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penyusunan menggunakan *Specification Load and Resistance Faktor Design (LRDF)* dikarenakan filosofi kekuatan disainnya menggunakan beban – beban layanan terfaktor serta membandingkan kekutan yang diperoleh terhadap terhadap beban. Perlu diketahui bersama, bahwa dalam kasus manapun kekuatan struktur tergantung pada “keadaan batas”, atau modus kegagalan ( seperti leleh, retak, dan tekuk ).

Selain alasan tersebut di atas, trend penalar perencanaan struktur di masa mendatang bias dipastikan akan mengarah pada *Specification Load and Resistance Faktor Design*. Jadi setiap calon sarjana teknik sebaiknya memahami benar seluk beluk peraturan ini.



## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, perlu dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

- Dari analisa perencanaan Profil baja WF dan rangka baja siku manakah hasilnya yang lebih ekonomis ?
- Berapa baut yang dibutuhkan pada sambungan Profil baja WF dan rangka baja siku ?

## **1.3 Maksud dan Tujuan**

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan ini adalah :

- Mengetahui analisa perencanaan Profil baja WF dan rangka baja siku manakah hasilnya yang lebih ekonomis.
- Mengetahui berapa baut yang dibutuhkan pada sambungan Profil baja WF dan rangka baja siku.

## **1.4 Batasan Masalah**

Pada perencanaan ulang Gudang di Gresik ini penulis membatasi lingkup pembahasan sebagai berikut :

- Yang dibahas perencanaan Profil baja WF dan rangka baja siku manakah hasilnya yang lebih ekonomis.
- Menghitung jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan Profil baja WF dan rangka baja siku.

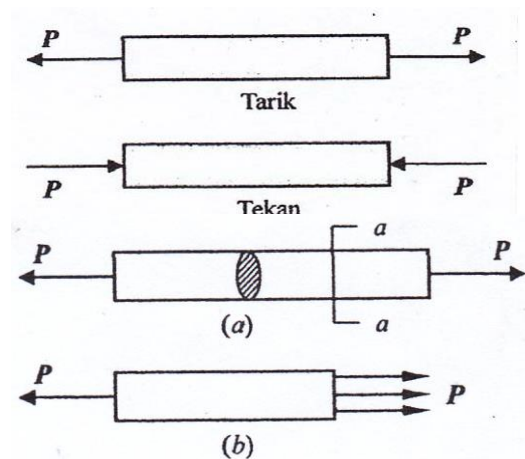
## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tegangan Regangan Baja

##### 2.1.1. Tegangan normal

Konsep paling dasar dalam mekanika bahan adalah tegangan dan regangan. Konsep ini dapat diilustrasikan dalam bentuk yang paling mendasar dengan meninjau sebuah batang prismatis yang mengalami gaya aksial. Batang prismatis adalah sebuah elemen struktur lurus yang mempunyai penampang konstan di seluruh panjangnya, dan gaya aksial adalah beban yang mempunyai arah yang sama dengan sumbu elemen, sehingga mengakibatkan terjadinya tarik atau tekan pada batang. Kondisi tarik atau tekan terjadi pada struktur, misalnya pada elemen di rangka batang di jembatan, dan kondisi tekan terjadi pada struktur, yaitu pada elemen kolom di gedung. Pembebanan batang secara aksial dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pembebanan Batang Secara Aksial

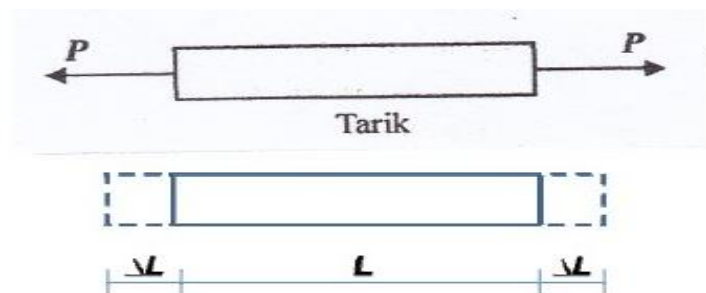
Sebagaimana terlihat pada Gambar 2.1, suatu batang dengan luas penampang konstan, dibebani melalui kedua ujungnya dengan sepasang gaya linier dengan arah saling berlawanan yang berimpit pada sumbu longitudinal batang dan bekerja melalui pusat penampang melintang masing-masing. Untuk keseimbangan statis besarnya gaya-gaya harus sama. Gaya-gaya diarahkan menjauhi batang, maka batang disebut ditarik, sedangkan gayagaya diarahkan pada batang, maka batang disebut ditekan. Aksi pasangan gaya-gaya tarik atau tekan, hambatan internal terbentuk di dalam bahan dan karakteristiknya dapat dilihat pada potongan melintang di sepanjang batang. Intensitas gaya (gaya per satuan luas) disebut **tegangan** dan diberi notasi  $\sigma$  (sigma). Jadi gaya aksial  $P$  yang bekerja pada penampang adalah *resultan* dari teganagan yang terdistribusi kontinu. Dengan mengasumsikan bahwa tegangan *terbagi rata* di seluruh potongan penampang, kita dapat melihat bahwa resultannya harus sama dengan intensitas  $\sigma$  dikalikan dengan luas penampang  $A$  dari batang tersebut. Dengan demikian, besarnya tegangan dapat dinyatakan dengan rumus  $\sigma = \frac{P}{A}$  Jadi dapat didefinisikan bahwa tegangan normal adalah intensitas gaya normal per unit luasan, yang dinyatakan dalam satuan N/m<sup>2</sup> disebut juga pascal (Pa)) atau N/mm<sup>2</sup> disebut juga megapascal (MPa).

Apabila gaya-gaya dikenakan pada ujung-ujung batang dalam arah menjahui dari batang, sehingga batang dalam kondisi tertarik, maka terjadi suatu tegangan tarik pada batang, selanjutnya dapat dinyatakan dengan rumus  $\sigma_{tr} = \frac{P_{tr}}{A}$

Jika batang - gaya dikenakan pada ujung-ujung batang dalam arah menuju ke batang, sehingga batang dalam kondisi tertekan, maka terjadi tegangan tekan, batang, selanjutnya dapat dinyatakan dengan rumus  $\sigma_{tk} = \frac{P_{tk}}{A}$

### 2.1.2. Regangan Normal

Suatu batang lurus akan mengalami perubahan panjang apabila dibebani secara aksial, yaitu menjadi panjang jika mengalami tarik dan menjadi pendek jika mengalami tekan. Sebagai contoh diperlihatkan pada Gambar 2.2, perpanjangan dari batang tersebut adalah hasil komulatif dari perpanjangan semua elemen bahan di seluruh volume batang.



**Gambar 2.2 Pertambahan Panjang Batang**

Pertambahan panjang pada batang dinotasikan dengan  $\Delta$  (delta), s dimana satu satuan panjang dari batang akan mempunyai perpanjangan yang sama dengan  $1/L$  kali perpanjangan total  $\Delta$ . Perpanjangan pada batang dapat diukur untuk setiap kenaikan tertentu dari beban aksial. Dengan demikian konsep *perpanjangan persatuan panjang*, atau disebut **regangan**, yang diberi notasi  $\epsilon$  (epsilon) dapat dihitung dengan persamaan  $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$  Jadi Perpanjangan per unit panjang disebut

regangan normal, dinyatakan tidak berdimensi, artinya regangan tidak mempunyai satuan. Regangan  $\varepsilon$  disebut regangan normal karena regangan ini berkaitan dengan tegangan normal. Jika batang mengalami tarik, maka regangannya disebut regangan tarik, yang menunjukkan perpanjangan bahan. Demikian juga halnya jika batang mengalami tekan, maka regangannya disebut regangan tekan, dan batang tersebut memendek. Regangan tarik biasanya bertanda positif dan regangan tekan bertanda negatif.

### 2.1.3. Kurva Tegangan-Regangan

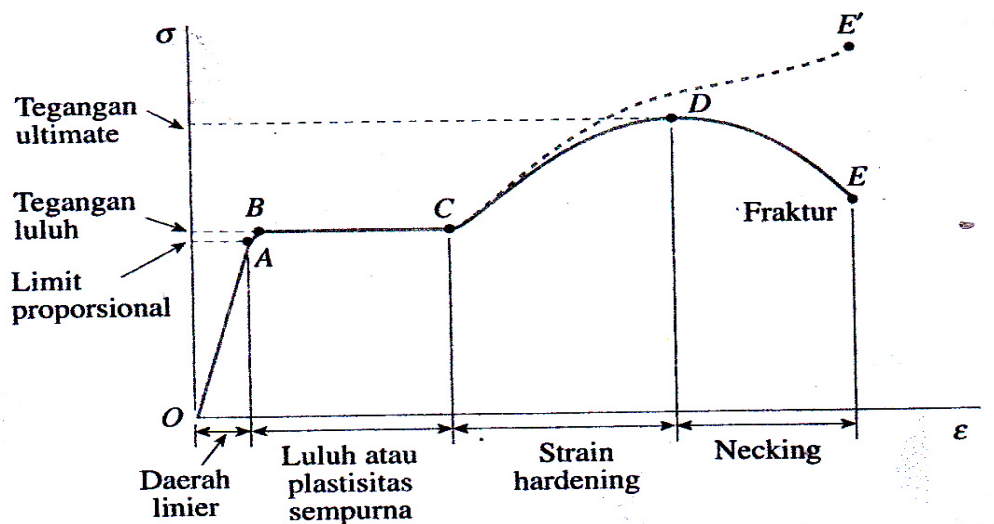
Hasil-hasil pengujian biasanya tergantung paada benda uji. Karena sangat kecil kemungkinannya kita menggunakan struktur yang ukurannya sama dengan ukuran benda uji, maka kita perlu menyatakan hasil pengujian dalam bentuk yang dapat diterapkan pada elemen struktur yang berukuran berapapun. Cara sederhana untuk mencapai tujuan ini adalah dengan mengkonversikan hasil pengujian tersebut ke tegangan dan regangan.

Setelah melakukan uji tarik atau tekan dan menentukan tegangan dan regangan pada berbagai taraf beban, kita dapat memplot diagram tegangan dan regangan. Diagram tegangan-regangan merupakan karakteristik dari bahan yang diuji dan memberikan informasi penting tentang besarab mekanis dan jenis perilaku.

Bahan **baja struktural**, yang dikenal dengan *baja lunak* atau *baja karbon rendah*. Baja struktural adalah salah satu bahan metal yang paling banyak digunakan untuk gedung, jembatan, menara, dan jenis struktur lain.

Diagram tegangan-regangan untuk baja struktural tipikal yang mengalami

tarik diperlihatkan pada Gambar 1.3. Dimana diagram dimulai dengan garis lurus dari pusat sumbu  $O$  ke titik  $A$ , yang berarti bahwa hubungan antara tegangan dan regangan pada daerah ini *linier* dan *proporsional*, dimana titik  $A$  tegangan maksimum, tidak terjadi perubahan bentuk ketika beban diberikan disebut batas elastis, jadi tegangan di  $A$  disebut *limit proporsional*, dan  $OA$  disebut daerah *elastis*.

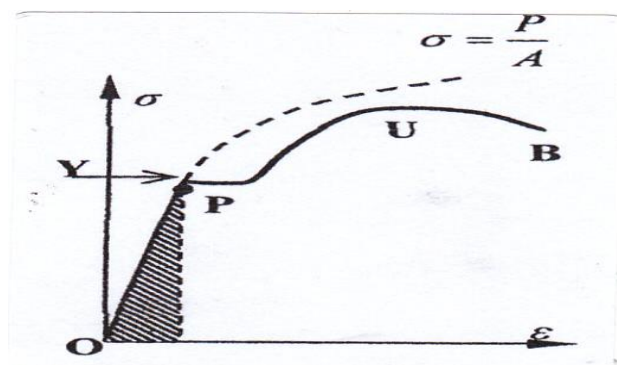


**Gambar 2.3 Kurva Tegangan-Regangan Baja Struktural**

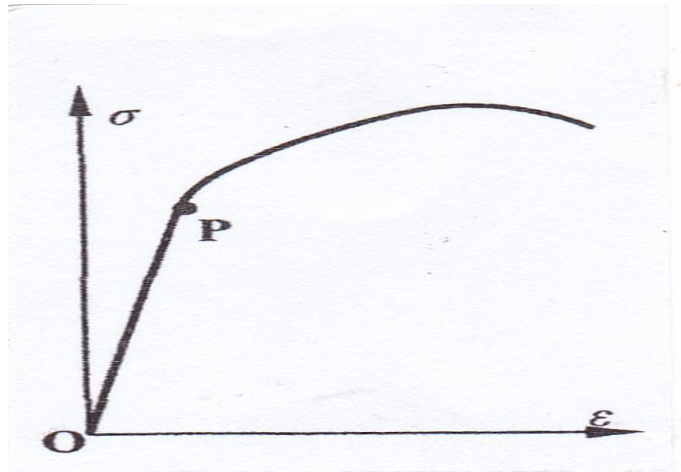
Dengan meningkatnya tegangan hingga melewati limit proporsional, maka regangan mulai meningkat secara lebih cepat untuk setiap pertambahan tegangan. Dengan demikian kurva tegangan-regangan mempunyai kemiringan yang berangsur-angsur semakin kecil sampai pada titik  $B$  kurva tersebut menjadi horisontal. Mulai dari titik  $B$  terjadi perpanjangan yang cukup besar pada benda uji tanpa adanya pertambahan gaya tarik (dari  $B$  ke  $C$ ), fenomena ini disebut luluh dari bahan, dan titik  $B$  disebut titik luluh. Di daerah antara  $B$  dan  $C$ , bahan menjadi plastis sempurna, yang berarti bahwa bahan terdeformasi tanpa adanya pertambahan beban. Sesudah mengalami regangan besar yang terjadi selama

peluluhan di daerah *BC*, baja mulai mengalami pengerasan regang (*strain hardening*). Perpanjangan benda di daerah ini membutuhkan peningkatan beban tarik, sehingga diagram tegangan-regangan mempunyai kemiringan positif dari *C* ke *D*, dan beban pada akhirnya mencapai harga maksimum, dan tegangan di titik *D* disebut *tegangan ultimit*. Penarikan batang lebih lanjut akan disertai dengan pengurangan beban dan akhirnya terjadi putus/patah di suatu titik yaitu pada titik *E*.

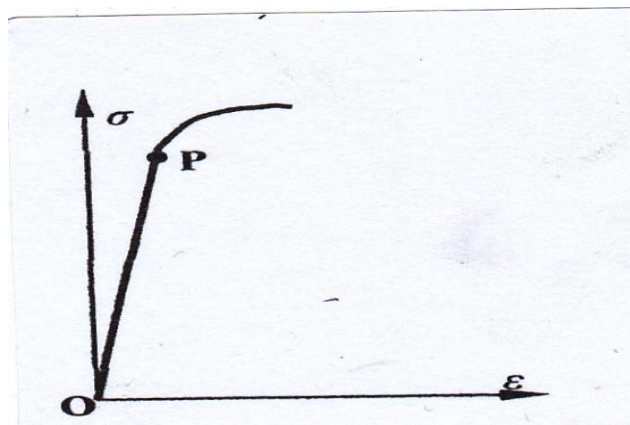
Tegangan luluh dan tegangan ultimit dari suatu bahan disebut juga masing-masing kekuatan luluh dan kekuatan ultimit. Kekuatan adalah sebutan umum yang merujuk pada kapasitas suatu struktur untuk menahan beban. Sebagai contoh kekuatan luluh dari suatu balok adalah besarnya beban yang dibutuhkan untuk terjadinya luluh di balok tersebut, dan kekuatan ultimit dari suatu rangka batang adalah beban maksimum yang dapat dipikulnya, yaitu beban gagal. Tetapi dalam melakukan uji tarik untuk suatu bahan, didefinisikan kapasitas pikul beban dengan tegangan di suatu benda uji, bukannya beban total yang bekerja pada benda uji. Karena itu, kekuatan bahan biasanya dinyatakan dalam tegangan. Berikut ini dapat dilihat kurva tegangan-regangan untuk berbagai bahan baja lainnya dan karet pada Gambar 2.4 sampai dengan Gambar 2.8.



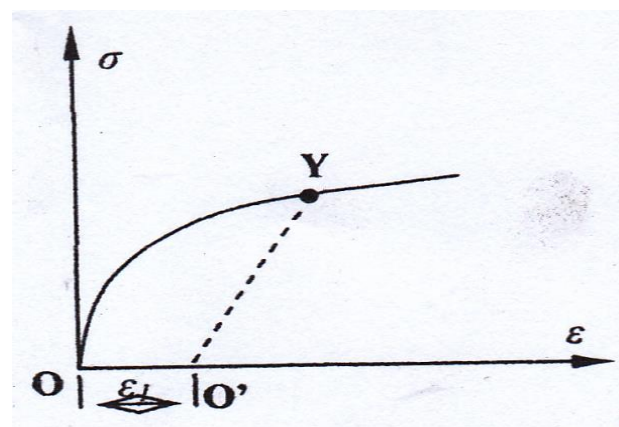
**Gambar 2.4 Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon Medium**



**Gambar 2.5 Kurva Tegangan-Regangan Baja Campuran**

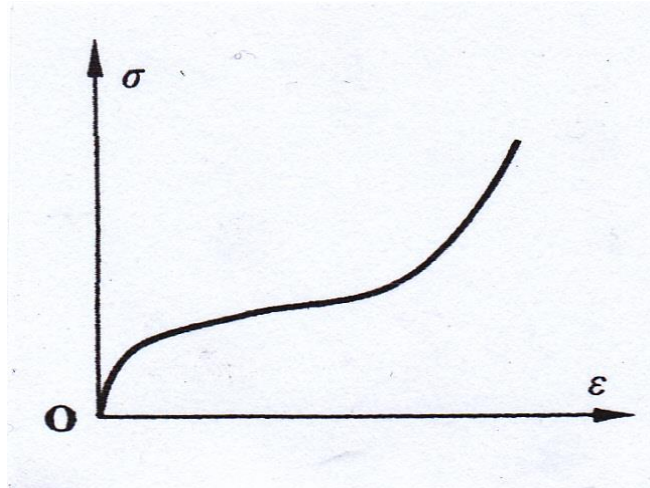


**Gambar 2.6 Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon Tinggi**



**Gambar 2.7 Kurva Tegangan-Regangan Besi Kasar**





**Gambar 2.8 Kurva Tegangan-Regangan Karet**

#### **2.1.4. Bahan Liat dan Bahan Rapuh**

Bahan-bahan logam biasanya diklasifikasikan sebagai bahan liat (*ductile*) atau bahan rapuh (*brittle*). Bahan liat mempunyai gaya regangan (*tensile strain*) relatif besar sampai dengan titik kerusakan, misalnya baja atau aluminium. Sedangkan bahan rapuh mempunyai gaya regangan yang relative kecil sampai dengan titik yang sama, misalnya besi cor dan beton. Batas regangan 0,05 sering dipakai untuk garis pemisah di antara bahan liat dan bahan rapuh.

#### **2.1.5. Hukum Hooke**

Hubungan tegangan-regangan untuk nilai regangan yang cukup kecil adalah linier. Hubungan linier antara pertambahan panjang dan gaya aksial yang menyebabkannya, hal ini dinyatakan oleh Robert Hooke, yang disebut *Hukum Hooke*.

### 2.1.6. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas yaitu rasio unit tegangan terhadap unit regangan, sering disebut *Modulus Young*, Nilai modulus elastisitas setiap bahan berbeda-beda. Unit regangan merupakan bilangan tanpa dimensi (rasio dua satuan panjang), maka modulus elastisitas mempunyai satuan yang sama dengan tegangan, yaitu N/m<sup>2</sup>. Untuk banyak bahan-bahan teknik, modulus elastisitas dalam tekanan mendekati sama dengan modulus elastisitas dalam tarikan.

### 2.1.7. Sifat-Sifat Mekanis Bahan

**Batas proporsional** (*proportional limit*), yaitu tegangan maksimum yang terjadi selama diberikan beban, sehingga tegangan merupakan fungsi linier dari regangan. **Batas elastis** (*elastic limit*), yaitu tegangan maksimum yang terjadi selama diberikan beban, sehingga tidak terjadi perubahan bentuk atau deformasi ketika pembebanan dipindahkan.

Untuk kebanyakan bahan nilai batas elastis dan batas proporsional hampir sama. Nilai batas elastis selalu sedikit lebih besar dari pada batas proporsi. **Selang elastis** (*elastic ranges*) yaitu rentang kurva tegangan-regangan yang terjadi dari origin sampai batas proporsi. **Selang plastis** (*plastic ranges*), yaitu rentang kurva tegangan-regangan yang ditarik dari batas proporsi sampai runtuh.

**Titik leleh**, yaitu titik dimana terjadi peningkatan atau penambahan regangan tanpa adanya penambahan tegangan. Setelah pembebanan mencapai titik leleh, maka selanjutnya dikatakan terjadi kelelahan. **Tegangan maksimum**, terjadi dimana titik maksimum pada kurva diketahui sebagai tegangan maksimum

atau tegangan puncak dari bahan. Sedangkan **Tegangan putus**, terjadi di titik dimana tegangan putus dari bahan.

**Modulus Kekenyalan, keuletan (*modulus of resilience*)**, yaitu kemampuan bahan menyerap energi pada selang elastisnya. Sedangkan batas kekenyalan, yaitu kerja yang dilakukan suatu unit volume bahan dengan gaya tarikan yang dinaikan secara bertahap dari nol sampai batas proporsi. Dan **Modulus Kekerasan (*modulus of toughness*)**, yaitu kerja yang dilakukan suatu unit bahan dari nol sampai keruntuhan. Kekerasan bahan adalah kemampuan untuk menyerap energi pada selang plastis dari bahan.

**Persentase pengurangan luas penampang**, yaitu penurunan luas penampang dari luasan awal pada bagian patah dibagi dengan luasan awalnya dikalikan dengan seratus. Sedangkan **persentase pertambahan panjang (*elongation*)**, yaitu pertambahan panjang setelah patah dibagi dengan panjang awal dan dikalikan dengan seratus.

**Kekuatan lelah (*yield strength*)**, sisa regangan, yaitu dimana bahan mengalami perubahan bentuk atau deformasi yang tetap ketika pembebanan dipindahkan. Perubahan bentuk biasanya diambil 0,0035. **Modulus tangen**, yaitu laju perubahan tegangan terhadap perubahan regangan, dan merupakan bentuk modulus sesaat. **Koefisien ekspansi linier**, yaitu perubahan panjang per unit panjang suatu batang lurus karena perubahan suhu sebesar satu derajat.

**Rasio poisson**, yaitu rasio regangan pada arah lateral (tegak lurus terhadap pembebanan) terhadap arah aksial. Kebanyakan logam mempunyai nilai rasio poisson ( $\mu$ ) antara 0,25 sampai 0,35. **Kekuatan spesifik**, yaitu rasio tegangan

maksimum terhadap berat spesifik (berat per unit volume). **Modulus spesifik**, yaitu perbandingan modulus young terhadap berat spesifik bahan.

**Tabel 2.1 Sifat-Sifat Bahan Teknik pada suhu 20oC**

Bahan	Berat spesifik KN/m <sup>3</sup>	Modulus Young Gpa	Tegangan maksimum kPa	Koefisien ekspansi 10e-6/°C	Rasio Poisson
I. Metal dalam bentuk papan, batang atau blok					
Aluminium	27	70-79	310-550	23	0.33
campuran	84	96-110	300-590	20	0.34
Kuningan	87	112-120	230-380	17	0.33
Tembaga	87	210	310-760	13	0.31
Nikel	77	195-210	550-1400	12	0.30
Baja	44	105-210	900-970	8-10	0.33
Titanium campuran					
II. Non-metal dalam bentuk papan, batang atau blok					
Beton	24	25	24-81	11	
Kaca	26	48-83	70	5-11	0.23
III. Bahan dengan filamen (diameter < 0.025 mm)					
Aluminium oksida	38	690-2410	13800-27600		
Barium carbide	25	450	6900		
Kaca		345	7000-20000		
Grafit	22	980	20000		

#### 2.1.8. Klasifikasi Bahan

**Homogen**, yaitu mempunyai sifat elastis ( $E$ ,  $\mu$ ) yang sama pada keseluruhan titik pada bahan. **Isotropis**, yaitu mempunyai sifat elastis yang sama pada semua arah pada setiap titik dalam bahan. Tidak semua bahan mempunyai sifat isotropis. Apabila suatu bahan tidak memiliki suatu sifat simetri elastik, maka bahan disebut *anisotropis*.

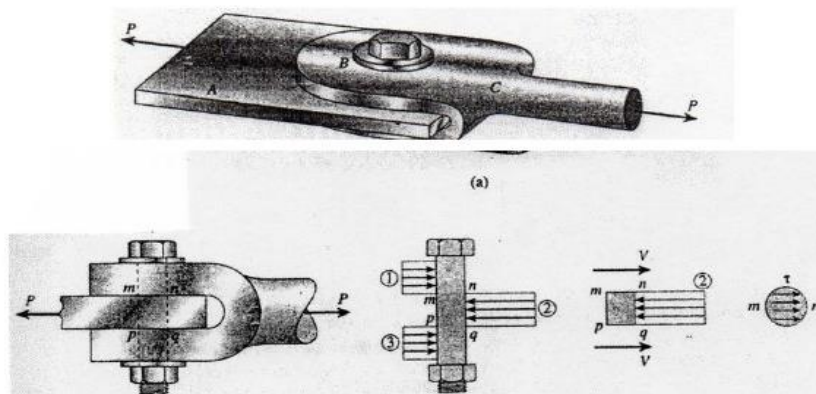
## 2.2 Tegangan dan Regangan Geser

### 2.2.1 Tegangan Geser

Tegangan geser bekerja di sepanjang atau sejajar bidang. Tegangan geser merupakan tegangan yang bekerja dalam arah tangensial terhadap permukaan bahan, dan dapat dilihat pada Gambar 2.9. Tegangan geser dinotasikan dengan  $\tau$  (tau), yaitu gaya gesek dibagi luasan, dengan satuan N/m<sup>2</sup> atau N/mm<sup>2</sup>, dan dinyatakan dengan persamaan  $\tau = \frac{F_s}{A}$



Gambar 2.9 Tegangan Geser Pada Bidang

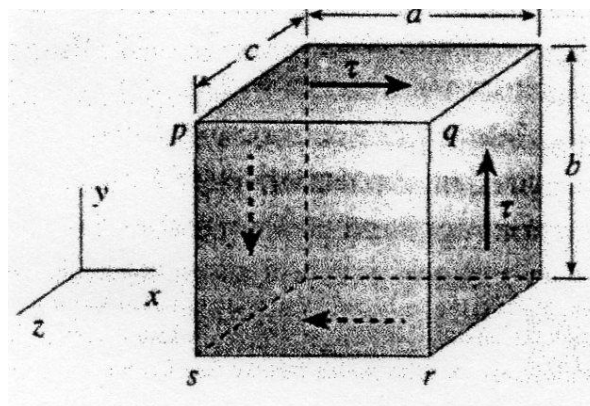


Gambar 2.10 Sambungan dengan Baut

Aksi tegangan geser, misalnya terjadi pada sambungan dengan baut dengan menggunakan plat pengapit, dimana akibat aksi beban yang bekerja pada batang dan plat pengapit akan cenderung menggeser baut, dan kecenderungan ini ditahan oleh tegangan geser pada baut, bentuk sambungan dengan baut dapat dilihat pada Gambar 2.10. Diagram benda menunjukkan bahwa ada kecenderungan

untuk menggeser baut, terlihat juga bahwa gaya geser  $V$  bekerja pada permukaan potongan dari baut. Pada gambar di atas ada dua bidang geser ( $mn$  dan  $pq$ ), sehingga baut dikatakan mengalami geser ganda (dua irisan). Dalam geser ganda, masing-masing gaya geser sama dengan setengah dari beban total yang disalurkan oleh baut, artinya  $F_s = V = P/2$ .

Gambaran lebih lengkap tentang aksi tegangan geser, dapat dilihat pada elemen dari suatu bahan berbentuk persegi panjang, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.11. Muka depan dan belakang dari elemen tidak bertegangan, asumsikan bahwa tegangan geser  $\tau$  terbagi rata di seluruh muka atas. Agar elemen berada dalam keseimbangan dalam arah  $x$ , maka gaya geser total di muka atas harus diimbangi oleh gaya geser yang sama besar tetapi berlawanan arah di muka bawah. Oleh karena luas muka atas dan bawah sama, maka tegangan geser di kedua muka tersebut sama.

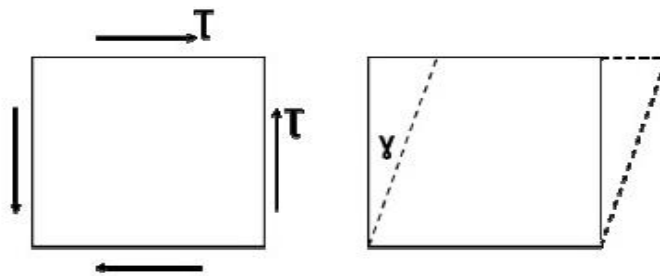


**Gambar 2.11 Elemen Persegi Panjang Mengalami Tegangan Geser**

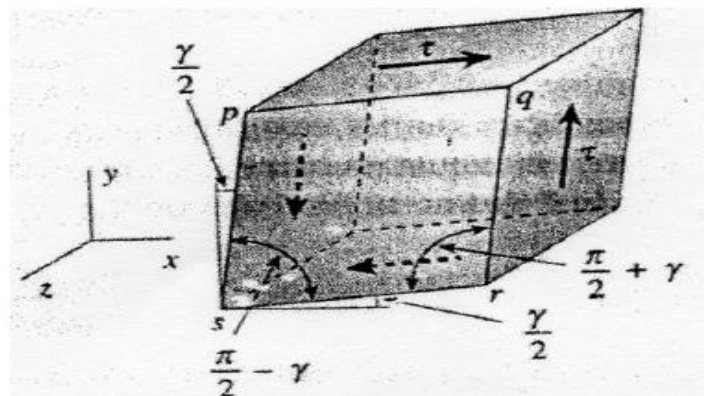
### 2.2.2 Regangan Geser

Tegangan geser yang bekerja pada suatu elemen bahan yang disertai *regangan geser*, dimana tegangan geser tidak mempunyai kecenderungan untuk memperpanjang atau memperpendek elemen, dengan kata lain panjang sisi tidak

berubah. Tegangan geser menyebabkan perubahan *bentuk* elemen, dimana elemen semula berbentuk persegi panjang, berubah bentuk atau terdeformasi menjadi miring, sehingga sudut antara muka samping berubah. Jadi perubahan sudut pada bagian pokok elemen empat persegi panjang awal disebut sebagai regangan geser, dan merupakan sudut yang dinyatakan dalam derajat atau radian dan dinotasikan dengan  $\gamma$ .



**Gambar 2.12 Perubahan Sudut Elemen Persegi Panjang**



**Gambar 2.13 Perubahan Bentuk Elemen Persegi Panjang**

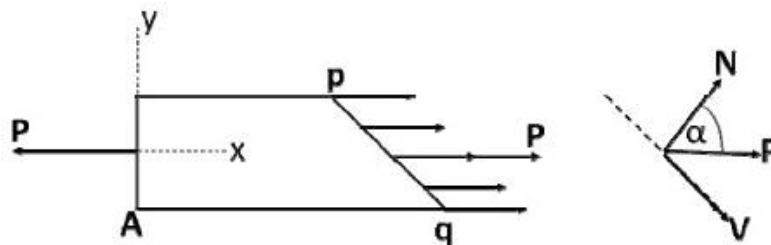
### 2.2.3 Modulus Elastisitas Geser

Rasio antara tegangan geser ( $\tau$ ) dengan regangan geser ( $\gamma$ ) disebut modulus elastisitas geser, dan biasanya dinotasikan dengan  $G$ , dinyatakan dengan persamaan  $G = \frac{\tau}{\gamma}$  Modulus elastisitas geser disebut juga modulus kekakuan

(*modulus of rigidity*). Satuan untuk modulus elastisitas geser sama dengan satuan tegangan geser, yaitu  $\text{N/m}^2$  atau  $\text{N/mm}^2$ .

### 2.3 Tegangan Pada Potongan Miring

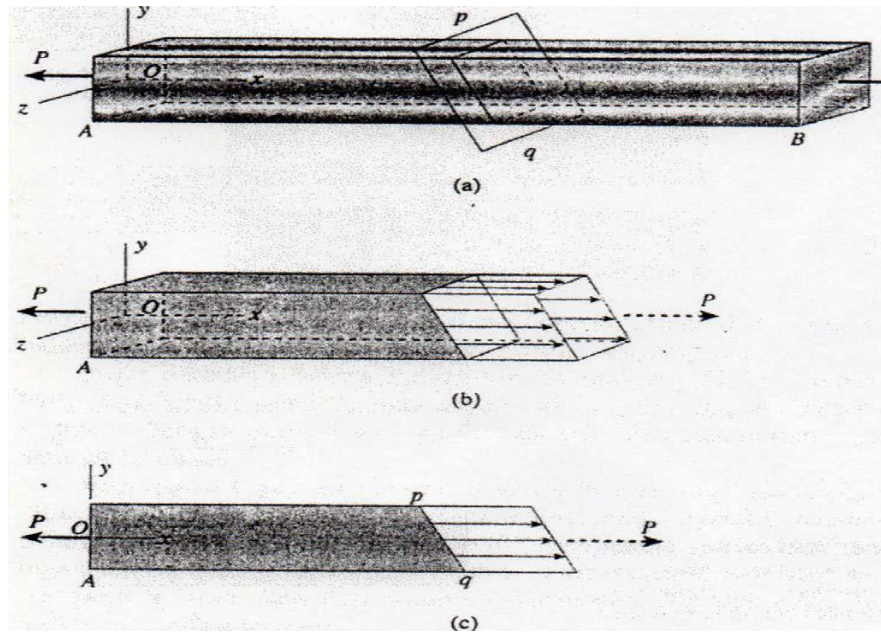
Suatu batang yang mengalami gaya aksial  $P$ , dan dipotong miring melintang di tengah, maka tegangan yang bekerja di seluruh potongan tersebut dapat berupa tegangan normal ( $N = P \cos \alpha$ ) dan tegangan geser ( $V = P \sin \alpha$ ), asalkan distribusi tegangan terbagi secara merata di seluruh luas potongan melintang.



**Gambar 2.14 Komponen Gaya Pada Potongan Miring**

Komponen gaya pada potongan miring, diuraikan atas dua komponen, yaitu gaya normal  $N$  yang berarah tegak lurus bidang miring, dan gaya geser  $V$  yang berarah tangensial pada bidang miring. Jadi komponen gaya tersebut adalah :  
 $N = P \cos \alpha$  dan  $V = P \sin \alpha$ .





**Gambar 1.15 Diagram Tegangan Pada Potongan Miring**

Berkaitan dengan gaya  $N$  dan  $V$ , terjadi tegangan normal dan tegangan geser yang mempunyai distribusi terbagi rata di seluruh potongan melintang. Tegangan normal sama dengan gaya normal  $N$  dibagi luas potongan  $A_1$ , dan tegangan geser sama dengan gaya geser  $V$  dibagi dengan luas potongan  $A_1$ . Jadi kedua tegangan tersebut adalah  $\sigma = \frac{N}{A_1}$  dan  $\tau = \frac{V}{A_1}$  dimana  $A_1$  adalah luas potongan miring  $A_1 = \frac{A}{\cos \alpha}$

## **2.4 Tegangan Batas, Tegangan Luluh, Tegangan Izin dan Beban Izin**

### **2.4.1 Tegangan Batas ( $\sigma_u$ )**

Setiap bahan mempunyai batas kekuatan masing-masing. Jika gaya yang bekerja sudah melebihi batas kekuatan bahan, maka benda akan putus. Perencanaan dengan metode tegangan batas, cocok untuk bahan yang getas, seperti beton.

#### 2.4.2 Tegangan Luluh ( $\sigma_y$ )

Untuk sebagian besar struktur, bahannya harus berada dalam daerah plastis linier untuk mencegah terjadinya deformasi permanen apabila beban dihilangkan. Luluh mulai terjadi apabila tegangan luluh tercapai di semua titik sembarang di dalam struktur.

#### 2.4.3 Tegangan Izin

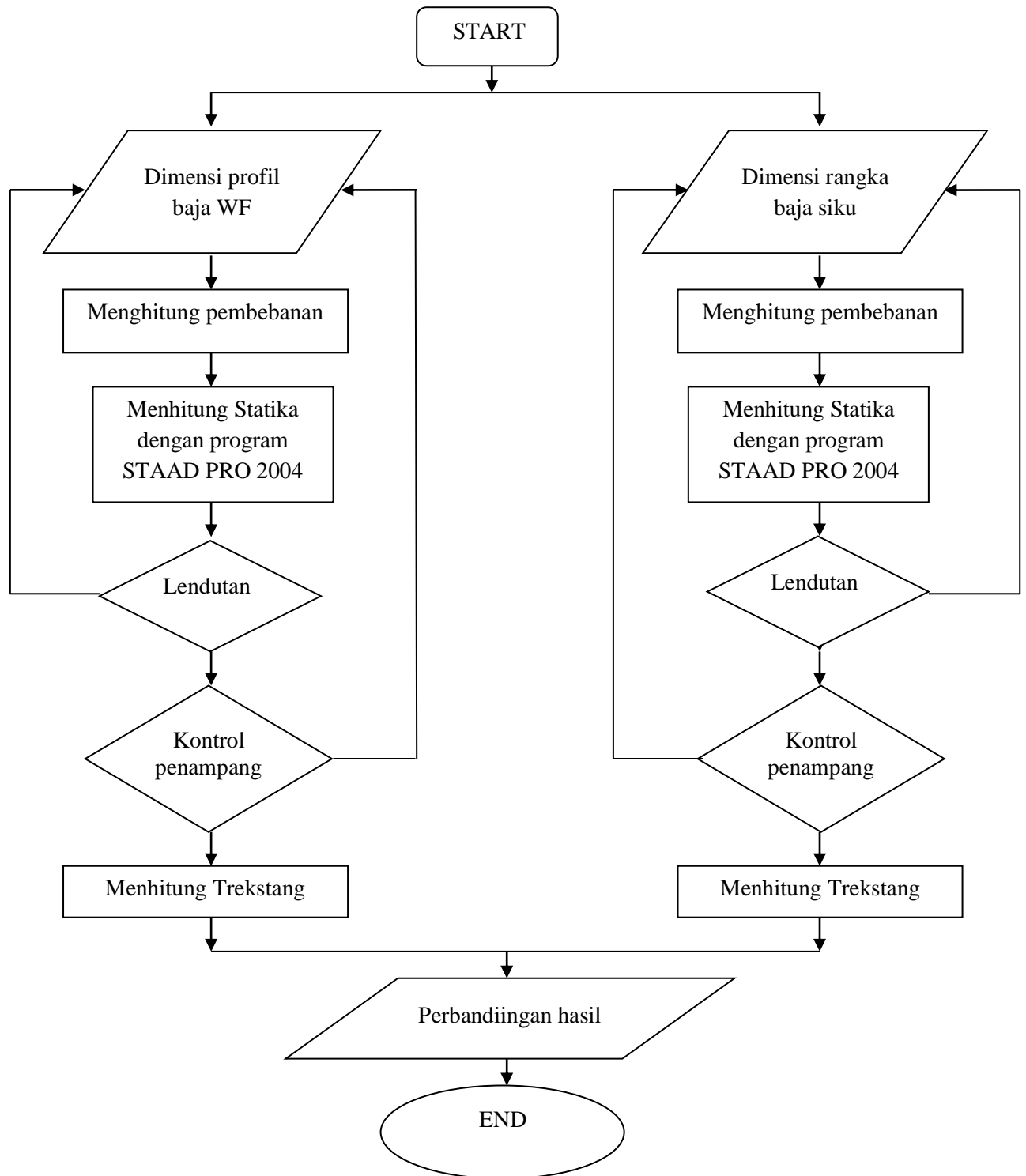
Tegangan izin merupakan batas yang aman dalam perencanaan konstruksi. Penerapan faktor keamanan pada tegangan luluh (atau kekuatan luluh), didapatkan tegangan izin (atau tegangan kerja) yang tidak boleh dilampaui dimanapun di dalam struktur.

$\sigma_y$  dan  $\tau_y$  adalah tegangan luluh dan  $n$  adalah faktor keamanan, untuk disain gedung, faktor keamanan untuk luluh tarik adalah 1,67.

Untuk bahan yang tegangan luluhnya tidak didefinisikan dengan jelas, seperti kayu dan baja berkekuatan tinggi, maka faktor keamanan diterapkan pada tegangan ultimit.

$\sigma_u$  dan  $\tau_u$  adalah tegangan ultimit dan  $n$  adalah faktor keamanan. Faktor keamanan terhadap kekuatan ultimit dari suatu bahan biasanya lebih besar daripada yang didasarkan atas kekuatan luluh. Untuk baja lunak, factor keamanan sebesar 1,67 terhadap luluh sebanding dengan faktor keamanan sebesar kira-kira 2,8 terhadap kekuatan ultimit.

## 2.5 Bagan Alir



### BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1. Data – Data Perencanaan

Data Perencanaan Struktur atas Gudang Gresik :

- Nama gedung : Gudang
- Lokasi Gedung : Desa Metank Kecamatan Benjeng Kabupaten Gresik Jawa Timur
- Fungsi Bangunan : Penyimpanan Barang
- Panjang Gedung : 30 Meter
- Lebar Gedung : 40 Meter
- Struktur Atap : Baja WF dan Baja Siku
- Kemiringan Atap ( $\theta$ ) :  $20^\circ$
- Jenis Baja : BJ 36

( $f_y = 250 \text{ MPa}$ )

( $f_u = 410 \text{ MPa}$ )

- Tipe baut : A325  

( $f_{ub} = 620 \text{ MPa}$ )
- Jenis Las : Elektroda 70  

( $f_{uw} = 485 \text{ MPa}$ )
- Penutup atap : Zincalume, Spandek 935

### 3.2 Pembebanan

- Beban

1. Beban Mati (D)
2. Beban Hidup (L)
3. Beban Hidup Atap (Lr)
4. Beban Angin (W)
5. Baban Air Hujan (R)

- Kombinasi Pembebanan

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

### 3.3 Perhitungan Statik

Perhitungan Statika Menggunakan Program Bantu STAAD Pro 2007, untuk Perhitungan Statika Rangka Baja WF dan Rangka Baja Siku.

### **3.4 Kontrol Dimensi**

Penampang gording

Penampang kuda - kuda

Lendutan

### **3.5 Kebutuhan dan Kontrol Sambungan**

- Sambungan Baut
  1. Kontrol Geser
  2. Kontrol Tarik
  3. Kontrol Tumpu
  4. Kontrol Terhadap Momen
- Sambungan Las

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil analisa perhitungan struktur atap baja WF ( Wide Flange ) dan baja Siku pada pembangunan Gudang di Desa Metank Kecamatan Benjeng Kabupaten Gersik Jawa Timur dapat di tarik hasil dari perhitungan, yaitu :

1. Perancangan atap diatas menggunakan kuda-kuda baja WF ( Wide Flange ) 450x200x9x14 dan Kuda-kuda baja siku 100x100x7x10.
2. Atap baja WF ( Wide Flange ) dan baja siku menggunakan bout yang berkualitas A-325 dengan Ø 2.54 cm.
3. Atap kuda-kuda baja WF ( Wide Flange ) 450x200x9x14 memiliki sambungan lebih sedikit dari pada pada atap baja siku 100x100x7x10
4. Dari hasil hitungan diatas jumlah harga biaya pembuatan atap WF ( Wide Flange ) sebesar Rp 248.621.638 sedangkan baja siku sebesar Rp 239.000.650 dari hasil perhitungan harga pembuatan kuda-kuda kedua baja harga baja WF lebih mahal Rp 9.620.988 dari baja siku karna perbedaan volume.

#### **5.2 SARAN**

Sofwer analisis dan perancangan struktur STAAD PRO 2007 version 8 sangat membantu dalam menganalisa dan merancang untuk menghasilkan data-data yang diperlukan untuk melakukan perancangan struktur dikarenakan jumlah batang-batang baja WF dan siku yang dihitung sangat banyak

## DAFTAR PUSTAKA

Agus Setiawan, 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD)*, Jakarta: Erlangga

Blodgett, Omer W., 1972. *Design of Welded Structure*, Ohio: The James F. Lincoln Arc Welding Foundation.

Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983 “*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*” Bandung,”

Salmon, C.G., & Johnson, J.E., 1995 “*Struktur Baja 2, Desain dan Prilaku*”,

Edisi kedua, PT. Gramedia Pusat Utama, Jakarta,

Setiawan Agus, 2013 “*Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD*”, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta,

SNI 03 - 1729 – 2002, *tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*.