

**SKRIPSI**

**ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS  
JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE WARREN MODELING  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD  
PADA JEMBATAN DI KABUPATEN NUNUKAN**



**Disusun Oleh :**

**Yoakim Arifin Jemedan**

**(12.21.067)**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**

SECRET

THE UNITED STATES DEPARTMENT OF THE ARMY  
OFFICE OF THE ADJUTANT GENERAL  
WASHINGTON, D. C. 20315  
ADJG 10-10-68

SECRET

ADJG 10-10-68

(S)

SECRET

ADJG 10-10-68

ADJG 10-10-68

SECRET

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN  
RANGKA BAJA TIPE WARREN MODELING DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE LRFD PADA JEMBATAN DI KABUPATEN NUNUKAN**

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil  
Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :**


**Yoakim Arifin Jemedan**

**12.21.067**

**Disetujui Oleh :**

**Dosen Pembimbing 1**

**Dosen Pembimbing 2**



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



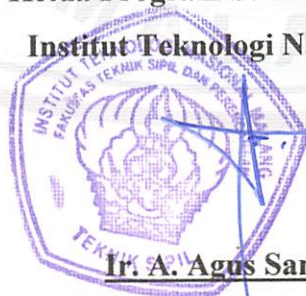
**Mohammad Erfan, ST., MT**

Malang, 8 September 2016

**Mengetahui,**

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

**Institut Teknologi Nasional Malang**



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

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN  
RANGKA BAJA TIPE WARREN MODELING DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE LRFD PADA JEMBATAN DI KABUPATEN NUNUKAN**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)*

*Pada hari : Rabu*

*Tanggal : 10 Agustus 2016*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1*

**Disusun Oleh :**

**Yoakim Arifin Jemedan**

**12.21.067**

**Disahkan Oleh :**

**Ketua**



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

**Sekretaris**



**(Ir. Munasih, MT)**

**Anggota Penguji :**

**Dosen Penguji I**



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

**Dosen Penguji II**



**(Ir. Bambang Wedyantadji, MT)**

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

**2016**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Yoakim Arifin Jemedan

Nim : 12.21.067

Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Nasional Malang

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

**“ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE WARREN MODELING DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD PADA JEMBATAN DI KABUPATEN NUNUKAN.”**

Adalah Skripsi hasil karya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari karya orang lain, kecuali yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 5 September 2016

Yang membuat pernyataan :



Yoakim Arifin Jemedan

NIM : 12.21.067

## ABSTRAKSI

**“ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE WARREN MODELING DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD PADA JEMBATAN DI KABUPATEN NUNUKAN”** Oleh : Yoakim Arifin Jemedan (NIM : 12.21.067), Dosen Pembimbing I : Ir. H. Sudirman Indra, M.sc. Dosen Pembimbing II : Mohamad Erfan, ST; MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

---

Secara umum pengertian jemban adalah merupakan suatu konstruksi yang berfungsi untuk mempermudah dan memperpendek jarak lintasan ataupun menyeberangi rintangan tanpa menutup rintangan itu sendiri. Lintasan yang dimaksud di sini adalah berupa sungai, rawa dan rintangan jenis lainnya.

Konstruksi Jembatan Rangka Baja tipe Warren Modeling adalah merupakan salah satu jenis dari beberapa buah jenis Konstruksi Jembatan Baja yang sangat banyak dibangun untuk kepentingan lalu lintas jalan raya. Seperti halnya Jembatan jenis lain, jembatan Warren Modeling berfungsi untuk kebutuhan arus lalu lintas pada suatu daerah atau wilayah. Secara umum Jembatan Rangka Baja lebih menguntungkan apabila dibandingkan dengan jembatan lainnya, penyebabnya adalah karena batang-batang utama Rangka Baja memikul gaya aksial tekan atau gaya aksial tarik, konstruksi jembatan jauh lebih ringan, bentang jembatan jauh lebih panjang, pelaksanaan di lapangan jauh lebih mudah. Dengan tinggi rangka sedemikian rupa, kekakuan potongan melintang jembatan rangka lebih besar. Bagian-bagian utama rangka batang dibuat dari komponen-komponen yang tidak terlalu besar maka pengangkutannya ke lokasi jembatan menjadi lebih mudah.

Struktur bangunan atas Jembatan Rangka Baja terdiri atas beberapa bagian batang utama pembentuk rangka yaitu batang gelagar induk, batang-batang melintang, batang-batang memanjang, batang-batang ikatan angin atas, batang-batang ikatan angin bawah, ikatan-ikatan pengaku dan sistem lantai kendaraan yang membentuk suatu konstruksi yang kaku sehingga membentuk jalur lalu lintas yang aman dan nyaman.

Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah untuk merencanakan Jembatan Rangka Baja Tipe Warren Modeling dengan menggunakan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) dan disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia (RSNI T - 02 – 2005 dan RSNI T - 03 – 2005). Jenis profil baja yang dipakai dalam perencanaan jembatan ini adalah profil baja WF untuk gelagar induk, gelagar melintang dan gelagar memanjang dan prfil LD untuk perencanaan ikatan angin.

**Kata Kunci :** Jembatan, Struktur Bangunan Atas, Jembatan Rangka Baja Tipe Warren Modeling dan LRFD (*Load and Resistance Factor Design*).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat – Nya penulis bisa menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan tepat waktu.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) untuk program studi S-1 Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasioal Malang. Adapun judul dari skripsi ini adalah **“Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Warren Modelig dengan Menggunakan Metode LRFD pada Jembatan di Kabupaten Nunukan”**

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Sudirman Indra selaku Dekan FTSP ITN Malang dan juga sebagai dosen pembimbing satu;
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku ketua program studi Teknik Sipil;
3. Bapak Mohamad Erfan, ST.,MT selaku dosen pembimbing dua;  
Dan tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua yang selalu mendukung penulis dalam menyusun skripsi ini serta semua teman seperjuangan dan teman lainnya yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyusun dan menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu penyusun mengharapkan koreksi dan saran demi perbaikan sehingga bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 23 juni 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAKSI .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	4
1.3. Rumusan Masalah.....	5
1.4. Maksud dan Tujuan .....	6
1.5. Ruang Lingkup Pembahasan .....	7
1.6. Manfaat Penulisan.....	8
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Pengertian Jembatan Secara Umum.....	9
2.1.1 Jenis Jembatan.. .....	9
2.1.2 Tipe-tipe Jembatan Rangka .. .....	11
2.1.3 Bagian-bagian Jembatan Rangka (Warren Modeling) .. .....	14



<b>2.2</b>	<b>Pembebanan Pada Jembatan .....</b>	<b>15</b>
2.2.1	Beban Primer.. .....	15
1.	Beban Tetap (Mati) .....	15
a.	Beban Berat Sendiri .....	15
b.	Beban Mati Tambahan .....	16
2.	Beban Hidup (Beban Lalulintas) .....	20
a.	Beban Lajur “D” .....	20
b.	Beban truck “T” .....	21
c.	Faktor Beban Dinamis.....	22
d.	Beban Trotoir.....	23
2.2.2	Beban Sekunder.. .....	24
a.	Gaya Rem.....	24
b.	Gaya Angin .....	25
c.	Kombinasi Beban.....	26
<b>2.3.</b>	<b>Metode Perhitungan Struktur Atas Jembatan Rangka .....</b>	<b>28</b>
2.3.1.	Perhitungan Plat Lantai Kendaraan .....	28
2.3.2.	Konstruksi Gelagar Memanjang .....	29
2.3.3.	Konstruksi Gelagar Melintang .....	36
2.3.4.	Gelagar Induk .....	37
2.3.5.	Ikatan Angin .....	38
2.3.5.	Konstruksi Perletakan atau landasan .....	38
<b>2.4.</b>	<b>Teori Desain Struktur Baja.....</b>	<b>43</b>
<b>2.5.</b>	<b>Dasar Perencanaan Baja Menggunakan Metode LRFD .....</b>	<b>45</b>

a. Batang Tarik .....	46
b. Batang Tekan .....	48
c. Batang Lentur.....	51
2.6 Perencanaan Sambungan Baut .....	52
2.6.1. Kekuatan Geser Desain Baut.....	54
2.6.2. Kekuatan Tarik Desain Baut.....	54
2.6.3. Kekuatan Tumpu Desain Baut.....	55
2.6.4. Perhitungan Jumlah Baut.....	56
2.6.5. Jarak Minimum dan Maksimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya .	57
2.6.6. Menentukan Tebal Pelat Simpul .....	58
 <b>BAB III METODOLOGI PERENCANAAN</b>	
3.1 Data Perencanaan .....	60
3.1.1. Data Struktur.....	60
3.1.2. Data Pembebanan.....	61
3.2. Gambar Rencana Jembatan .....	62
3.3. Diagram Alir Perencanaan .....	63
 <b>BAB IV ANALISA DATA DAN PERENCANAAN JEMBATAN</b>	
4.1. Perhitungan Pembebanan .....	65
4.1.1. Perhitungan Pembebanan Lantai Kendaraan dan Trotoar.....	65
4.1.2. Perhitungan Statika .....	67
4.2. Penulangan Plat Lantai .....	69
4.2.1. Penulangan Plat Lantai Kendaraan .....	69
4.1.4. Penulangan Trotoir.....	77

4.3.	Perataan Beban .....	82
4.4.	Perencanaan Gelagar Memanjang .....	85
4.4.1.	Perhitungan Pembebanan .....	85
4.4.2.	Perhitungan Statika .....	88
4.4.3.	Perencanaan Dimensi Glagar Memanjang .....	90
4.5.	Perhitungan Gelagar Melintang.....	99
4.5.1.	Pembebanan.....	99
4.5.2.	Perhitungan Statika .....	103
4.5.3.	Perencanaan Dimensi Gelagar Melintang .....	108
4.6.	Perencanaan Sambungan Gelagar Memanjang Dan Melintang .....	119
4.7.	Perencanaan Gelagar Induk.....	125
4.7.1.	Perhitungan Pembebanan .....	125
4.7.2.	Perhitungan Statika .....	138
4.7.3.	Perencanaan Dimensi Batang Tarik .....	140
4.7.4.	Perencanaan Dimensi Batang Tekan .....	160
4.8.	Perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Melintang .....	169
4.9.	Perencanaan Sambungan pada Gelagar Induk .....	175
4.10.	Perencanaan Sambungan pada Ikatan Angin .....	220
4.11.	Perencanaan Perletakan .....	233
4.11.1.	Perletakan Sendi .....	233
4.11.2.	Perletakan Rol .....	238
4.12.	Perhitungan Kebutuhan Bahan .....	240
4.12.1.	Kebutuhan Profil Baja .....	240

4.12.2. Kebutuhan Baut .....	242
4.12.3. Kebutuhan Beton .....	247

## **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan .....	249
5.2. Saran .....	254

## **Daftar Pustaka**

### **Lampiran 1**

Hasil analisa menggunakan program bantu STAAD Pro

### **Lampiran 2**

- Gambar detail hasil perencanaan
- Lembar revisi
- Lembar asistensi
- Lembar moto dan persembahan

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor Beban Untuk Berat Sendiri.....	16
Tabel 2.2	Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan.....	16
Tabel 2.3	Faktor Beban Lajur “D” .....	21
Tabel 2.4	Faktor Beban Truck “T” .....	22
Tabel 2.5	Faktor Beban Untuk Beban Trotoir / Untuk Pejalan Kaki .....	23
Tabel 2.6	Faktor Beban Untuk Gaya Rem .....	24
Tabel 2.7	Faktor Beban Untuk Beban Angin.....	25
Tabel 2.8	Koefisien Seret (Cw) .....	26
Tabel 2.9	Kecepatana Ngin Rencana (Vw) .....	26
Tabel 2.10	Kombinasi Beban.....	27
Tabel 2.11	Tabel Muller Breslaw .....	40
Tabel 2.12	Sifat Mekanis Baja Struktural .....	43
Tabel 2.13	Faktor Reduksi Kekuatan Untuk Keadaan Batas Ultimit .....	43
Tabel 2.14	Gaya Tarik Minimum Baut .....	53
Tabel 4.1.	Momen Maksimum Tumpuhan, Lapangan dan Trotoar .....	68
Tabel 4.2.	Perhitungan Letak Garis Netral Penampang Komposit .....	93
Tabel 4.3.	Perhitungan Letak Garis Netral Penampang Komposit .....	93
Tabel 4.4.	Perhitungan Letak Garis Netral Penampang Komposit .....	111
Tabel 4.5.	Perhitungan Letak Garis Netral Penampang Komposit .....	111
Tabel 4.6.	Luas Bidang yang Terkena Angin.....	135
Tabel 4.7.	Perhitungan Niali $Tew_2$ .....	136

<b>Tabel 4.8. Muller Breslaw .....</b>	<b>234</b>
<b>Tabel 4.9. Perhitungan Kebutuhan Profil Baja .....</b>	<b>240</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Potongan Memanjang Jembatan Nunukan.....	5
Gambar 2.1	Jembatan Rangka Sederhana.....	11
Gambar 2.2	Jembatan Rangka Tipe Parker.....	11
Gambar 2.3	Jembatan Rangka Tipe K (K Truss) .....	12
Gambar 2.4	Jembatan Rangka Menerus .....	12
Gambar 2.5	Jembatan Lengkung.....	13
Gambar 2.6	Jembatan Gantung .....	13
Gambar 2.7	Jembatan Rangka Tipe Warren Modeling .....	14
Gambar 2.8	Beban Lajur “D”.....	21
Gambar 2.9	Pembebanan Truck “T” .....	22
Gambar 2.10	Faktor Beban Dinamis .....	23
Gambar 2.11	Grafik Gaya Rem.....	25
Gambar 2.12	Tulangan Rangkap Pada Plat Lantai Kendaraan.....	28
Gambar 2.13	Distribusi Kekuatan Tegangan Plastis Pada Kekuatan Momen Nominal ( $M_n$ ) .....	32
Gambar 2.14	Konstruksi Peletakan Sendi .....	38
Gambar 2.15	Konstruksi Perletakan Roll .....	41
Gambar 2.16	Kurva Hubungan Tegangan Dan Regangan .....	44
Gambar 2.17	Penampang Lintang Batang- Batang Tarik.....	48
Gambar 2.18	Faktor Panjang Efektif.....	50
Gambar 2.19	Penampang Batang Lentur .....	51

Gambar 3.1. Potongan Memanjang Jembatan.....	62
Gambar 3.2. Potongan Melintang Jembatan .....	62
Gambar 4.1. Kondisi Pembebanan 1 Pada Lantai Kendaraan .....	67
Gambar 4.2. Kondisi Pembebanan 2 Pada Lantai Kendaraan .....	67
Gambar 4.3. Kondisi Pembebanan 3 Pada Lantai Kendaraan .....	67
Gambar 4.4. Kondisi Pembebanan 4 Pada Lantai Kendaraan .....	68
Gambar 4.5. Penulangan Plat Lantai Kendaraan Dan Trotoar .....	81
Gambar 4.6. Perataan Beban Untuk Plat Lantai Kendaraan Dan Trotoar .....	82
Gambar 4.7. Faktor Beban Dinamis .....	86
Gambar 4.8. Distribusi Kekuatan Tegangan Plastis Pada Kekuatan Momen	
Nominal ( $M_n$ ) .....	92
Gambar 4.9. Pemasangan Shear Conector Gelagar Memanjang .....	98
Gambar 4.10. Faktor Beban Dinamis .....	101
Gambar 4.11. Distribusi Kekuatan Tegangan Plastis Pada Kekuatan Momen	
Nominal ( $M_n$ ) .....	110
Gambar 4.12. Pemasangan Shear Conector Gelagar Melintang .....	118
Gambar 4.13. Sambungan Antara Gelagar Memanjang Dan Melintang .....	119
Gambar 4.14. Faktor Beban Dinamis .....	128
Gambar 4.15. Grafik Gaya Rem Per Lajur .....	129
Gambar 4.16. Sketsa Pembebanan Akibat Gaya Angin .....	131
Gambar 4.17. Luas Badan yang Terkena Angin .....	132
Gambar 4.18. Sambungan Antara Gelagar Induk dan Melintang .....	169
Gambar 4.19. Kontrol Plat Simpul Join 1 .....	182



Gambar 4.20. Kontrol Plat Simpul Join 3 .....	190
Gambar 4.21. Kontrol Plat Simpul Join 5 .....	198
Gambar 4.22. Kontrol Plat Simpul Join 11 .....	205
Gambar 4.23. Kontrol Plat Simpul Join 23 .....	213
Gambar 4.24. Kontrol Plat Simpul Join 31 .....	219
Gambar 4.25. Sambungan Batang Ikatan Angin Atas .....	225
Gambar 4.26. Sambungan Batang Ikatan Angin Atas .....	229
Gambar 4.27. Sambungan Batang Ikatan Angin Bawah .....	232
Gambar 4.28. Perletakan Sendi .....	237
Gambar 4.29. Perletakan Rol .....	239

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Jembatan merupakan suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan – rintangan, seperti lembah yang dalam, alur sungai, saluran irigasi, rawa, rel kereta api dan rintangan lainnya. Jembatan yang merupakan bagian dari jalan, sangat diperlukan dalam sistem jaringan transportasi darat yang akan menunjang pembangunan pada daerah tersebut, seperti pembangunan pada bidang ekonomi, pendidikan, sosial dan budaya serta sarana pendukung pertahanan suatu negara.

Kabupaten Nunukan merupakan salah satu daerah di Propinsi Kalimantan Utara yang berbatasan langsung dengan Negara Malaysia. Sarana dan prasarana transportasi yang terpadu merupakan bagian dari faktor yang sangat penting untuk meningkatkan kemajuan pertumbuhan perekonomian khususnya untuk daerah Kabupaten Nunukan yang merupakan daerah perbatasan. Selain untuk

meningkatkan perekonomian, sarana transportasi yang terpadu akan memberikan dampak terhadap pertahanan Negara Indonesia.

Dengan mempertimbangkan hal tersebut, pembangunan jembatan merupakan salah satu langkah yang dilakukan oleh pemerintah propinsi Kalimantan Utara agar dapat mendukung sarana dan prasarana transportasi yang ada di Kabupaten Nunukan. Jembatan ini berfungsi untuk menghubungkan jalur lalu lintas yang ada dalam wilayah Kecamatan Sembakung. Jembatan ini menghubungkan jalur lalulintas yang dipisahkan oleh sungai dan memiliki panjang bentang 220 meter.

Dalam merencanakan jembatan ini, penulis memilih melakukan perencanaan dengan menggunakan jembatan rangka baja Warren Modeling dengan mengambil bentangan 50 meter dan lebar jembatan 7,5 meter. Dipilihnya jembatan rangka baja, karena jembatan rangka baja ini memiliki kelebihan dan keunggulan yang tidak dimiliki oleh jembatan yang menggunakan material selain baja seperti jembatan yang menggunakan material beton maupun jembatan kayu. Jembatan rangka baja sangat dimungkinkan untuk dibangun diatas sungai yang lebar dan dalam, karena selain pengerjaannya mudah

dilakukan di lapangan, berat sendiri dari rangka baja juga relatif kecil. Sedangkan metode yang digunakan dalam merencanakan jembatan ini adalah metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*), dengan pertimbangan bahwa metode ini memiliki kelebihan – kelebihan dibandingkan dengan metode yang dikembangkan sebelumnya. Salah satu keuntungan metode LRFD adalah rasional LRFD selalu menarik perhatian, dan menjadi suatu perangsang yang menjanjikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dan lebih baik untuk beberapa kombinasi beban dan konfigurasi struktural. LRFD juga cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila di bandingkan dengan metode lain seperti ASD dalam mengkombinasikan beban-beban hidup dan mati dan memperlakukan mereka dengan cara yang sama (Sumber : Charles G. Salmon dan John E. Johnson. “Struktur Baja Desain dan Perilaku. Halaman 38)

Berdasarkan hasil peninjauan diatas, maka Penulis skripsi ini memilih untuk menggunakan judul “***Alternatif Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Warren Modeling dengan Menggunakan Metode LRFD pada Jembatan di Kabupaten Nunukan***”.

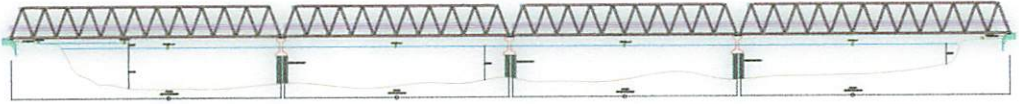
## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan data yang diperoleh, perencanaan awal dari jembatan di kabupaten Nunukan ini adalah jembatan dengan tipe rangka biasa dengan total panjang 220 meter yang dibagi dalam empat bentang dimana masing – masing terdiri dari 2 x 60 dan 2 x 50. Dengan data tersebut penulis mencoba merencanakan satu bentang dengan panjang 50 meter dan merencanakannya menggunakan tipe warren modeling dengan pertimbangan dapat memperoleh efisiensi dari hasil perencanaan.

Berikut adalah data fisik dari jembatan Nunukan berdasarkan data – data yang diperoleh :

Jembatan Nunukan terdiri dari empat bentang dengan ukuran :

- ✓ Bentang 1 : 60 m
- ✓ Bentang 2 : 50 m
- ✓ Bentang 3 : 50 m
- ✓ Bentang 4 : 60 m



Gambar 1.1. Potongan memanjang jembatan Nunukan

### 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka terdapat permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi yaitu :

1. Berapa dimensi tulangan yang dibutuhkan untuk plat lantai kendaraan dan trotoir ?
2. Berapa dimensi profil baja (WF) yang diperlukan untuk gelagar memanjang, melintang dan gelagar induk ?
3. Berapa dimensi profil ikatan angin yang diperlukaunru jembatan?
4. Berapa dimensi dan jumlah baut untuk perencanaan sambungan?
5. Berapa dimensi perletakan (sendi dan rol) yang diperlukan?
6. Berapa jumlah kebutuhan bahan dari jembatan tersebut?

#### **1.4. Maksud dan Tujuan**

Adapun maksud dari penulisan skripsi ini adalah merencanakan suatu tipe konstruksi jembatan berdasarkan data-data yang didapat dari hasil survei (lebar jembatan, panjang jembatan, kontur tanah dan tinggi muka air sungai minimum dan maksimum) dengan menggunakan jembatan tipe Warren Modeling.

Tujuan direncanakan jembatan rangka baja tipe Warren Modeling adalah :

1. Merencanakan dimensi tulangan plat lantai kendaraan dan trotoar;
2. Merencanakan dimensi profil baja (WF) yang diperlukan untuk gelagar memanjang, melintang dan gelagar induk;
3. Merencanakan dimensi profil ikatan angin jembatan;
4. Merencanakan dimensi dan jumlah baut untuk perencanaan sambungan;
5. Merencanakan dimensi perletakan sendi dan rol;
6. Merencanakan jumlah kebutuhan bahan (kebutuhan tulangan, kebutuhan profil baja WF dan LD, kebutuhan baut untuk sambungan).

## **1.5. Ruang Lingkup Pembahasan**

Mengingat luasnya pembahasan dalam perencanaan konstruksi jembatan, maka perlu adanya lingkup pembahasan tanpa mengurangi kejelasan dari penulisan skripsi ini. Pada dasarnya jembatan terdiri dari dua bagian utama, yaitu bangunan atas (*Upper Structure*) dan bangunan bawah (*Sub Structure*), maka Penulis membatasi pembahasan pada struktur bangunan atas (*Uper Structure*), yang meliputi :

1. Perencanaan plat lantai kendaraan dan trotoar;
2. Perencanaan gelagar memanjang, melintang dan gelagar induk;
3. Perencanaan profil ikatan angin;
4. Perencanaan dimensi baut untuk sambungan;
5. Perencanaan perletakan;
6. Perencanaan jumlah kebutuhan bahan.

Metode yang digunakan dalam perencanaan jembatan rangka ini adalah dengan menggunakan Metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) dan berpedoman pada peraturan – peraturan yang ada di Indonesia, yaitu:



1. RSNI-T-03-2005,tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan;
2. SNI-T-02-2005, tentang Standar Pembebanan jembatan:
3. Program bantu STAAD Pro, untuk perhitungan statika pada jembatan

#### **1.6. Manfaat penulisan**

Dalam penulisan skripsi, mahasiswa diharapkan mampu dan kreatif dalam merancang konstruksi jembatan khususnya konstruksi struktur atas jembatan rangka baja.

Adapun manfaat yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Untuk dijadikan tugas akhir yang menjadi syarat kelulusan mahasiswa S-1 Teknik Sipil ITN Malang.
2. Sebagai proses pembelajaran bagi mahasiswa dan suatu aplikasi dari keseluruhan ilmu yang telah dipelajari selama proses kuliah.
3. Untuk mengasah kemampuan mahasiswa dalam merancang suatu konstruksi jembatan.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Pengertian Jembatan Secara Umum**

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi sebagai lintasan untuk mempermudah dan memperpendek jarak menyeberangi suatu rintangan tanpa menutup rintangan itu sendiri. Lintasan yang dimaksud disini adalah berupa sungai, jurang, rawa, jalan raya, jalan rel, jalan pejalan kaki dan lain – lain. Jembatan sendiri dibedakan menjadi dua macam jenis bangunan yaitu bangunan bawah (*lower structure*) dan bangunan atas (*super structure*).

#### **2.1.2. Jenis Jembatan**

Secara umum ada beberapa jenis jembatan, antara lain :

##### **1. Jembatan Kayu**

Pada umumnya jembatan kayu adalah jembatan yang sederhana dan dapat dikerjakan tanpa peralatan canggih. Bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja, beton atau lainnya, bahan kayu merupakan bahan yang potensial dan telah cukup lama dikenal manusia. Sejak jaman dahulu jembatan kayu sering digunakan untuk menghubungkan sungai atau rintangan lainnya. Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi jembatan kayu sudah tidak sering dimanfaatkan dan

pada saat ini jembatan yang sering digunakan oleh manusia adalah jembatan yang terbuat dari material baja atau beton.

## **2. Jembatan Beton**

Beton merupakan salah satu maerial yang sering dipakai untuk membangun suatu konstruksi baik jembatan ataupun konstruksi lainnya. Beton telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi. Dengan kemajuan dan perkembangna teknologi, beton diolah sedemikian rupa sehingga diperoleh bentuk penampang beton yang beragam sesuai dengan kebutuhan perencanaan. Pada jaman sekarang, jembatan yang terbuat dari material beton sering kita jumpai baik jembatan yang berupa beton bertulang konvensional maupun jembatan pstrategang ataupun jembatan jenis lainnya yang terbuat dari material beton.

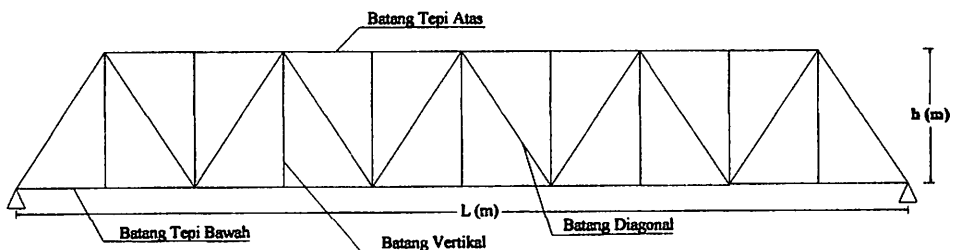
## **3. Jembatan Baja**

Seiring dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya kebutuhan manusia akan sarana transportasi, manusia mengembangkan baja sebagai material atau bahan yang dipakai untuk membangun konstruksi jembatan. Jembatan yang dibangun dengan menggunakan konstruksi baja memiliki kelebihan dibandingkan dengan jembatan lainnya seperti jembatan menggunakan konstruksi beton. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, pada era sekarang jembatan yang dibangun dari konstruksi baja merupakan jembatan yang paling sering dipakai oleh manusia.

## 2.1.2. Tipe – Tipe Jembatan Rangka

### 1. Jembatan Rangka Sederhana (*Simple Truss Bridge*)

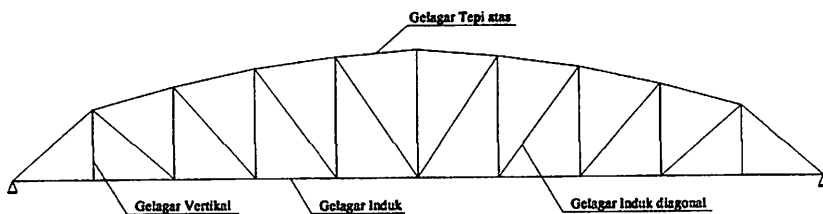
Jembatan ini terdiri dari gelagar induk, gelagar melintang, dan gelagar memanjang biasanya digunakan dalam jembatan menengah yaitu 150 ft sampai dengan 600 ft.



Gambar 2.1. Jembatan rangka sederhana

### 2. Jembatan Rangka Parker (*Parker Truss*)

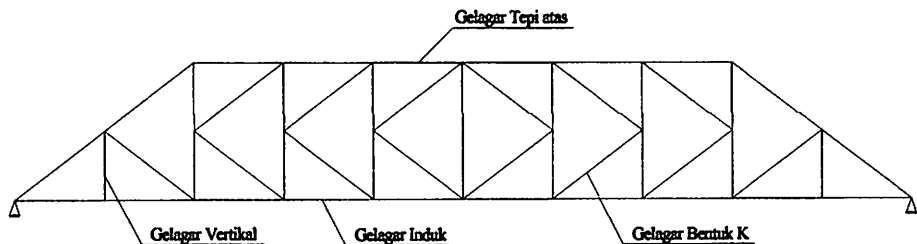
Jembatan parker sebenarnya sama seperti jembatan rangka sederhana yang terdiri dari gelagar induk, memanjang dan gelagar melintang. Jembatan jenis parker biasanya digunakan pada bentangan 180 ft sampai 360 ft.



Gambar 2.2. Jembatan rangka tipe parker

### 3. Jembatan Rangka Tipe K (*K Truss*)

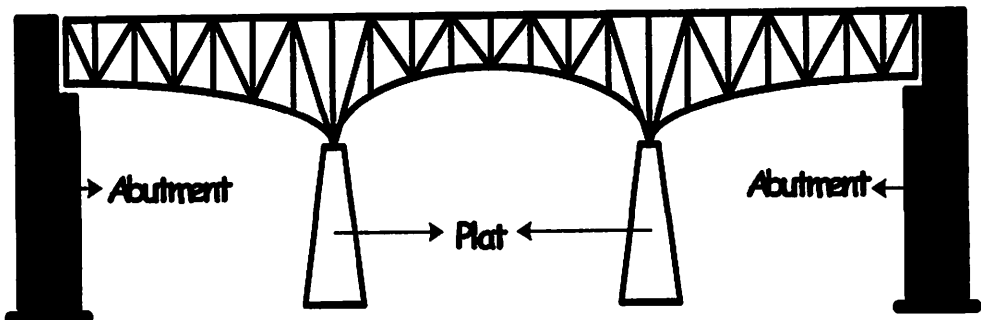
Jembatan parker sebenarnya sama seperti jembatan rangka sederhana yang terdiri dari gelagar induk, memanjang dan gelagar melintang. Jembatan jenis parker biasanya digunakan pada bentangan 300 ft.



Gambar 2.3. Jembatan rangka tipe K (*K Truss*)

### 4. Jembatan Rangka Menerus (*Continous Bridge Trusses*)

Jembatan ini terdiri dari rangka / truss yang menerus dimana tumpuan berada ditengah bentang yang tidak terpisah, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 150 ft sampai dengan 600 ft.

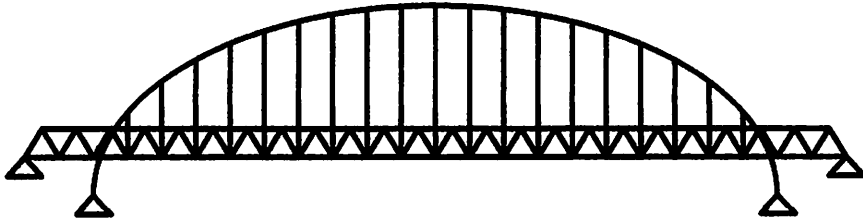


Gambar 2.4. Jembatan rangka menerus

### 5. Jembatan lengkung (*Steel Arches Bridge*)

Konstruksi jembatan ini terdiri dari batang penggantung, batang dan gelagar pengaku, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 100 ft sampai

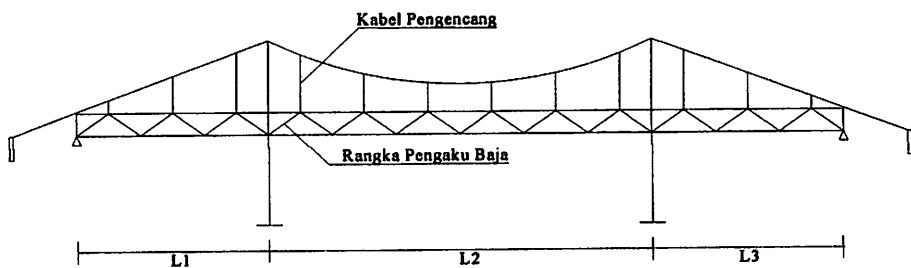
dengan 1800 ft. Jembatan ini mengadakan reaksi tumpuan yang searah pada beban tegak lurus.



Gambar 2.5. Jembatan lengkung

#### 6. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)

Konstruksi utama dari jembatan ini terdiri dari kabel yang terbentang diatas menara atau tiang penegar, kabel penggantung / hanger, balok-balok penegar gelagar, anker. Jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 400 ft sampai 10000 ft.

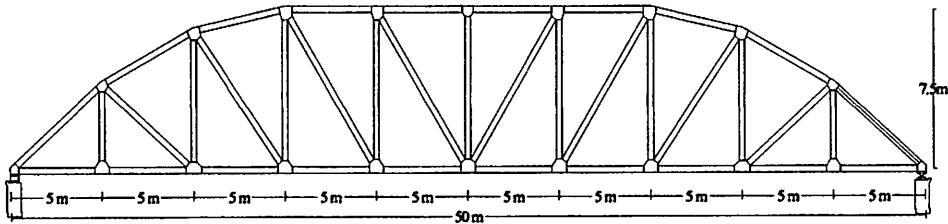


Gambar 2.6. Jembatan gantung

#### 7. Jembatan Rangka Tipe Warren Modeling

Jembatan rangka tipe warren modeling merupakan jenis jembatan rangka yang merupakan jembatan rangka tipe sederhana yang di modelkan dengan adanya penambahan batang vertikal, dan tinggi

gelagar vertikal dan diagonal tepi lebih rendah di bandingkan gelagar vertikal dan gelagar diagonal tengah.



**Gambar 2.7. Jembatan rangka tipe Warren Modeling**

### **2.1.3. Bagian – bagian Struktur Jembatan Rangka Baja (Tipe Warren Modeling)**

Pada dasarnya semua jembatan terdiri dari dua bagian utama, yaitu struktur bagian atas (Upper Structure) dan struktur bagian bawah (Sub Structure). Dalam hal ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah struktur bagian atas. Struktur bagian atas dari jembatan itu sendiri meliputi :

- a. Lantai kendaraan dan trotoir
- b. Gelagar memanjang dan gelagar melintang
- c. Pipa sandaran
- d. Ikatan angin
- e. Gelagar induk
- f. Plat simpul
- g. Peletakan atau tumpuhan

## **2.2. Pembebanan Pada Jembatan**

Peraturan khusus untuk pembebanan jembatan di setiap negara kemungkinan akan berbeda antara negara yang satu dengan negara lainnya seperti JIS di Jepang , AASHTO di Amerika Serikat, BI di Inggris. Di Indonesia peraturan tentang pembebanan jembatan jalan raya telah dikemas dalam RSNI – T – 02 – 2005 dan Bridge Managemen System (BMS) bagian II.

Pada perencanaan jembatan ini, semua beban dan gaya yang bekerja pada konstruksi dihitung berdasarkan : “RSNI – T – 02 – 2005;”

Beban-beban yang dipakai dalam perhitungan adalah :

### **2.2.1. Beban Primer**

Beban primer adalah beban utama dalam perhitungan tegangan perencanaan jembatan. Beban primer terdiri dari beban tetap (mati) dan beban hidup (beban lalu lintas).

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

##### **a) Beban berat sendiri**

Adapun beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk unsur tambahan dalam perencanaan.



Tabel 2.1. Faktor Beban untuk berat sendiri

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban	
	Bahan	$K_{MS}^U$
Tetap	Baja, Alumunium	1.1
	Beton Pracetak	1.2
	Beton dicor ditempat	1.3
	Kayu	1.4

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 10*

**b) Beban mati**

Beban mati tambahan adalah berat seluruh badan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

Tabel 2.2. Faktor beban untuk beban mati tambahan

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban	
	Keadaan	$K_{MA}^U$
Tetap	Keadaan Umum	2
	Keadaan Khusus	1.4

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan, halaman 12*

Rumus-rumus yang akan digunakan untuk menghitung beban-beban tersebut :

✓ Gelagar induk

$$G_1 = 20+3L \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (2.1)$$

Diubah menjadi satuan kg menjadi

$$G_1 = (20+3L).L.a \quad (\text{kg}) \quad (2.2)$$

*Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 halaman 167*

Dimana :

$G_1$  = berat gelagar induk (kg)

$L$  = panjang bentang jembatan (m)

$a$  = lebar jembatan (m)

✓ Gelagar memanjang

$$G_2 = (n \times G \times L) \quad (2.3)$$

*Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 halaman 167*

Dimana :

$G_2$  = berat gelagar memanjang (kg)

$n$  = jumlah gelagar memanjang

$G$  = berat sendiri profil gelagar memanjang (kg/m)

$L$  = panjang bentang jembatan (m)

✓ Gelagar melintang

$$G_3 = (n \times G \times L) \quad (2.4)$$

*Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 halaman 167*

Dimana :

$G_3$  = berat gelagar melintang (kg)

$n$  = jumlah gelagar melintang

$G$  = berat sendiri profil gelagar melintang (kg/m)

$L$  = panjang gelagar melintang (m)

✓ Berat lantai kendaraan

$$G_4 = (b \times L \times q) \quad (2.5)$$

*Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 halaman 167*

Dimana :

$G_4$  = berat lantai kendaraan (kg)

$b$  = lebar lantai kendaraan (m)

$L$  = panjang bentang jembatan (m)

$q_d$  = jumlah berat beban mati plat lantai (kg/m)

✓ Berat lantai trotoar

$$G_5 = (2b \times L \times q) \quad (2.6)$$

*Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 halaman 167*

Dimana :

$G_5$  = berat lantai trotoar (kg)

$b$  = lebar lantai trotoar (m)

$L$  = panjang bentang jembatan (m)

$q_d$  = jumlah berat beban mati plat trotoar (kg/m)

✓ Pipa Sandaran

$$G_6 = (G \times n \times L) \quad (2.7)$$

*Stryk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 halaman 167*

Dimana :

$G_6$  = berat pipa sandaran (kg)

$G$  = berat sendiri profil pipa (kg/m)

$n$  = jumlah pipa yang dipakai

$L$  = panjang bentang jembatan

✓ Berat sendiri ikatan angin

$$G_7 = (10 \cdot a) \times L \times a \quad (2.8)$$

*Stryk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 halaman 167*

Dimana :

$G_7$  = berat ikatan angina (kg)

$a$  = jumlah ikatan angina

$L$  = panjang bentang jembatan

## 2. Beban Hidup (Beban Lalulintas)

### a) Beban lajur "D"

Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (UDL) yang digabung dengan beban garis (KEL). Beban terbagi rata UDL mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$  sebagai berikut :

$$L < 30 \text{ m ; } q = 9.0 \text{ kPa} \quad (2.9)$$

$$L > 30 \text{ m ; } q = 9.0 [0.5 + 15 / L] \text{ kPa} \quad (2.10)$$

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 17*

Dengan :

$q$  = Intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan ( $\text{kg/m}^2$ )

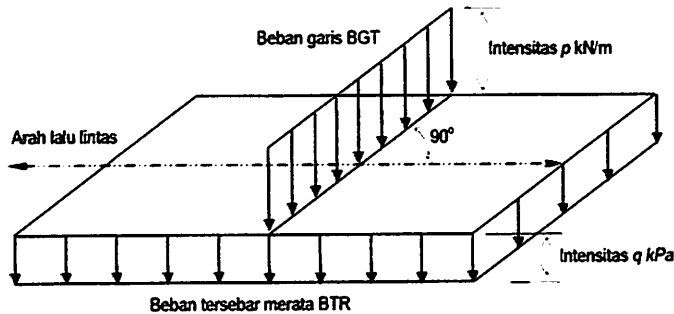
$L$  = Panjang total jembatan yang dibebani (m)

Beban garis KEL dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $P = 49.0$  kN/m. Beban "D" harus ditempatkan pada dua jalur lalu lintas rencana yang berdekatan untuk lebar lebih besar Dari 5,5 m dan bekerja dengan intensitas 100% selebar 5,5 m dan sisa jalan bekerja 50 %.

Tabel 2.3. Faktor Beban lajur “D”

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 17*



Gambar 2.8. Beban Lajur “D”

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 18*

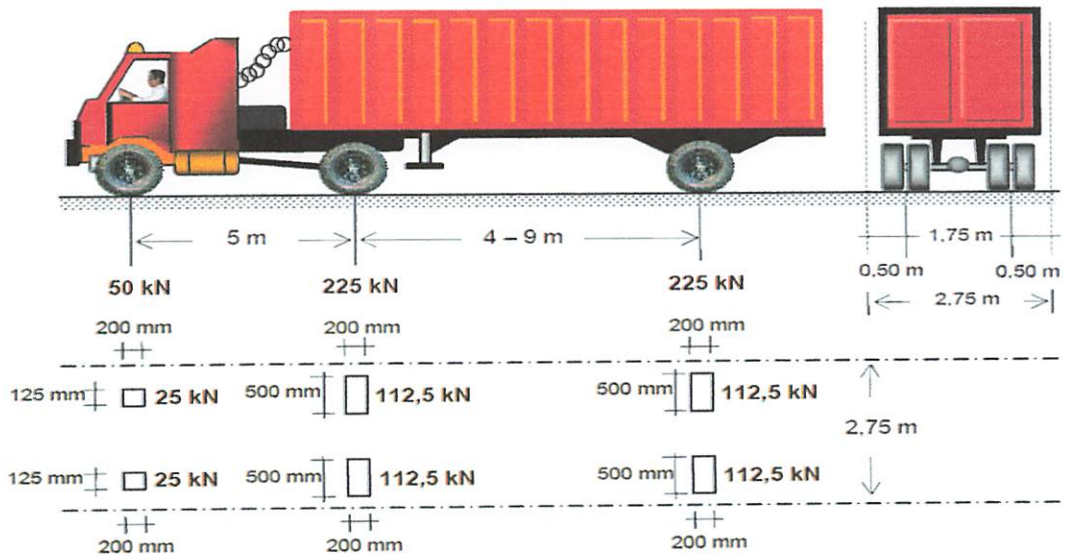
**b) Beban truk “T”**

Berdasarkan RSNI – T – 02 – 2005, beban truk “T” adalah suatu beban kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi dua beban merata sam besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara dua as tersebut bisa diubah-ubah antara 4.0 m sampai 9.0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Tabel 2.4. Faktor beban untuk beban truk "T"

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 22

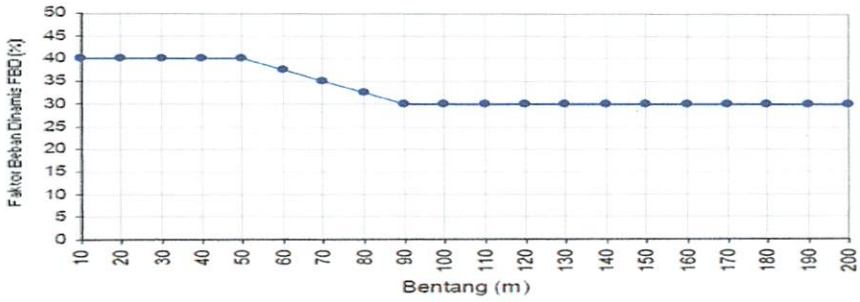


Gambar 2.9. Pembebanan Truk "T"

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 22

### c) Faktor beban dinamis

Faktor beban dinamis (DLA) merupakan interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Untuk truk "T" nilai DLA adalah 0.3. Untuk "KEL" nilai DLA diberikan dalam gambar berikut :



Gambar 2.10. Faktor beban dinamis

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 25

Catatan:

$$\text{Untuk } L \leq 50 \text{ m FBD} = 0,40 \quad (2.11)$$

$$\text{Untuk } 50 \text{ m} < L < 90 \text{ m FBD} = 0,40 - 0,0025 \cdot (L - 50) \quad (2.12)$$

$$\text{Untuk } L > 90 \text{ m FBD} = 0,30. \quad (2.13)$$

Dengan : L = Panjang bentang jembatan (m)

#### d) Beban trotoir

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk memikul 5 kPa = 500 kg/m<sup>2</sup>.

Tabel 2.5. Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan kaki

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 27



### 2.2.2. Beban Sekunder

Beban sekunder adalah merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk dalam beban sekunder beban diantaranya adalah:

#### a. Gaya rem

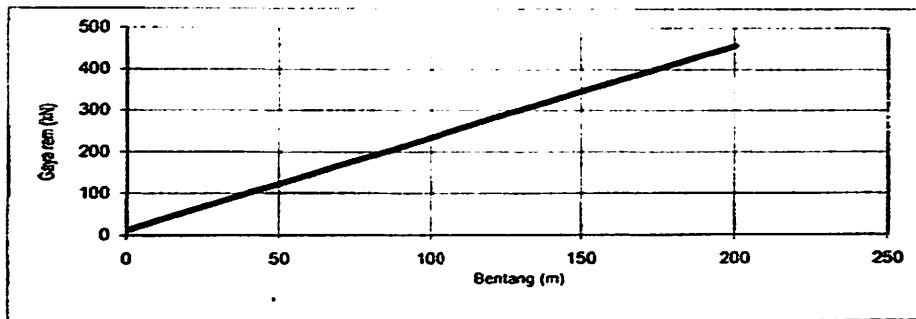
Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh gaya ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban "D" tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter di atas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduks bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan rumus  $1 : q = 9 \text{ kPa}$

Tabel 2.6. Faktor Beban untuk gaya rem

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 25*

Tanpa melihat seberapa besarnya lebar jembatan, gaya memanjang yang bekerja diperhitungkan berdasarkan grafik sebagai berikut :



Gambar 2.11. Grafik Gaya rem Per Lajur 2,75 m

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 26*

**b. Gaya Angin**

Tabel 2.7 Faktor Beban Untuk Beban Angin

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,2

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 36*

- Gaya nominal ultimate dari gaya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut :

$$Tew_2 = 0.0006 \cdot Cw \cdot (Vw)^2 \cdot Ab \quad (2.14)$$

Dimana :

$Vw$  = Kecepatan angin rencana untuk keadaan batas yang ditinjau (m/dt)

$Cw$  = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka  $Cw = 1,2$ )

$Ab$  = Luasan koefisien bagian samping jembatan ( $m^2$ )

- Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus :

$$Tew_1 = 0.0012 \cdot C_w \cdot (Vw)^2 \cdot Ab \quad (2.2)$$

Tabel 2.8. Koefisien seret ( $C_w$ )

Tipe Jembatan	$C_w$
Bangunan atas masif: (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 6.0$	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) $b$ = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran $d$ = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif CATATAN (2) Untuk harga antara dari $b / d$ bisa diinterpolasi linier CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, $C_w$ harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5 %	

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 37*

Tabel 2.9. Kecepatan angin rencana ( $V_w$ )

Keadaan batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 37*

### c. kombinasi beban

Kombinasi beban pada keadaan batas ultimate terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dan satu pengaruh aksi sementara. Sebagai ringkasan dari kombinasi beban yang lazim diberikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.10. Kombinasi beban

Aksi	Kombinasi beban						Catatan
	1	2	3	4	5	6	
<b>Aksi Tetap:</b>	X	X	X	X	X	X	1
Berat sendiri							
<b>Aksi Transien:</b>							
Beban Lajur "D"	X	0	0	0	0		
Beban Truk "T"							
Gaya Rem	X	0	0	0	0		2
Beban Trotoar		X					
Beban Angin			0	0	X	0	

*RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman 50*

Keterangan :

1. Dalam keadaan batas ultimate pada bagian tabel ini, aksi dengan tanda "X" untuk kombinasi tertentu adalah memasukan faktor harga beban ultimate penuh. Nomor dengan tanda "0" memasukkan harga yang sudah diturunkan besarnya sama dengan beban daya layan.
2. Beberapa aksi tetap berubah menurut waktu secara perlahan-lahan. Kombinasi beban untuk aksi demikian dan minimum untuk menemukan keadaan yang paling berbahaya.

Tingkat keadaan batas dari gaya sentrifugal dan gaya rem tidak terjadi secara bersamaan. Untuk faktor beban ultimate berkurang untuk beban lalu lintas vertikal kombinasi dengan gaya rem.

### 2.3. Metode Perhitungan Struktur Atas Jembatan Rangka

#### 2.3.1. Perhitungan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoar

Konstruksi plat lantai kendaraan merupakan bagian dari konstruksi jembatan yang berfungsi untuk menahan lapisan perkerasan. Beban pada lantai kendaraan terdiri dari dua jenis pembebanan :

- Beban mati terdiri dari berat aspal, berat plat lantai dan berat air hujan
- Beban hidup yang berasal dari kendaraan bergerak (muatan T)

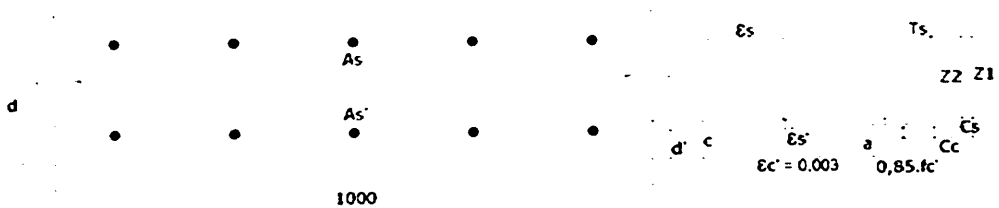
Perencanaan Penulangan plat lantai dapat dihitung dengan menggunakan program bantu dan rumus – rumus berikut ini :

- Untuk mendapatkan momen ultimit Mu dihitung dengan menggunakan program bantu teknik sipil (software STAAD Pro)

➤  $d = \text{tebal plat lantai} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} D \text{ tulangan}$  (2.15)

➤  $A_s = (1/4 \times \pi \times D^2 \times b) / \text{jarak yang direncanakan}$  (2.16)

#### Perhitungan tulangan rangkap



Gambar 2.12. Tulangan Rangkap Pada Plat Lantai

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot xb} \quad (2.17)$$

Tegangan tekan pada serat beton:

$$Cc = 0,85 \cdot fc \cdot a \cdot b \quad (2.18)$$

Tegangan tekan pada serat baja:

$$Cs = As' (fs' - 0,85 \cdot fc) \quad (2.19)$$

Kekuatan momen yang terjadi:

$$Mn = Cc \cdot Z1 + Cs \cdot Z2 \quad (2.20)$$

Kekuatan momen rencana:

$$Mr = \phi \cdot Mn, \text{ dimana } \phi = 0,8 \quad (2.21)$$

Kekuatan momen rencana  $\phi Mn$  harus lebih besar atau sama dengan momen luar rencana ( $Mu$ ).

$$Mr = \phi Mn > Mu \quad (2.22)$$

### 2.3.2. Konstruksi Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang adalah gelagar yang dipasang arah memanjang jembatan, berfungsi sebagai tumpuan lantai kendaraan dan menyalurkan beban- beban yang diterimanya pada gelagar melintang.

1. Pembebanan pada gelagar memanjang :

a. Beban mati

➤ Lantai kendaraan

Untuk beban mati lantai kendaraan diambil pengaruh beban lantai yang

membebani gelagar memanjang.

➤ Lantai trotoar

Untuk beban mati lantai trotoar diambil pengaruh beban lantai yang membebani gelagar memanjang.

b. Beban hidup

➤ Beban hidup “D”

Beban hidup “D” terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis (BGT) yang dikalikan dengan nilai koefisien kejut.

➤ Beban truk “T”

➤ Beban hidup trotoar atau beban pejalan kaki

2. Perhitungan komposit pada gelagar memanjang

a. Lebar efektif pelat beton (  $bE$  ) untuk gelagar interior ( plat menumpu pada kedua sisi )

$$bE \leq \frac{L}{4} \quad (2.23)$$

$$bE \leq b_o \quad (2.24)$$

$$bE \leq b_f + 16 \cdot t_s \quad (2.25)$$

Dimana :

$bE$  = lebar efektif beton (cm)

$L$  = panjang gelagar (cm)

$B_o$  = jarak antar gelagar (cm)

$B_f$  = lebar profil (cm)

Ts = tebal plat lantai (cm)

b. Elastisitas

$$E_{\text{beton}} = 4700\sqrt{f_c'} \quad (2.27)$$

$$E_{\text{Baja}} = 2100000 \text{ kg/cm}^2 = 210000 \text{ Mpa} \quad (2.28)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2.29)$$

*CG Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid III, 1992 halaman 582*

c. Kontrol kelangsingan profil :

Untuk tekuk flens

$$\lambda_f = \frac{B}{2.t_f} \quad (2.30)$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (2.31)$$

syarat :  $\lambda_f \leq \lambda_p$

Untuk tekuk local badan balok

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{H - 2(r + t_f)}{t_w} \quad (2.32)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (2.33)$$



Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD.

Penerbit Erlangga halaman 85

Dimana :

B = lebar profil baja (mm)

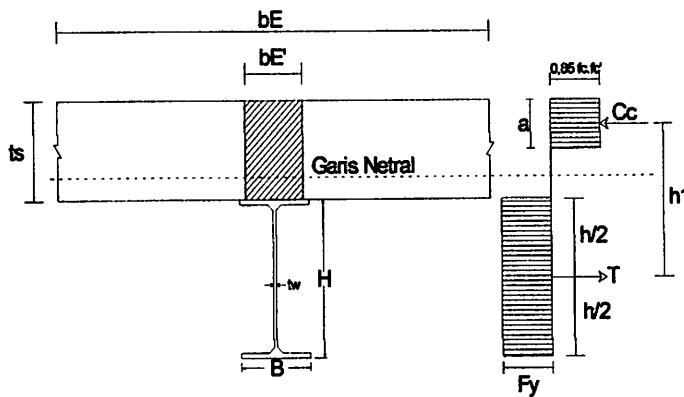
tf = Tebal flens (mm)

H = Tinggi profil baja (mm)

tw = Tebal web (mm)

fy = mutu baja (Mpa)

fc = mutu beton (Mpa)



Gambar 2.13 Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal

Mn.

d. Kontrol kekuatan penampang

$$Y_a = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i} \quad (2.34)$$

$$Y_b = t + h - Y_a \quad (2.35)$$

Misalkan  $Y_a <$  tebal plat beton maka garis netral terletak pada plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya  $C = T$ , maka diperoleh :

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot bE} \quad (2.36)$$

Tebal plat beton 250 mm > a (mm), maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik  $As \cdot fs$  yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton :

$$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot bE \quad (2.37)$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$T = As \cdot fy \quad (2.38)$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$Mn = Cc \cdot h_1 \quad (2.39)$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\phi_b \cdot Mn \geq Mu \quad (2.40)$$

Dimana :

$\phi_b$  = factor resistensi untuk lentur ( 0,9 )

$Mn$  = Momen nominal ( kgcm )

$Mu$  = Momen ultimit ( kgcm )

$T$  = Tegangan tarik pada serat baja (N)

$Cc$  = Tegangan tekan pada serat beton (N)

e. Kontrol kekuatan geser

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \quad (2.41)$$

*RSNI T – 03 – 2005, halaman 40*

Dimana :

$V_n$  = kuat geser nominal plat badan (kg)

$f_y$  = tegangan leleh (Mpa)

$A_w$  = luas kotor plat badan (cm<sup>2</sup>)

f. Kontrol Lendutan

➤ Lendutan ada

$$f_{ada} = \frac{5 \cdot Q_u \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (2.42)$$

(Ir. Sunggono kh, Buku Teknik Sipil, Penerbit Nova : 48 )

Dimana :

$f$  = besar lendutan yang terjadi (cm)     $L$  = panjang gelagar (cm)

$q$  = beban mati (kg/cm)                       $I_x$  = momen inersia (cm<sup>4</sup>)

➤ Besarnya lendutan maksimum akibat beban mati dan beban hidup adalah :

$$\bar{f} = \frac{1}{240} \cdot L \quad (2.43)$$

*Laboratorium mekanika struktur, pusat penelitian antar universitas*

*bidang ilmu rekayasa, institute teknologi bandung, 2000 halaman 15*

g. Perhitungan shear konektor

➤ Perhitungan gaya geser horizontal (Vh)

$$C_{max} = 0,85 \times f'_c \times b_E \times t_s \quad (2.44)$$

$$T_{max} = A_s \times f_y \quad (2.45)$$

Dimana :

$C_{max}$  = gaya geser yang disumbangkan oleh beton (N)

$T_{max}$  = gaya geser yang ditimbulkan oleh profil baja (N)

$f'_c$  = kuat tekan beton (Mpa)

$f_y$  = tegangan leleh profil baja (Mpa)

$A_c$  = luas bidang geser beton (cm)

$A_s$  = luas bidang geser baja (cm)

Untuk menentukan nilai gaya geser horizontal (Vh) diambil nilai terkecil dari hasil perhitungan dua rumus diatas.

➤ Perhitungan kekuatan geser satu stud

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot E_c \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c} \quad (2.46)$$

Diamana :

$Q_n$  = kekuatan geser stud (N)

$A_{sc}$  = luas satu stud (cm<sup>2</sup>)

$E_c$  = modulus elastisitas beton (Mpa)

➤ Perhitungan jumlah stud

$$N_1 = \frac{Vh}{Qn} \quad (2.47)$$

Dimana :

N = Jumlah stud

Vh = gaya geser horizontal (N)

Qn = kekuatan geser satu stud (N)

*Agus Setiawan. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD.  
Jilid 1, halaman 296*

### 2.3.3. Konstruksi Gelagar Melintang

Gelagar melintang adalah konstruksi jembatan yang melintang dibawah lantai kendaraan. Beban yang bekerja gelagar melintang adalah :

a. Beban Mati

Terdiri dari berat lantai kendaraan, trotoar, berat profil gelagar memanjang dan berat sendiri profil gelagar memanjang.

b. Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada gelagar melintang adalah :

➤ Beban hidup “D”

Beban hidup “D” terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis (BGT) yang dikalikan dengan nilai koefisien kejut.

- Beban truk “T”
- Beban hidup trotoar atau beban pejalan kaki

Untuk merencanakan kekuatan komposit pada gelagar melintang menggunakan rumus dan langkah – langkah yang sama dengan gelagar memanjang.

#### **2.3.4. Gelagar Induk**

Gelagar induk adalah gelagar yang di pasang di kedua sisi jembatan dan terletak kearah memanjang. Gelagar induk berfungsi untuk menerima semua pengaruh beban jembatan (beban mati dan beban hidup).

##### **a. Beban mati**

Untuk perhitungan beban mati pada gelagar induk, gelagar memanjang, gelagar melintang, ikatan angin dan pipa sandaran menggunakan software program bantu teknik sipil (STAAD Pro) dengan menggunakan perintah selfeigh.

##### **b. Beban hidup**

Beban hidup yang bekerja pada gelagar induk adalah beban lajur “D” yang terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis (BGT) atau beban P

##### **c. Gaya rem**

Gaya rem bekerja pada gelagar induk. Besarnya gaya rem tergantung pada panjang bentangan dari jembatan yang direncanakan.

d. Gaya angin

Selain ketiga beban diatas, beban akibat gaya angin juga perlu diperhitungkan.

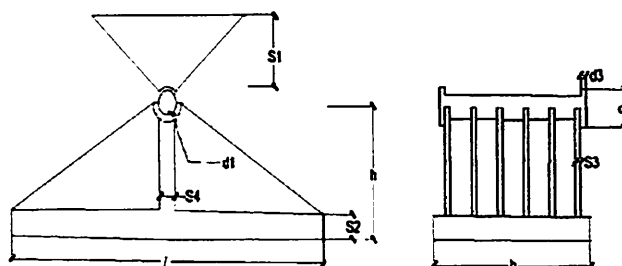
**2.3.5. Ikatan Angin**

Ikatan angin adalah salah satu sisi komponen jembatan yang fungsi utamanya memberikan kekuatan konstruksi dalam bidang horizontal. Ikatan angin dapat terletak diatas, ditengah atau dibawah. Ikatan angin yang terletak diatas disebut ikatan angin atas, yang terletak ditengah disebut ikatan angin tengah sedangkan yang terletak dibawah disebut ikatan angin bawah.

**2.3.6. Konstruksi Perletakan / Landasan**

Konstruksi perletakan harus mengalihkan gaya- gaya tegak dan mendatar yang bekerja pada jembatan kepada pangkal jembatan dan pondasi. Untuk mengatasinya kedua macam gaya tersebut dapat dipasang dua macam tumpuan yaitu tumpuan rol atau sendi.

**a. Perletakan Sendi**



Gambar 2.14. Konstruksi Perletakan Sendi

Untuk menghitung perletakan sendi digunakan rumus- rumus sebagai berikut:

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.48)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

$\ell$  = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3.Pu.\ell}{b.\phi.fy}} \quad (2.49)$$

Dimana :

Pu = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

$\phi$  = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

Fy = Mutu baja st 52 = 240 Mpa = 2400 kg/cm<sup>2</sup>

- Selanjutnya untuk ukuran S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, h dan W dapat direcanakan dengan melihat tabel Muller Breslaw, sebagai berikut :



Tabel 2.11 Tabel Muller Breslaw

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	W
3	4	$0,2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
4	4,2	$0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
5	4,6	$0,2286 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
6	5	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

*H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan 249*

- Jumlah rusuk (a), maka  $S_2$  dan  $S_3$  dapat diambil dengan table diatas, dimana W adalah momen tahanan, perbandingan  $h/ S_2$  hendaknya dipilih antara 3 dan 5, tebal  $S_4$  biasanya diambil =  $h/6$ , dan  $S_5 = h/4$

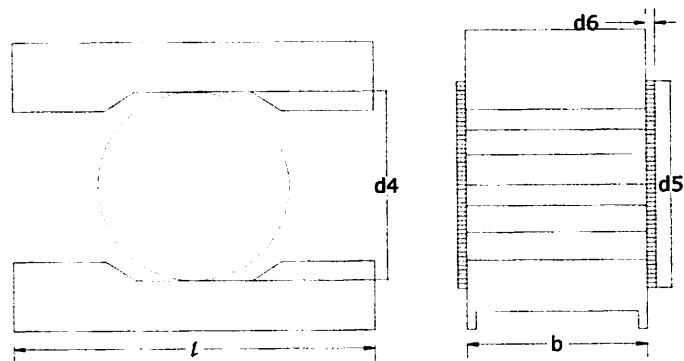
$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot Pu \cdot \ell \rightarrow W = \frac{M_{\max}}{\phi \cdot fy} \quad (2.50)$$

- Jari- Jari garis tengah sendi

$$r = \frac{1}{2} \cdot d_1 \quad (2.51)$$

$$= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot fy \cdot \ell}$$

## b. Perletakan Rol



Gambar 2.15 Konstruksi Perletakan Rol

Untuk menghitung perletakan rol digunakan rumus- rumus sebagai berikut:

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.52)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

$\ell$  = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3.Pu.\ell}{b.\phi.fy}} \quad (2.53)$$

Dimana :

$P_u$  = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan (m)

$\phi$  = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

$$F_y = \text{Mutu baja st 52} = 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

Selanjutnya untuk ukuran  $d_3$ ,  $d_4$ , dan  $d_5$  dapat direncanakan dengan menghitung :

➤ Jari- Jari garis tengah rol

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{2} \cdot d_4 \\ &= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f_y \cdot l} \end{aligned} \quad (2.54)$$

➤ Diameter rol

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot \phi \cdot \sigma_y}$$

$$\sigma_y = \text{tegangan tarik putus baja} = 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Baja A529)}$$

➤ Tinggi total rol

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6 \quad (2.55)$$

➤ Tebal bibir rol

$$d_6 = \text{diambil sebesar } 2,5 \text{ cm}$$

## 2.4. Teori Desain Srtuktur Baja

Sifat mekanis baja merupakan yang sangat penting dalam desain konstruksi. Sifat ini di peroleh dari uji tarik baja, uji melibatkan pembebanan tarik sampel baja dan bersama ini dilakukan pembebanan dan panjangnya sehingga diperoleh tegangan dan regangannya.

Tabel 2.12. Sifat Mekanis Baja Struktural

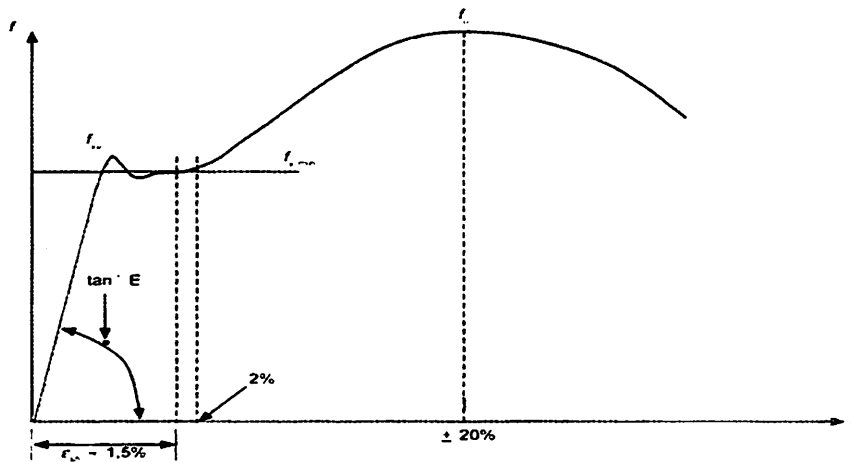
Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, $f_u$ (Mpa)	Tegangan leleh Minimum, $f_y$ (Mpa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

*RSNI T – 03 – 2005, halaman 8*

Tabel 2.13. Faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan, $\phi$
a. Lentur	0,90
b. Geser	0,90
c. Aksial tekan	0,85
d. Aksial tarik	
1. terhadap kuat tarik leleh	0,90
2. terhadap kuat tarik fraktur	0,75
e. Penghubung geser	0,75
f. Sambungan baut	0,75
g. Hubungan las	
1. Las tumpul penetrasi penuh	0,90
2. Las sudut dan las tumpul penetrasisebagian	0,75

*RSNI T – 03 – 2005, halaman 10*



Gambar 2.16. Kurva Hubungan Tegangan ( $f$ ) vs Regangan ( $\epsilon$ )

Hasil uji ini di tunjukan dalam diagram regangan dan tegangan. Titik  $f_{yu}$  (*Titik Limit Perporcional*) pada diagram hubungan linear antara tegangan dan regangan, apabila dilakukan pembebanan tidak melewati titik ini baja masih bersifat elastis artinya apabila beban dihilangkan maka baja masih dapat kembali keadaan semula, tetapi apa bila dibebankan terus sampai melampaui titik tersebut maka baja tidak bersifat elastis lagi melainkan bersifat plastis sehingga baja tidak dapat kembali ke keadaan sebelum pembebanan.

Berdasarkan grafik tersebut maka ada beberapa hal yang mendasari penulis menerapkan metode LRFD dalam penyelesaian skripsi yaitu :

1. Rasional LRFD selalu menarik perhatian, dan menjadi suatu perangsang yang menjanjikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dan lebih baik untuk beberapa kombinasi beban dan konfigurasi structural. LRFD

juga cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila di bandingkan dengan ASD dalam mengkombinasikan beban-beban hidup dan mati dan memperlakukan mereka dengan cara yang sama.

2. LRFD akan memudahkan pemasukan informasi baru mengenai beban-beban dan variasi-variasi bila informasi tersebut telah diperoleh. Pengetahuan kita mengenai beban-beban beserta variasi mereka masih jauh dari mencukupi. Bila dikehendaki, pemisahan pembebanan dari resistensya akan memungkinkan perubahan yang satu tanpa perlu mempengaruhi yang lainnya.
3. Perubahan-perubahan dalam berbagai factor kelebihan beban dan factor resistensi lebih muda dilakukan ketimbang mengubah tegangan ijin dari ASD.
4. LRFD membuat desain dalam segala macam material lebih muda dipertautkan. Variabilitas beban-beban sebenarnya tidak berkaitan dengan material yang digunakan dalam desain.

#### **2.5. Dasar Perencanaan Baja Menggunakan Metode LRFD**

Suatu desain struktur harus menyediakan cadangan kekuatan yang diperlukan untuk menanggung beban layanan yakni struktur harus memiliki kemampuan terhadap kemungkinan kelebihan beban (*overload*). Kelebihan beban dapat terjadi akibat perubahan fungsi struktur dan dapat juga terjadi akibat terlalu rendahnya taksiran atas efek-efek beban yang mungkin akan terjadi. Di samping itu, harus ada kemampuan terhadap kemungkinan kekuatan material yang lebih rendah (*under strength*).

Terjadinya penyimpangan dalam dimensi batang, meskipun dapat mengakibatkan suatu batang memiliki kekuatan yang lebih rendah dibanding dengan yang telah diperhitungkan.

Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad (2.56)$$

*CG salmon, JE Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku", Jilid I, halaman 28*

Dimana :

$\phi$  = faktor resistensi ( faktor reduksi kekuatan)

$R_n$  = kekuatan nominal komponen struktur (kg)

$\gamma_i$  = Faktor beban

$Q_i$  = Penjumlahan terkombinasi dari jenis-jenis beban yang berbeda (beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa dan lainnya) (kg)

Karena struktur jembatan ini secara umum terdiri dari gaya aksial untuk rangka dan gaya lentur untuk gelagar- gelagar lantai kendaraan, maka dapat diuraikan sebagai berikut :

**a. Batang Tarik**

Persyaratan keamanan struktur yang diberikan dalam LRFD adalah :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u \quad (2.57)$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 199,.*  
*halaman 95*

Dimana :

$\phi_t$  = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik (0,90 untuk Tarik  
leleh dan 0,75 untuk tarik fraktur)

$T_n$  = kekuatan nominal batang tarik (kg)

$T_u$  = beban terfaktor pada batang tarik (kg)

Kekuatan desain  $\phi_t \cdot T_n$  menurut LRFD lebih kecil disbanding dengan yang  
didasarkan pada pelelehan pada penampang bruto :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g = 0,90 \cdot F_y \cdot A_g \quad (2.58)$$

Atau pada retakan pada penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e = 0,75 \cdot F_u \cdot A_e \quad (2.59)$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992,*  
*halaman 95*

Dimana :

$\phi_t$  = Faktor reduksi kuat tarik leleh (0,9)

$\phi_t$  = Faktor reduksi kuat tarik fraktur (0,75)

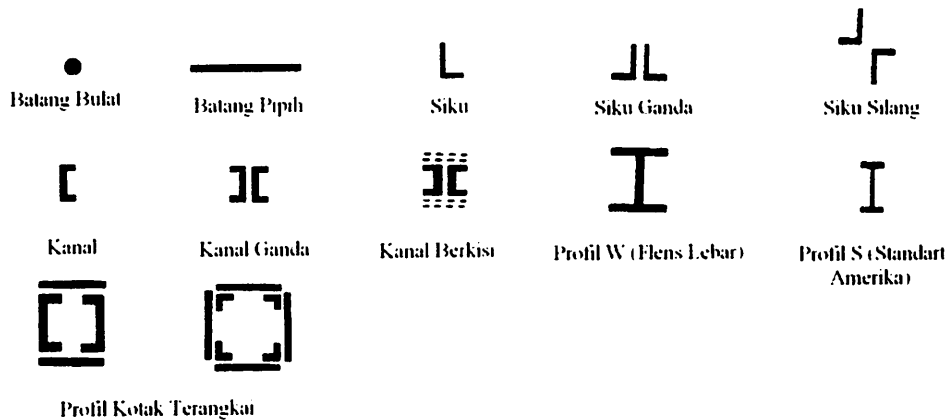
$A_g$  = Luas Penampang kotor

$A_e$  = Luas penampang bersih



$F_y$  = Tegangan leleh material

$F_u$  = Tegangan tarik putus



Gambar 2.17. Penampang lintang batang- batang tarik

#### b. Batang Tekan

Persyaratan kekuatan dalam desain factor dan resistensi menurut LRFD adalah :

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u \quad (2.60)$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 halaman 342*

Dimana :

$\phi_c$  = factor resistensi untuk batang tekan (0,85)

$P_n$  = kekuatan nominal batang tekan

$P_u$  = beban layan terfaktor

Kekuatan nominal  $P_n$  dari batang tekan adalah :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad (2.61)$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 halaman 340*

Dimana :

$A_g$  = luas penampang bruto batang tekan

$F_{cr}$  = tegangan kritis

Nilai  $F_{cr}$  tergantung pada parameter  $\lambda_c$  sebagai berikut :

✓ Untuk  $\lambda_c \leq 1,5$

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (2.62)$$

✓ Untuk  $\lambda_c \geq 1,5$

$$F_{cr} = \left( \frac{0,887}{\lambda_c^2} \right) F_y \quad (2.63)$$

Parameter kerampingan metode LRFD direncanakan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad (2.64)$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 halaman 338*

Dimana :

$$\frac{K.L}{r} = \text{rasio kerampingan efektif}$$

K = factor panjang efektif

L = panjang batang (m)

$$r = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I}{Ag}} \quad (2.65)$$

$$r_y = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \quad (2.66)$$

$$r_x = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I_x}{Ag}} \quad (2.67)$$

I = momen inersia (cm<sup>4</sup>)

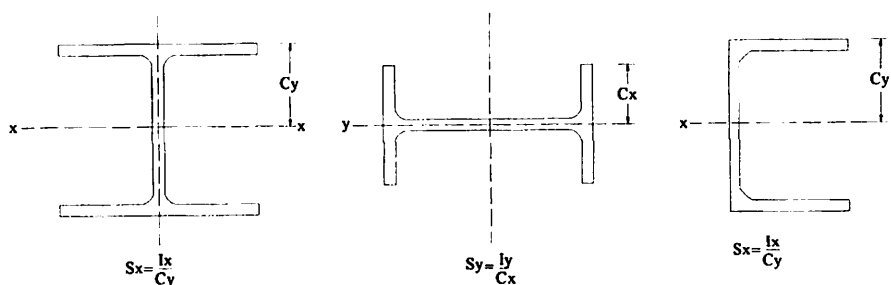
E = modulus elastisitas baja (Mpa)

	Kolom Tak Bergoyang			Kolom Bergoyang		
Bentuk tekuk						
Faktor panjang efektif (k)	0.70	0.85	1.00	1.2	2.2	2.2
Simbol untuk keadaan penahan ujung	= Rotasi terjepit, translasi terjepit = Rotasi bebas, translasi terjepit			= Rotasi terjepit, translasi bebas = Rotasi bebas, translasi bebas		

Gambar 2.18 Faktor panjang efektif

### c. Batang Lentur

Tegangan pada penampang yang umum dapat dihitung dengan rumus lentur sederhana bila beban-beban bekerja pada salah satu arah utama. Bila suatu penampang yang paling tidak memiliki satu sumbu simetri dan dibebani melalui pusat gesernya sehingga mengalami momen lentur dalam arah sembarang, komponen  $M_{xx}$  dan  $M_{yy}$  pada arah utama dapat diperoleh.



Gambar 2.19 Penampang batang lentur

➤ Rumus untuk mendapatkan nilai tegangan lentur penampang

$$f = \frac{M_{xx}}{S_x} + \frac{M_{yy}}{S_y} \quad (2.68)$$

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

$$f = \frac{M_x \cdot C_y}{I_x} + \frac{M_y \cdot C_x}{I_y} \quad (2.69)$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Prilaku, Jilid I, 1992, halaman 421*

Dimana :

$f$  = tegangan lentur

$M_x, M_y$  = Momen Lentur Arah  $x$  dan  $y$

$S_x, S_y$  = Modulus Penampang Arah  $x$  dan  $y$

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

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

## 2.6. Perencanaan Sambungan Baut

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang di satukan dengan menggunakan bahan penyambung baik dengan baut maupun dengan menggunakan las. Sambungan dalam suatu struktur merupakan bagian yang tidak dapat diabaikan, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan stuktur secara keseluruhan.

Adapun Syarat- syarat sambungan :

1. Harus kuat, aman tetapi cukup hemat.
2. Ditempat yang mudah terlihat, seharusnya dibuat seindah mungkin.
3. Mudah dalam pelaksanaan pemasangan di lapangan.
4. Pada satu titik sambungan sebaiknya dihindari penggunaan alat penyambung yang beda- beda.

Pada perencanaan kedua tipe jembatan rangka ini sambungan direncanakan dengan menggunakan baut yang sama yaitu baut mutu tinggi (A490).

Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung persamaan menjadi :

$$\phi R_n \geq P_u \quad (2.70)$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 halaman 131*

Dimana :

$\phi$  = faktor resistansi (untuk konektor harga itu berkaitan dengan tipe kejadian, seperti 0,75 untuk retakan dalam tarik, 0,65 untuk geser pada baut berkekuatan tinggi, dan 0,75 untuk tumpu baut pada sisi lubang)

$R_n$  = kekuatan satu penyambung (kg)

$P_u$  = Beban terfaktor pada satu penyambung (kgcm)

Tabel 2.13. Gaya Tarik Minimum Baut

Diameter nominal baut (mm)	Gaya tarik minimum (kN)
16	95
20	145
24	210
30	335
36	490

*RSNI T - 03 - 2005, halaman 9*

### 2.6.1. Kekuatan Geser Desain Baut

Kekuatan geser yang disyaratkan sesuai dengan metode LRFD adalah sebagai berikut :

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \quad (2.71)$$

*CG.Salmon J.E ,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, halaman 132*

Dimana :

$\phi$  = Faktor resistansi = 0,65

$R_n$  = Kekuatan geser desain penyambung (kg)

$F_u^b$  = Kekuatan tarik baut

$A_b$  = Luas penampang baut

$m$  = Banyaknya bidang geser yang terlibat

### 2.6.2. Kekuatan Tarik Desain Baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \quad (2.72)$$

*CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 133*

Dimana :

$\phi$  = Faktor resistansi = 0,75

$R_n$  = Kekuatan tarik desain penyambung (kg)

$F_u^b$  = Kekuatan tarik baut

$A_b$  = Luas penampang baut

### 2.6.3. Kekuatan Tumpu Desain Baut

Kekuatan desain  $\phi R_n$ , berdasarkan kekuatan tumpu pada lubang baut menurut LRFD dibagi menjadi beberapa kategori :

1. Untuk kondisi biasa (lubang standar atau lubang beralur pendek, jarak ujung tidak kurang dari 1,5 D, dengan jarak baut dari pusat ke pusat tidak kurang dari 3 D, dengan dua atau lebih pada garis gaya), berlaku persamaan:

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.73)$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 halaman 134*

Dimana :

$$\phi = 0,75$$

d = diameter nominal baut (bukan pada bagian ulir)

t = ketebalan bagian yang disambung (misalnya pelat)

$F_u$  = kekuatan tarik baja untuk membentuk bagian yang disambung

2. Untuk lubang beralur pendek yang tegak lurus terhadap arah transmisi beban, jarak ujung tidak kurang dari 1,5 D, dengan jarak baut dari pusat ke pusat tidak kurang dari 3 D, dengan dua atau lebih pada garis gaya, berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.74)$$

Dimana :  $\phi = 0,75$



3. Untuk baut yang paling berdekatan dengan pinggir dimana kondisi 1 dan 2 tidak terpenuhi, berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (L \cdot t \cdot F_u) \quad (2.75)$$

Dimana :

$$\phi = 0,75$$

L= jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggiran bagian yang disambung.

4. Bila perpanjangan lubang lebih besar dari 0,25 dapat dipergunakan persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.76)$$

Dimana :  $\phi = 0,75$

*CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 134*

#### 2.6.4. Perhitungan Jumlah Baut (n)

Untuk menghitung jumlah baut yang diperlukan dalam merencanakan sambungan dapat menggunakan rumus :

- Jumlah baut untuk sambungan (n)

$$n = \frac{P_u}{\phi \cdot R_n} \quad (2.77)$$

Dimana :

n = jumlah baut

$P_u$  = Beban terfaktor (kg)

$R_n$  = kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil dari persamaan kuat desain baut yang nialinya lebih kecil), (kg)

#### 2.6.5. Jarak Minimum dan Maksimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya

➤ Jarak Minimum

Jarak antara pusat lubang pengencang tidak boleh kurang dari  $2,5 \cdot d_f$

➤ Jarak tepi minimum

Jarak minimum dari pusat pengencang ke tepi pelat atau sayap penampang giling harus sesuai spesifikasi berikut :

- ✓ Pemotongan tepi dengan geser atau tangan dan api ( $1,75 \cdot d_f$ )
- ✓ Pelat giling, pemotongan mesin dengan api, gergaji atau tepi diratakan ( $1,50 \cdot d_f$ )
- ✓ Tepi hasil giling dari penampang giling ( $1,25 \cdot d_f$ ),  
Diamana  $d_f$  adalah diameter nominal baut (mm)

➤ Jarak maksimum

Jarak maksimum antara pusat pengencang harus nilai terkecil dari  $15 \cdot t_p$  (di mana  $t_p$  adalah tebal pelat lapis tertipis didalam sambungan) atau 200 mm

➤ Jarak tepi maksimum

Jarak maksimum dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat dari bagian yang saling bersambungan harus sebesar 12 dikali tebal pelat lapis luar tertipis dalam hubungan, tetapi tidak boleh melebihi 150 mm.

*Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD, jilid I, halaman 11)*

### 2.6.6. Menentukan tebal plat simpul ( t )

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \quad (2.78)$$

*C.G Salmon & John E.Johnson Struktur Baja Desain dan Prilaku I, halaman 135*

Dimana:

P = beban terfaktor (cm)

$\phi$  = factor retesistensi (0,75)

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat (kg/cm<sup>2</sup>)

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)

#### **Kontrol pelat simpul LRFD**

Menghitung kekuatan nominal pelat :

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,90 \quad (2.79)$$

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,75 \quad (2.80)$$

Dimana :

0,90 = Faktor resistensi batang tarik pada keadaan batas leleh

0,75 = Faktor resistensi batang tarik pada keadaan batas retakan)

diambil yang terkecil – menentukan :  $\phi.Tn \geq Tu$  (2.81)

*C.G. Salmon & John E.Johnson Struktur Baja Desain dan Prilaku I,*  
*halaman 95*

Dimana :

$\phi$  = factor resistensi untuk jarak tepi baut = 0,75

$F_u$  = kekuatan tarik dari bahan pelat ( $\text{kg/cm}^2$ )

$A_g$  = luas bruto penampang lintang ( $\text{cm}^2$ )

$A_e$  = luas efektif antara batang tarik ( $\text{cm}^2$ )

$T_n$  = kekuatan nominal batang tarik (kg)

$F_u$  = kekuatan tarik Dari bahan pelat ( $\text{kg/cm}^2$ )

## **BAB III**

### **METODOLOGI PERENCANAAN**

#### **3.1. Data Perencanaan**

##### **3.1.1. Data Struktur**

1. Kelas jembatan : A
2. Panjang jembatan : 50 Meter
3. Lebar lantai kendaraan : 6 Meter
4. Lebar trotoir : 2 x 0,75 Meter
5. Tipe jembatan : Rangka baja Warren Modeling
6. Tinggi jembatan : 7,5 Meter
7. Jarak antar gelagar melintang : 5 Meter
8. Jarak antar gelagar memanjang : 1,5 Meter
9. Mutu baja tulangan ulir :  $f_y$  320 Mpa
10. Mutu beton :  $f'_c$  35 Mpa
11. Mutu baja konstruksi (BJ 55) :  $f_y$  410 Mpa
12. Mutu baut : A 490

### **3.1.2. Data Pembebanan**

#### **Lapisan Aspal Lantai Kendaraan :**

1. Tebal lapisan aspal : 0,05 Meter
2. Berat jenis aspal : 2240 kg/m<sup>3</sup>

#### **Plat Lantai Trotoar :**

1. Tebal Plat Beton Trotir : 0,55 Meter
2. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>

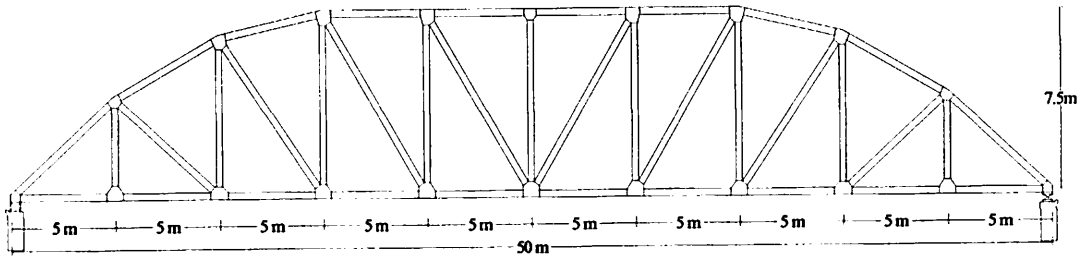
#### **Plat Beton Lantai Kendaaraan :**

1. Tebal plat beton kendaraan : 0,25 Meter
2. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>

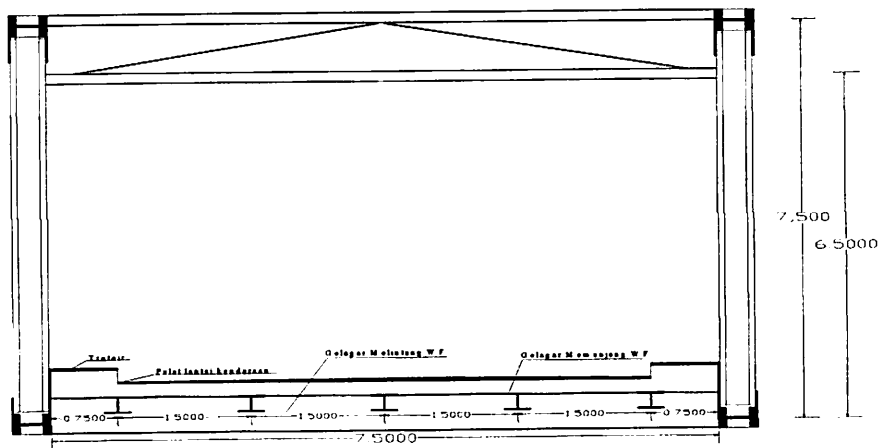
#### **Air Hujan :**

1. Tinggi air hujan : 0,05 Meter
2. Berat air hujan : 1000 kg/m<sup>3</sup>

### 3.2. Gambar Rencana Jembatan

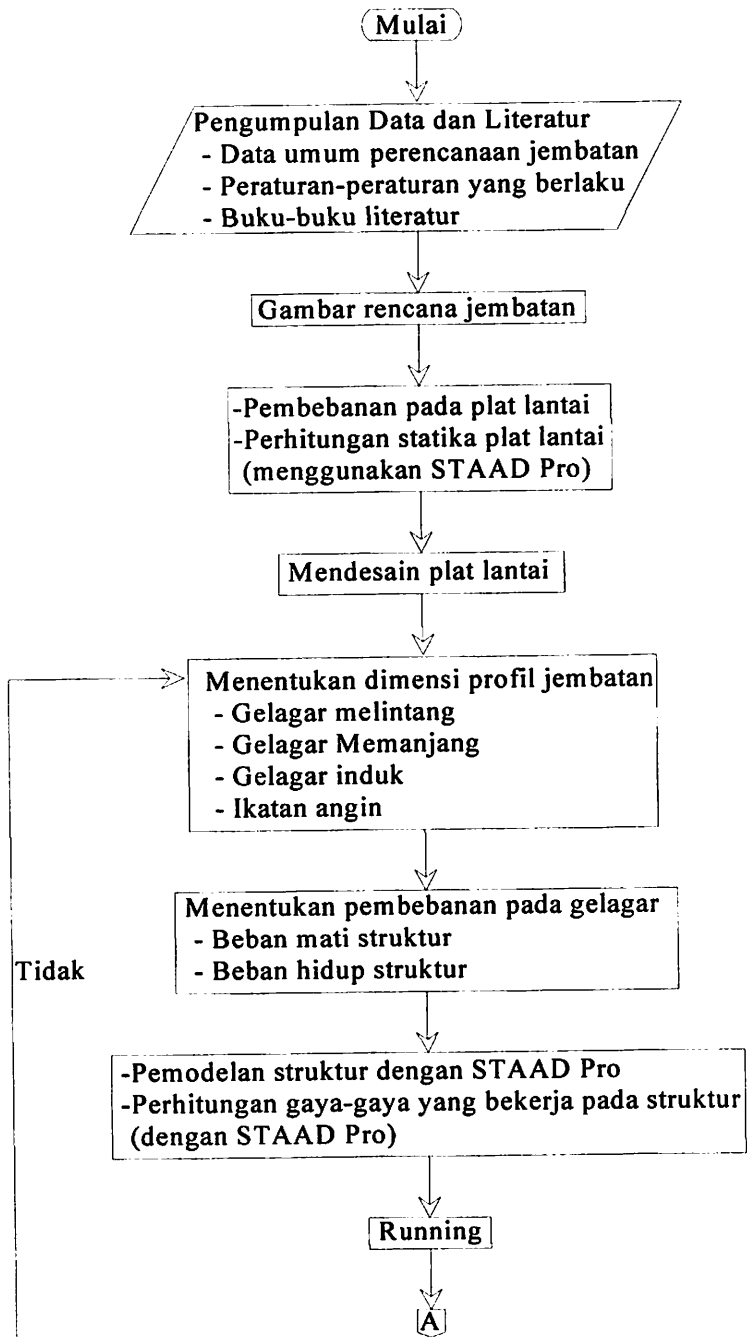


Gambar 3.1. Potongan Memanjang Jembatan

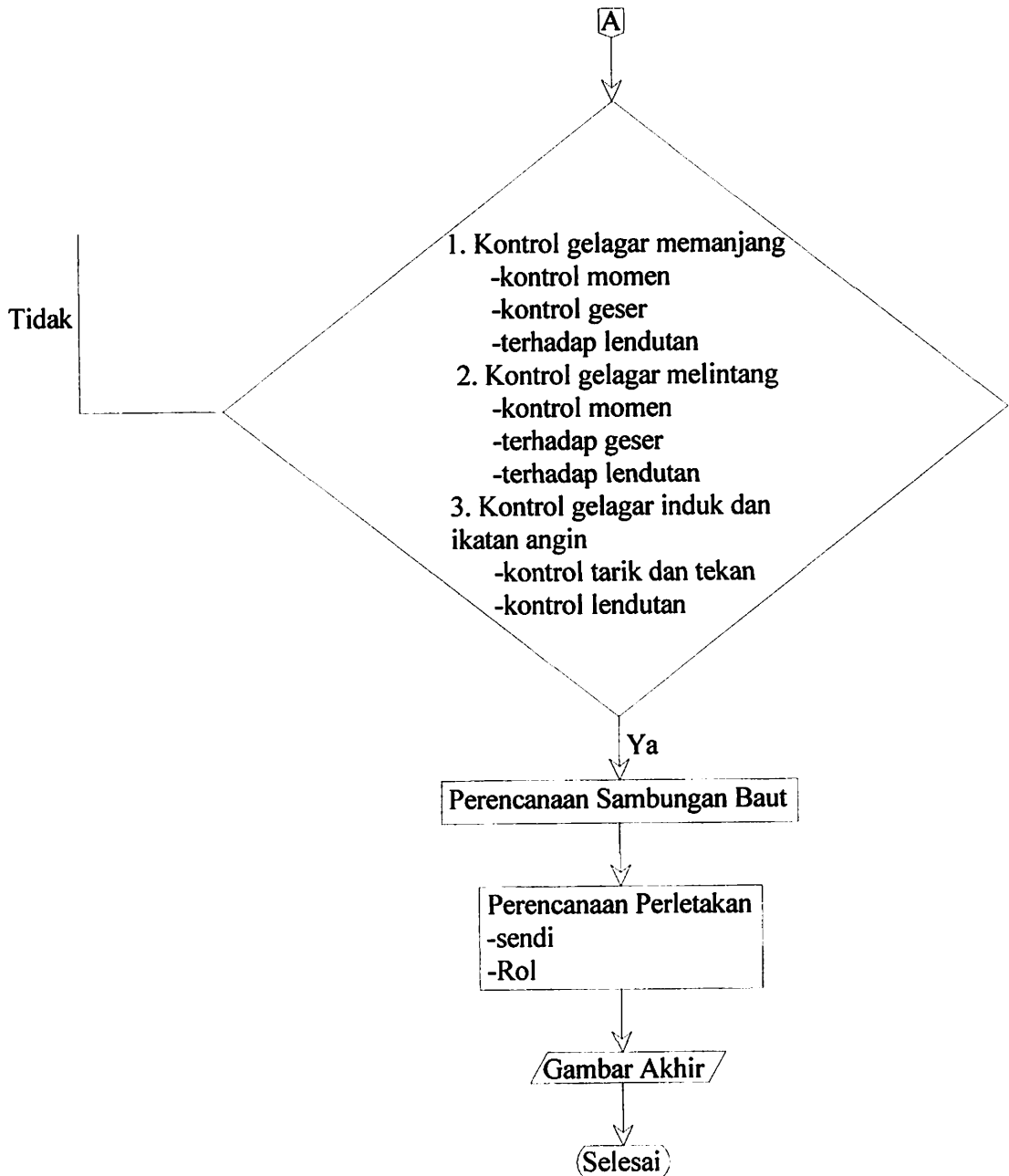


Gambar 3.2. Potongan Melintang Jembatan

### 3.3. Diagram Alir Perencanaan







**BAB IV**  
**ANALISA DATA**  
**DAN PERENCANAAN JEMBATAN**

**4.1. Perhitungan Pembebanan**

**4.1.1. Perhitungan Pembebanan Lantai Kendaraan dan Trotoar**

**a. Plat lantai kendaraan ( diambil per 1 meter )**

**Beban Mati ( qd )**

$$\text{Berat sendiri lantai kendaraan} = 0,25 \times 1 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 780 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat aspal} = 0,05 \times 1 \times 1 \times 2240 \times 1,3 = 145,6 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat air hujan} = 0,05 \times 1 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat steel deck (0,76 mm)} = \frac{1 \times 1 \times 8,48 \times 1,1}{1} = 9,328 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{qd} = 1034,928 \text{ kg/m}^2$$

**Beban Hidup ( ql )**

Beban lantai kendaraan untuk jembatan kelas I BM/standart truck

Berdasarkan (RSNI T – 02 – 2005, halaman 22) 112,5 kN dengan Factor

beban = 1,8.

Maka ,Beban hidup terfaktor = 11250 kg x 1,8 = 20250 kg

## **b. Trotoar**

### **Beban Mati ( qd ) ( diambil per 1 meter )**

- Berat sendiri lantai trotoar =  $0,55 \times 1 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 1716 \text{ kg/m}^2$
  - Berat tegel + spesi =  $0,05 \times 1 \times 1 \times 2240 \times 1,3 = 145,60 \text{ kg/m}^2$
  - Berat air hujan =  $0,05 \times 1 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}^2$
  - Berat steel deck (0,76 mm) =  $\frac{1 \times 1 \times 8,48 \times 1,1}{1} = 9,328 \text{ Kg/m}^2$
- qd = 1970,928 kg/m<sup>2</sup>

### **Beban hidup ( ql )**

Beban guna sebesar (ql) = 500 kg/m<sup>2</sup> (RSNI T-02-2005, halaman 27)

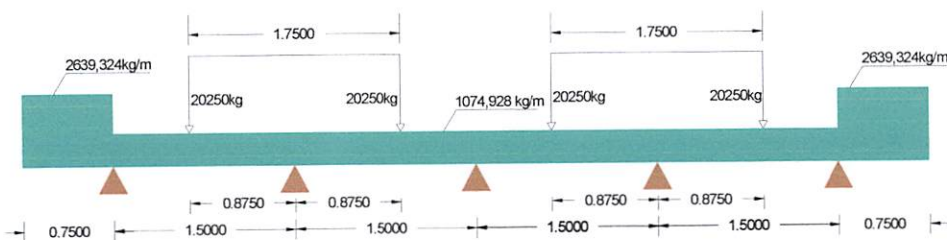
$$\begin{aligned} ql &= 500 && (1,8 = \text{factor beban pejalan kaki}) \\ &= 500 \times 1 \times 1,8 \\ &= 900 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### **Beban terfaktor trotoir**

$$\begin{aligned} Qu &= qd + ql \\ &= 1970,928 + 900 \\ &= 2870,928 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

## 4.1.2. Perhitungan statika

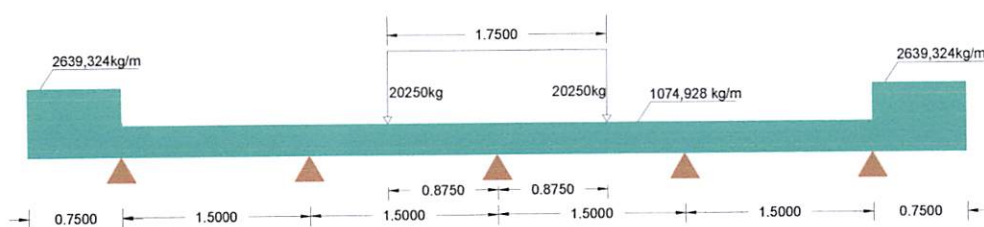
### Kondisi I



Gambar 4.1. Kondisi pembebanan 1 pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro).

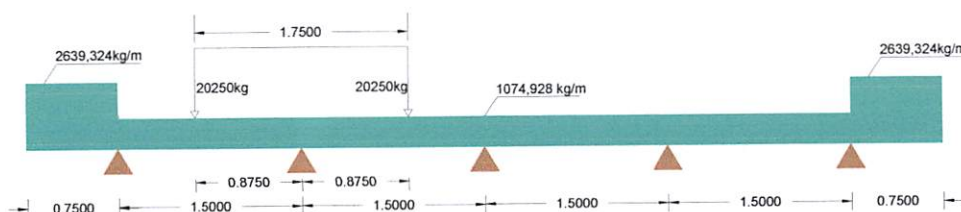
### Kondisi II



Gambar 4.2 Kondisi pembebanan 2 pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro).

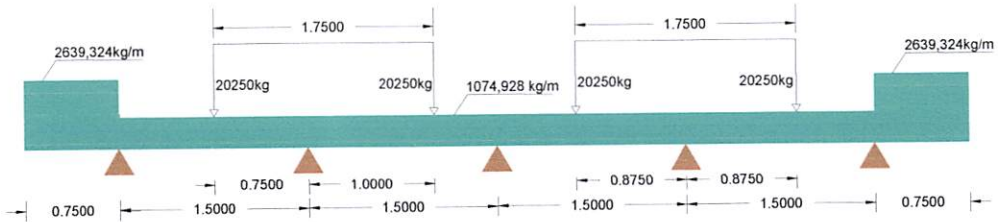
### Kondisi III



Gambar 4.3 Kondisi pembebanan 3 pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro).

**Kondisi IV**



Gambar 4.4 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro).

Tabel 4.1 momen maksimum tumpuhan, lapangan dan trotoar

Kondisi	Momen Max. Tumpuhan	Momen Max. Lapangan	Momen Max. Trotoar
I	42,314 kNm	54,201 kNm	5,933 kNm
II	43,858 kNm	45,699 kNm	5,933 kNm
III	46,672 kNm	52,358 kNm	5,933 kNm
IV	42,483 kNm	54,130 kNm	5,933 kNm

## 4.2. Penulangan Plat Lantai

### 4.2.1. Penulangan plat lantai kendaraan

Dengan penulangan statika menggunakan software STAAD Pro didapat momen maximum pada kondisi I

#### Kontrol momen negatif (-)

$$M_{\max} = 54,201 \text{ kN.m}$$

$$\text{Jadi, } \mu = 54201000 \text{ Nmm}$$

Direncanakan tulangan D13

$$d = 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 203,6 \text{ mm}$$

$$d' = 250 - 203,6 = 46,4 \text{ mm}$$

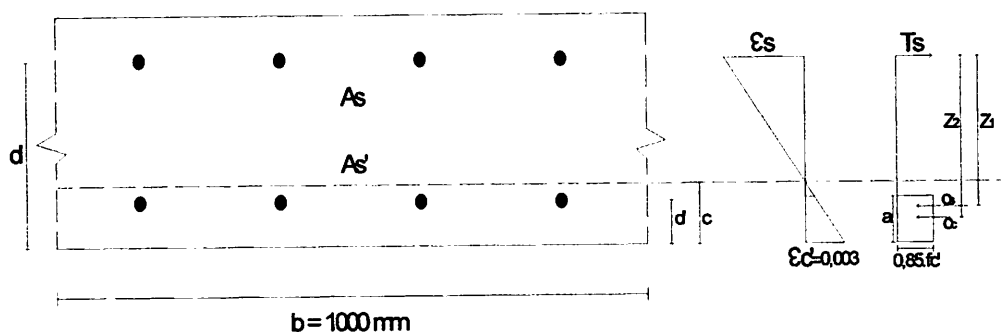
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

$$A_s = \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 1000 \right) / 200 = 663,325 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 663,325 \text{ mm}^2$$

#### Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral  $> d'$  :



$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c' \times E_s = \frac{c-d'}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{c-d'}{c} \times 600$$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c' \times E_s = \frac{d-c}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{d-c}{c} \times 600$$

$$(f'c > 30, \beta = 0,85 - (f'c - 30) 0,005/7)$$

$$\beta = 0,85 - (35 - 30) 0,005/7)$$

$$\beta = 0,84642857 \text{ dibulatkan 2 angka dibelakang koma } 0,85$$

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') - A_s \cdot f_s = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 1000)c + 663,325 \cdot \left(\frac{c - d'}{c} \times 600 - 0,85 \cdot f_c'\right) - 663,325 \cdot \frac{d - c}{c} \times 600$$

$$= 0$$

$$25287,5 \cdot c + 663,325 \left(\frac{c - 46,4}{c} \times 600 - 0,85 \cdot 35\right) - 663,325 \cdot \frac{203,6 - c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + \left(\frac{378261,081c - 18466968}{c}\right) - \left(\frac{81031782 - 397995c}{c}\right) = 0$$

$$\left(25287,5 \cdot c + \left(\frac{378261,081c - 18466968}{c}\right) - \left(\frac{81031782 - 397995c}{c}\right)\right) \times c = 0$$

$$25287,5 \cdot c^2 + 378261,081c - 18466968 - 81031782 + 397995c = 0$$

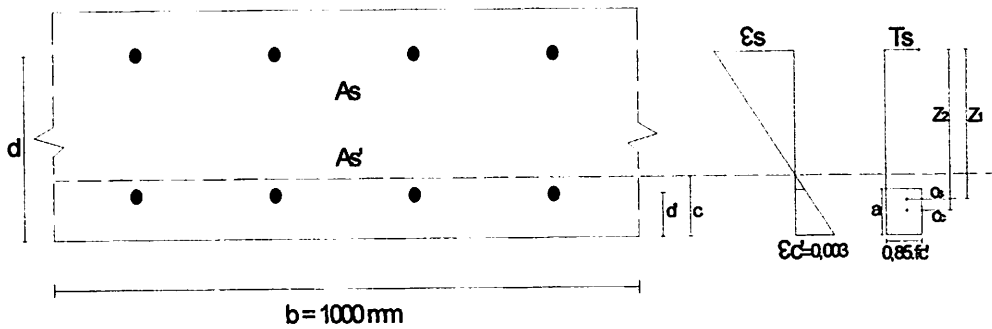
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081c - 99498750 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c_1 = 49,229 \text{ mm}$$

$$c_2 = -79,926 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \text{ atau } a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 49,229 = 41,845 \text{ mm}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{49,229 - 46,4}{49,229} \times 600 = 34,480 \text{ Mpa} < f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena  $f_s' < f_y$ , maka dipakai  $f_s' = 34,480 \text{ Mpa}$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times 600 = \frac{203,6 - 49,229}{49,229} \times 600 = 1881,464 \text{ Mpa} > f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena  $f_s > f_y$ , maka dipakai  $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$T_s = A_s \times f_s$$

$$= 663,325 \times 320$$

$$= 212264 \text{ Nmm}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 41,845 \times 1000$$

$$= 1244888,750 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times (f_s' - 0,85 f_c')$$

$$= 663,325 \times (34,480 - 0,85 \times 35)$$

$$= 3137,527 \text{ N}$$

$$Z_1 = d - \left( \frac{1}{2} \times a \right)$$

$$= 203,6 - \left( \frac{1}{2} \times 41,845 \right)$$

$$= 182,678 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 Z_2 &= d - d' \\
 &= 203,6 - 46,4 \\
 &= 157,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena  $a < d$ , maka :

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2 \\
 &= (1244888,750 \times 182,678) + (3137,527 \times 157,2) \\
 &= 227413787,1 + 493219,244 \\
 &= 227907006,3 \text{ Nmm} = 227,907 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \Phi \times M_n \\
 &= 0,85 \times 227,907 \\
 &= 193,721 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$M_r > M_u$$

$$193,721 \text{ kNm} > 54,201 \text{ KNm}$$

Jadi dipakai tulangan rangkap : D13 – 200 mm ( untuk tulangan tarik)

D13 – 200 mm ( untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{bagi}}} &= 20\% \cdot A_{S_{\text{pertu}}} \\
 &= 0,2 \cdot 663,325 = 132,665 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$n = \frac{A_{S_{\text{bagi}}}}{A_{S_{\text{ada}}}} = \frac{132,665}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,000 \sim 4 \text{ tulangan}$$

$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm

### Kontrol momen positif (+)

Mmax = 46,672 kN.m (kondisi pembebanan III)

Jadi, Mu = 46.672.000 Nmm

Direncanakan tulangan D 13

$$d = 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 203,6 \text{ mm}$$

$$d' = 250 - 203,6 = 46,4 \text{ mm}$$

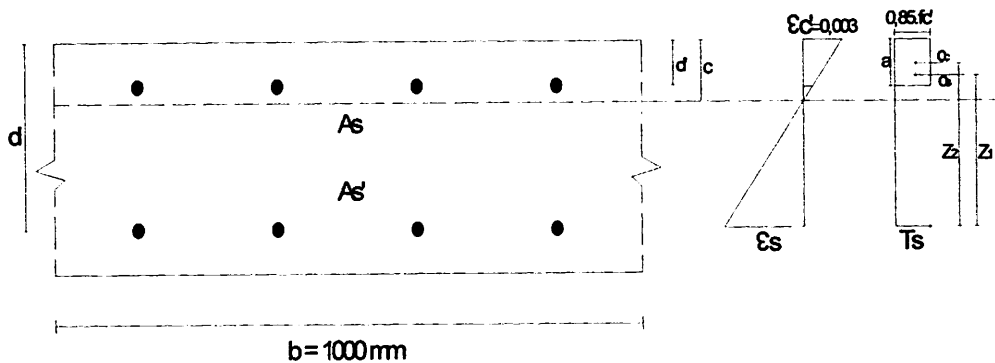
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

$$A_s = (1/4 \times \pi \times 13^2 \times 1000)/200 = 663,325 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 663,325 \text{ mm}^2$$

### Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral > d' :



$$f_s = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c \times E_s = \frac{c-d'}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{c-d'}{c} \times 600$$

$$f_s' = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c \times E_s = \frac{d-c}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{d-c}{c} \times 600$$

$$(f_c > 30, \beta = 0,85 - (f_c - 30) 0,005/7)$$

$$\beta = 0,85 - (35-30) 0,005/7)$$

$\beta = 0,84642857$  dibulatkan 2 angka dibelakang koma 0,85

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A_s \cdot (f_s - 0,85 \cdot f_c') - A_s' \cdot f_s' = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 1000)c + 663,325 \cdot \left(\frac{c-d'}{c} \times 600 - 0,85 \cdot f_c'\right) - 663,325 \cdot \frac{d-c}{c} \times 600$$

$$= 0$$

$$25287,5 \cdot c + 663,325 \left(\frac{c-46,4}{c} \times 600 - 0,85 \cdot 35\right) - 663,325 \cdot \frac{203,6-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + \left(\frac{378261,081c - 18466968}{c}\right) - \left(\frac{81031782 - 397995c}{c}\right) = 0$$

$$\left(25287,5 \cdot c + \left(\frac{378261,081c - 18466968}{c}\right) - \left(\frac{81031782 - 397995c}{c}\right)\right) \times c = 0$$

$$25287,5 \cdot c^2 + 378261,081c - 18466968 - 81031782 + 397995c = 0$$

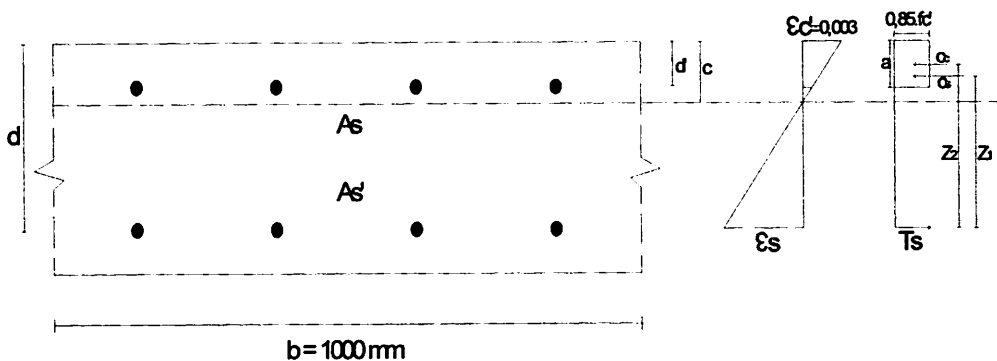
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081c - 99498750 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c_1 = 49,229 \text{ mm}$$

$$c_2 = -79,926 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \text{ atau } a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 49,229 = 41,845 \text{ mm}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$f_s = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{49,229-46,4}{49,229} \times 600 = 34,480 \text{ Mpa} < f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena  $f_s < f_y$ , maka dipakai  $f_s' = 34,480 \text{ Mpa}$

$$f_s' = \frac{d-c}{c} \times 600 = \frac{203,6-49,229}{49,229} \times 600 = 1881,464 \text{ Mpa} > f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena  $f_s > f_y$ , maka dipakai  $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s' \times f_s' \\ &= 663,325 \times 320 \\ &= 212264 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f_c' \times a \times b \\ &= 0,85 \times 35 \times 41,845 \times 1000 \\ &= 1244888,750 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s ( f_s - 0,85 f_c' ) \\ &= 663,325 \times ( 34,480 - 0,85 \times 35 ) \\ &= 3137,527 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= d - ( \frac{1}{2} \times a ) \\ &= 203,6 - ( \frac{1}{2} \times 41,845 ) \\ &= 182,678 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= d - d' \\ &= 203,6 - 46,4 \\ &= 157,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena  $a < d$ , maka :

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2 \\ &= ( 1244888,750 \times 182,678 ) + ( 3137,527 \times 157,2 ) \end{aligned}$$

$$= 227413787,1 + 493219,244$$

$$= 227907006,3 \text{ Nmm} = 227,907 \text{ kNm}$$

$$M_r = \Phi \times M_n$$

$$= 0,85 \times 227,907$$

$$= 193,721 \text{ kNm}$$

Kontrol

$$M_r > M_u$$

$$193,721 \text{ kNm} > 46,672 \text{ KNm}$$

Jadi dipakai tulangan rangkap : D13 – 200 mm ( untuk tulangan tarik)  
D13 – 200 mm ( untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

$$A_{S_{\text{bagi}}} = 20\% \cdot A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$= 0,2 \cdot 663,325 = 132,665 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$n = \frac{A_{S_{\text{bagi}}}}{A_{S_{\text{ada}}}} = \frac{132,665}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,000 \sim 4 \text{ tulangan}$$

$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm

#### 4.2.2. Penulangan Lantai Trotoir

##### Kontrol momen positif (+)

$$M_{max} = 5,933 \text{ kNm}$$

$$\text{Jadi, } \mu = 5.933.000 \text{ N.mm}$$

Dicoba tulangan D13

$$d = 550 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 503,5 \text{ mm}$$

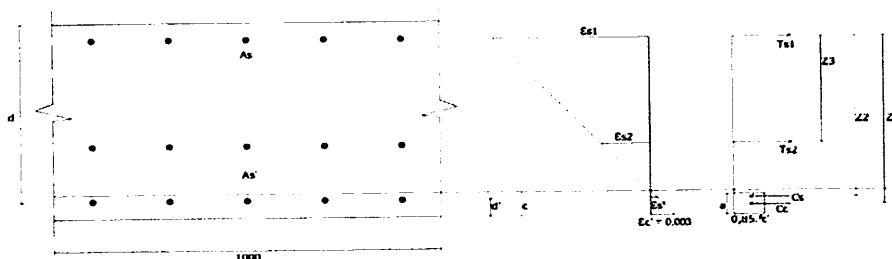
$$d' = 550 - 503,5 = 46,5 \text{ mm}$$

Dicoba D13 dengan jarak 200 mm

$$A_s = (1/4 \times \pi \times 13^2 \times 1000)/200 = 663,325 \text{ mm}^2$$

##### Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral  $> d'$  :



$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c' \times E_s = \frac{c-d'}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{c-d'}{c} \times 600$$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c' \times E_s = \frac{d-c}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{d-c}{c} \times 600$$

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_{s2} - T_{s1} = 0$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') - A_{s2} \cdot f_{s2} - A_{s1} \cdot f_{s1} = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 1000)c + 663,325 \cdot \left(\frac{c-d'}{c} \times 600 - 0,85 \cdot f_c'\right) - 663,325 \cdot$$

$$\frac{d-c}{c} \times 600 - 663,325 \cdot \frac{d-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + 663,325 \cdot \left( \frac{c-46,5}{c} \times 600 - 0,85 \cdot 35 \right) - 663,325 \cdot \frac{503,5-c}{c} \times 600 - 663,325 \cdot \frac{503,5-c}{c} \times 600 = 0$$

$$\left( 25287,5 \cdot c + \left( \frac{378261,081c - 18506767,5}{c} \right) - \left( \frac{200390482,5 - 397995c}{c} \right) - \left( \frac{200390482,5 - 397995c}{c} \right) \right) \cdot c = 0$$

$$25287,5 \cdot c^2 + 378261,081 \cdot c - 18506767,5 - 200390482,5 + 397995c - 200390482,5 + 397995c = 0$$

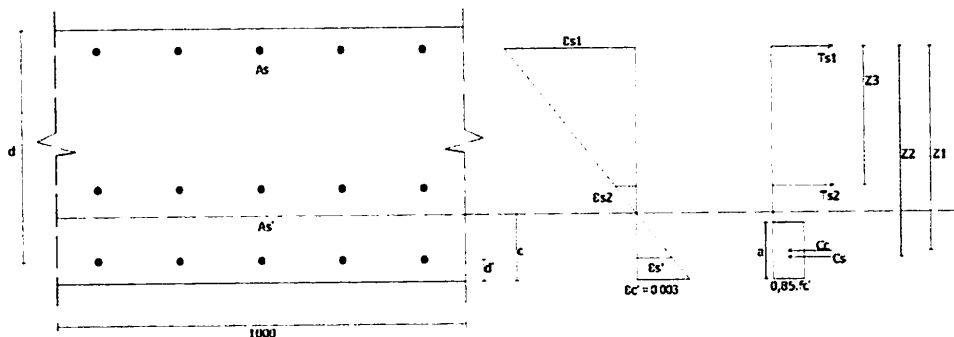
$$25287,5 \cdot c^2 + 1174251,081 - 419287732,5 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c1 = 107,625 \text{ mm}$$

$$c2 = -154,061 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 107,625 = 91,483 \text{ mm}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{107,625-46,5}{107,625} \times 600 = 340,766 \text{ Mpa} < f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena  $f_s' < f_y$ , maka dipakai  $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times 600 = \frac{503,5-107,625}{107,625} \times 600 = 2206,970 \text{ Mpa} > f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena  $f_s > f_y$ , maka dipakai  $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 91,483 \cdot 1000 \\ &= 2721619,250 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 663,325 (320 - 0,85 \cdot 35) \\ &= 192530,081 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{s_2} &= A_s \cdot f_s \\ &= 663,325 \cdot 320 \\ &= 212264 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\ &= 503,5 - (1/2 \times 91,483) \\ &= 457,759 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= d - d' \\ &= 503,5 - 46,5 \\ &= 457 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_3 &= d - d' - Z_{2\text{plat lantai}} \\ &= 503,5 - 46,5 - 157,2 \\ &= 299,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 - T_s \cdot Z_3 \\ &= (2721619,250 \times 457,759) + (192530,081 \times 457) - (212264 \times 299,8) \\ &= 1270195206 \text{ N.mm} \\ &= 1270,195 \text{ kN.m} \end{aligned}$$



$$M_r = \phi \cdot M_n = 0,85 \times 1270,195 = 1079,666 \text{ kN.m}$$

$$M_r = 1079,666 \text{ mKN.m} > M_u = 5,933 \text{ KN.m} \dots\dots\dots \text{OK!!}$$

Jadi dipakai tulangan rangkap : D13 – 200 mm ( untuk tulangan tarik)

D13 – 200 mm ( untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

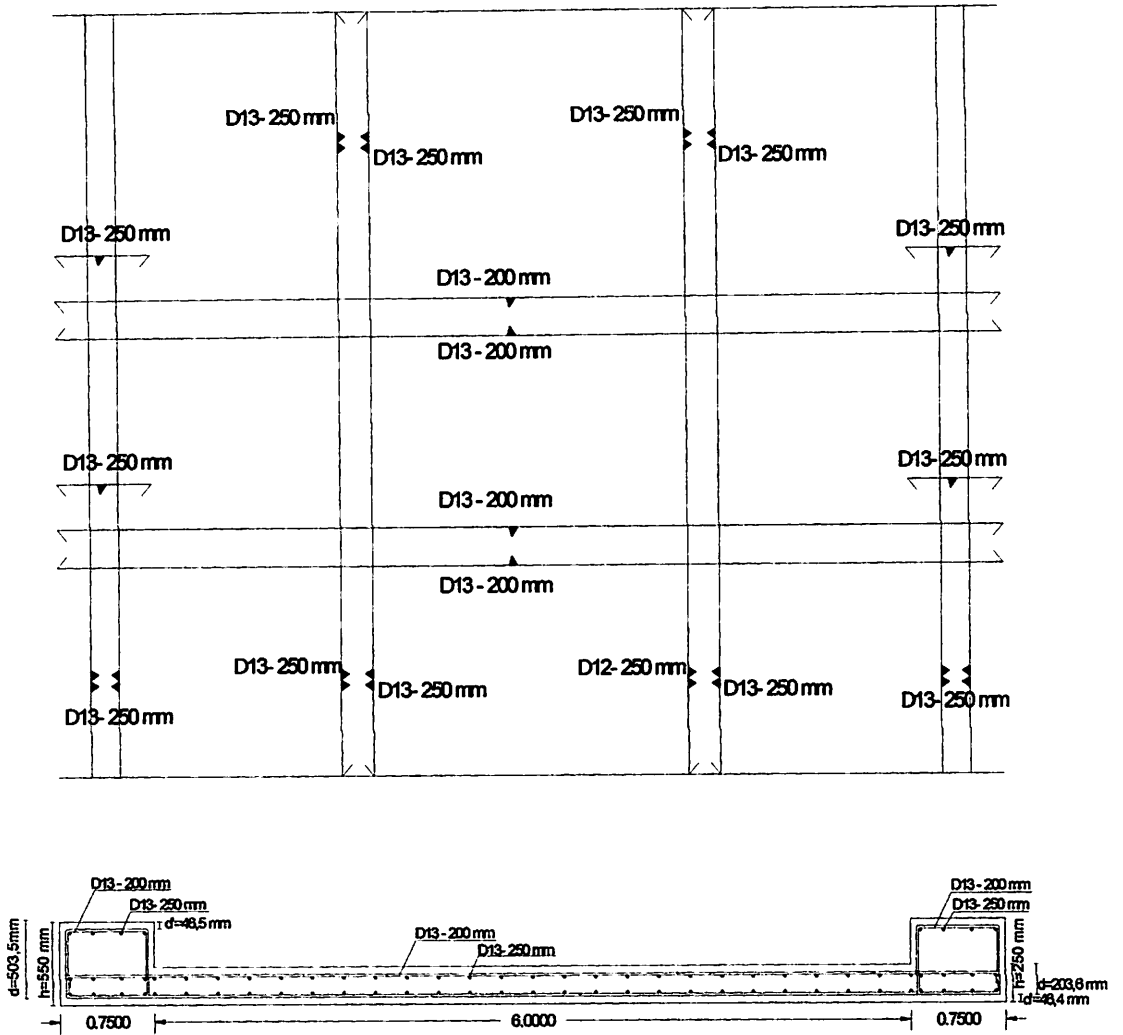
$$\begin{aligned} A_{S_{\text{bagi}}} &= 20\% \cdot A_{S_{\text{perlu}}} \\ &= 0,2 \cdot 663,325 = 132,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$n = \frac{A_{S_{\text{bagi}}}}{A_{S_{\text{ada}}}} = \frac{132,665}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,000 \sim 4 \text{ tulangan}$$

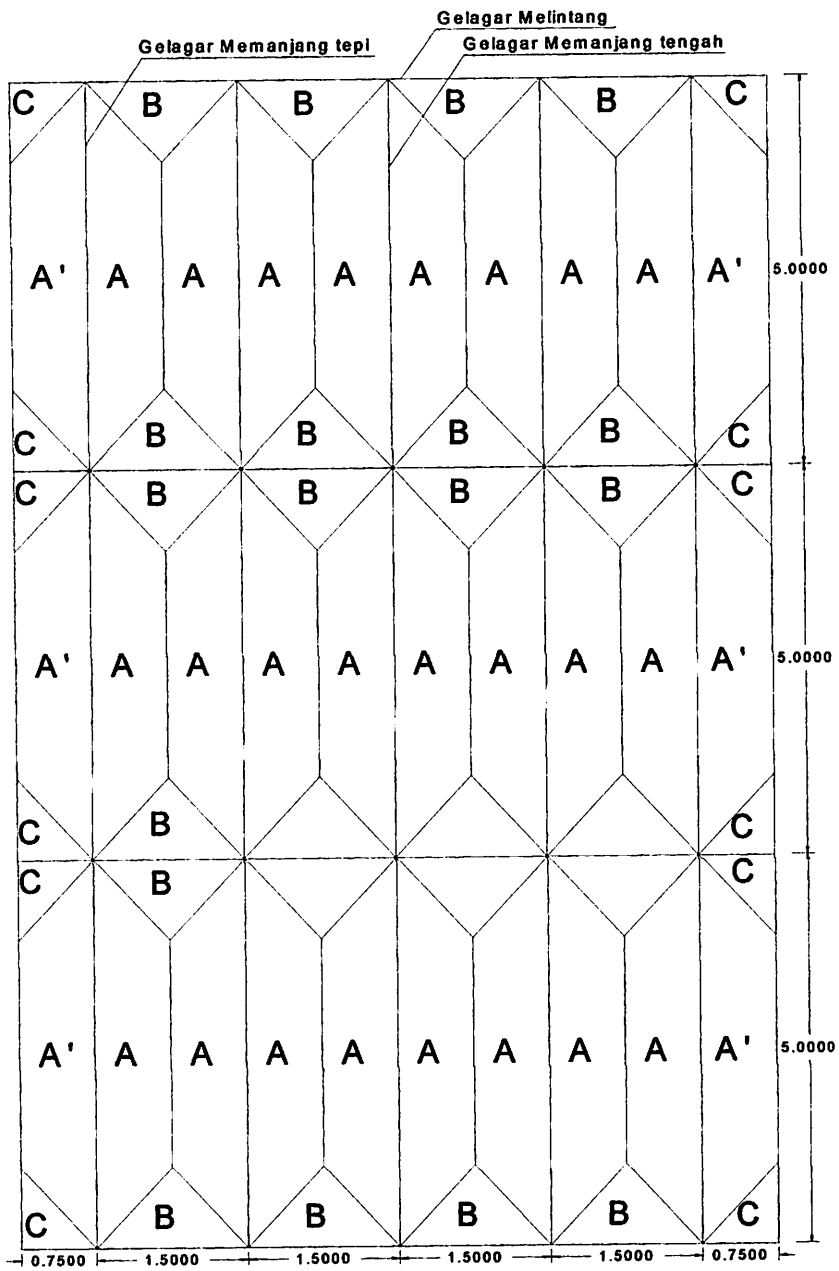
$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm



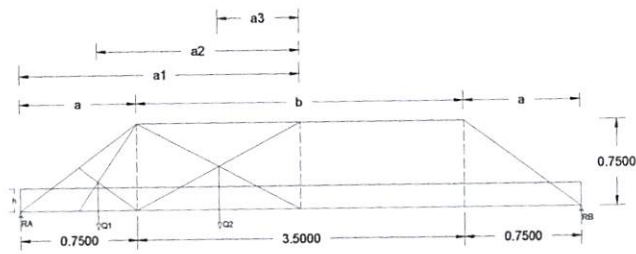
Gambar 4.5 penulangan plat lantai kendaraan dan trotoar

### 4.3. Perataan Beban



Gambar 4.6 perataan beban untuk plat lantai kendaraan dan trotoar

✚ Perataan Beban Tipe A = A'



$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 0,75 = 0,28125 \quad a_1 = (0,75 + \frac{1}{2} \cdot 3,5) = 2,5 \text{ m}$$

$$Q_2 = 1,75 \cdot 0,75 = 1,313 \quad a_2 = (\frac{1}{3} \cdot 0,75 + \frac{1}{2} \cdot 3,5) = 2 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2 \quad a_3 = \frac{1}{4} \cdot 3,5 = 0,875 \text{ m}$$

$$= 0,281 + 1,313 = 1,594$$

$$M_1 = (R_A \times a_1) - [(Q_1 \times a_2) - (Q_2 \times a_3)]$$

$$= (1,594 \times 2,5) - [(0,281 \times 2) - (1,313 \times 0,875)]$$

$$= 2,274$$

$$M_{II} = \frac{1}{8} \cdot h \cdot l^2$$

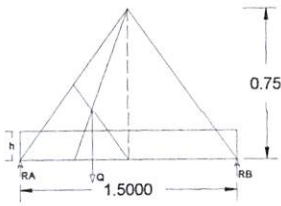
$$= \frac{1}{8} \cdot h \cdot 5^2 = 3,125 h$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$2,274 = 3,125 h$$

$$h = 0,728 \text{ m}$$

✚ Perataan Beban Tipe B



$$Q = \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 0,75 = 0,2813$$

$$R_A = R_B = 0,2813$$

$$\begin{aligned} M_1 &= (R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,5) - (Q \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,75) \\ &= (0,2813 \cdot 0,75) - (0,2813 \cdot 0,25) \\ &= 0,1406 \end{aligned}$$

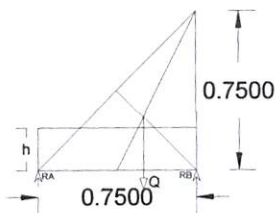
$$\begin{aligned} M_{II} &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot 1,5^2 = 0,28125 h \end{aligned}$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$0,1406 = 0,28125 h$$

$$h = 0,500 \text{ m}$$

✚ Perataan Beban Tipe C



$$Q = \frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,75 = 0,28125$$

$$R_A = R_B = Q = 0,28125$$

$$\begin{aligned} M_1 &= (R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,75) - (Q \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,75) \\ &= (0,28125 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,75) - (0,28125 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,75) \end{aligned}$$

$$= 0,0352$$

$$M_{11} = 1/8 \cdot h \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot h \cdot 0,75^2 = 0,07031 h$$

$$M_1 = M_{11}$$

$$0,0352 = 0,07031 h$$

$$h = 0,501 \text{ m}$$

#### 4.4. Perencanaan Gelagar Memanjang

- Jarak gelagar memanjang = 1,5 m      -  $q_u$  trtoar = 1970,928 kg/m<sup>2</sup>

- Jarak gelagar melintang = 5,0 m      -  $q_u$  plat lantai = 1034 kg/m<sup>2</sup>

##### 4.4.1. Perhitungan pembebanan

###### a. Beban Mati

- ✓ Akibat berat lantai trotoir (untuk gelagar tepi)

$$q_u = (\text{peretaan beban tipe A}' \times q \text{ plat trotoir}) + (\text{peretaan beban tipe A} \times q \text{ plat lantai})$$

$$q_u = (0,728 \times 1970,928) + (0,728 \times 1034,928)$$

$$q_u = 2188,264 \text{ kg/m}$$

- ✓ Akibat berat lantai kendaraan (untuk gelagar tengah)

$$q_u = (2 \times \text{peretaan beban tipe A} \times q \text{ plat lantai kendaraan})$$

$$q_u = (2 \times 0,728 \times 1034,928)$$

$$q_u = 1506,855 \text{ kg/m}$$

dari dua jenis beban mati diatas diambil nilai  $q_u$  yang terbesar yaitu ( $q_u$ ) =

$$2188,264 \text{ kg/m}$$

## b. Beban Hidup "D"

Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (UDL) yang digabung dengan beban garis (KEL). Beban terbagi rata UDL mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$  sebagai berikut :

$$L = 50 \text{ m} \rightarrow L \geq 30 \text{ m (RSNI T - 02 - 2005, halaman : 18)}$$

$$\begin{aligned} q &= 9 \cdot \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \\ &= 9 \cdot \left( 0,5 + \frac{15}{50} \right) \text{ kPa} \\ &= 7,2 \text{ kPa} = 720 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

✓ Muatan terbagi rata ; faktor beban 1,8 (RSNI T - 02 - 2005, halaman : 18)

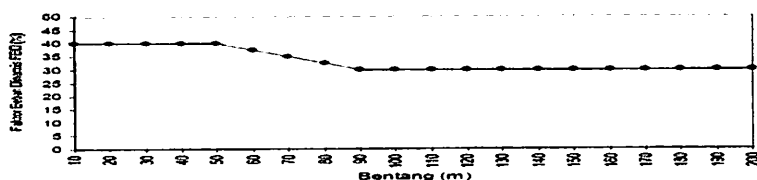
$$q = 720 \text{ kg/m}^2$$

✓ Akibat beban garis  $P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$  ; faktor beban 1,8 (RSNI T - 02 - 2005, halaman : 18)

$$P = 4900 \text{ kg/m}$$

Faktor beban dinamis / koefisien kejut

Berdasarkan RSNI-T-02-2005, halaman : 25, nilai dari factor beban dinamis tergantung pada panjang bentangan jembatan ( $L$ ).



Gambar 4.7 faktor beban dinamis

Utuk  $L \leq 50$  m,  $L = 50$  maka :  $\longrightarrow$  FBD = 0,4

Maka :  $k = 1 + DLA$

$$= 1 + 0,40 = 1,40$$

Perbandingan beban hidup gelagar akibat beban lajur "D"

**1) Gelagar tengah**

$$q_u = \left( \frac{720}{2,75} \right) \times (2 \times \text{perataan tipe A}) \times 1,8$$

$$= \left( \frac{720}{2,75} \right) \times (2 \times 0,728) \times 1,8$$

$$= 686.173 \text{ kg/m}$$

$$P_u = \left( \frac{4900}{2,75} \right) \times (0,728 + 0,728) \times 1,8 \times k$$

$$= 1781,818 \times 1,456 \times 1,8 \times 1,40 = 6537,760 \text{ kg}$$

**2) Gelagar tepi**

$$q_u = \left( \frac{720}{2,75} \right) \times (\text{perataan tipe A}' + \text{perataan tipe A}) \times 1,8$$

$$= \left( \frac{720}{2,75} \right) \times (0,728 + 0,728) \times 1,8$$

$$= 686.173 \text{ kg/m}$$

$$P_u = \left( \frac{4900}{2,75} \right) \times (0,728 + 0,728) \times 1,8 \times k$$

$$= 1781,818 \times 1,456 \times 1,8 \times 1,40 = 6537,760 \text{ kg}$$

Karena hasil perhitungan beban lajur "D" yang bekerja pada gelagar tepi dan gelagar tengah memiliki nilai yang sama maka diambil salah satu nilai.



- c. Akibat beban hidup yang bekerja pada gelagar tepi (Beban hidup trotoar + beban hidup terbagi rata lantai kendaraan “BGT”)

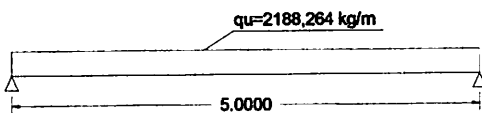
$$\begin{aligned}
 qL &= (\text{beban hidup trotoir} \times \text{tinggi perataan tipe A}' \times \text{faktor beban}) + \\
 &\quad \text{beban terbagi rata lantai kendaraan} \\
 &= (500 \times 0,728 \times 1,8) + \left(\frac{720}{2,75}\right) \times \text{perataan tipe A} \times 1,8 \\
 &= 655,2 \text{ kg/m} + \left(\frac{720}{2,75}\right) \times 0,728 \times 1,8 \\
 &= 655,2 \text{ kg/m} + 343,087 \text{ kg/m} \\
 &= 998,287 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.2. Perhitungan Statika

Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar memanjang.

- a. Akibat beban mati

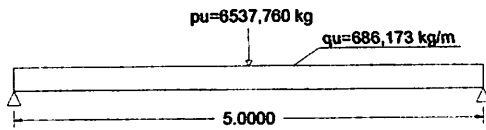
$$\begin{aligned}
 q_u &= \text{beban mati akibat berat lantai kendaraan untuk gelagar tepi} \\
 &= 2188,264 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \cdot 2188,264 \cdot 5,0 \\
 &= 5470,660 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u1} &= \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \cdot 2188,264 \cdot 5^2 = 6838,325 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

**b. Akibat beban lajur "D"**



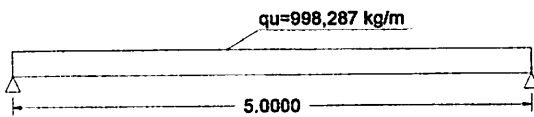
$$R_A = R_B = \frac{1}{2} ((686,173 \cdot 5,0) + 6537,760)$$
$$= 4984,313 \text{ kg}$$

$$Mu_2 = (\frac{1}{8} \cdot qu \cdot l^2) + (\frac{1}{4} \cdot Pu \cdot l)$$
$$= (\frac{1}{8} \cdot 686,173 \cdot 5^2) + (\frac{1}{4} \cdot 6537,760 \cdot 5)$$
$$= 10316,491 \text{ kgm}$$

**c. Akibat beban hidup (trotoar + beban terbagi rata)**

$qu$  = beban hidup yang bekerja pada trotoar

$$= 998,287 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 998,287 \cdot 5,0$$
$$= 2495,718 \text{ kg}$$

$$Mu_3 = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot l^2$$
$$= \frac{1}{8} \cdot 998,287 \cdot 5^2 = 3119,647 \text{ kgm}$$

Momen total =  $Mu_1 + Mu_2 + Mu_3$

$$= 6838,325 + 10316,491 + 3119,647$$
$$= 20274,463 \text{ kgm}$$

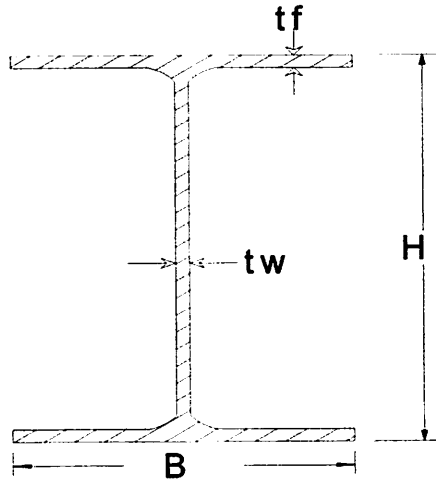
Gaya Geser Total =  $V_1 + V_2 + V_3$

$$= 5470,660 + 4984,313 + 2495,718$$
$$= 12950,691 \text{ kg}$$

#### 4.4.3. Perencanaan dimensi gelagar memanjang

##### A. Penentuan dimensi profil gelagar memanjang

Direncanakan baja WF 350 x 175 x 7 x 11



$G = 49,56 \text{ kg/m}$	$\sigma = 4100 \text{ kg/cm}^2$
$A = 63,14 \text{ cm}^2$	$h = 350 \text{ mm}$
$I_x = 13600 \text{ cm}^4$	$t_w = 7 \text{ mm}$
$I_y = 984 \text{ cm}^4$	$t_f = 11 \text{ mm}$
$r_x = 14,68 \text{ cm}$	$Z_x = 841 \text{ cm}^3$
$r_y = 3,95 \text{ cm}$	$Z_y = 172 \text{ cm}^3$
$r = 1,4 \text{ cm}$	$b = 175 \text{ mm}$

*Tabel profil baja WF berdasarkan metode LRFD dan SNI 03 – 1729 – 2002,*

*Penerbit : ITS*

## B. Kontrol kelangsingan dan kekompakan penampang lentur

✓ Kontrol kelangsingan penampang

$$\lambda_f = \frac{b}{2tf} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,955 \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,396 \dots \text{OK}$$

$$\lambda_w = \frac{h}{2tw} = \frac{350 - 2(14 + 11)}{2 \times 7} = 21,430 \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,969 \dots \text{OK}$$

✓ Persyaratan penampang kompak

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\lambda_f \leq \lambda_p = 7,955 \leq 8,396 \dots \text{OK}$$

$$\lambda_w \leq \lambda_p = 21,430 \leq 82,969 \dots \text{OK}$$

Karena memenuhi persamaan  $\lambda \leq \lambda_p$  maka Penampang dinyatakan Kompak.

*Agus Setiawan. 2008 .Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD. jilid 1 hal.87*

## C. Perhitungan Balok Komposit

✚ Perhitungan  $b_{\text{eff}}$

$$L = 5 \text{ m} = 500 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} < \frac{1}{4} \times L$$

$$< \frac{1}{4} \times 500$$

$$< 125 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = s \longrightarrow s = \text{jarak antar gelagar memanjang}$$

$$< 1,5 \text{ m}$$

$$< 150 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} < \left(\frac{1}{2} \times S. \text{kiri} + \frac{1}{2} \times S. \text{kanan}\right)$$

$$< \left(\frac{1}{2} \times 1,5 + \frac{1}{2} \times 1,5\right)$$

$$< 1,5 \text{ m} = 150 \text{ m}$$

Maka dipakai nilai  $b_{\text{eff}}$  yg terkecil yaitu 125 cm

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$E_s$  = Modulus elastisitas baja ( $2,1 \times 10^5$  Mpa )

$E_c$  = Modulus elastisitas beton ( $4700 \cdot \sqrt{f'c}$  )

$$= (4700 \cdot \sqrt{35})$$

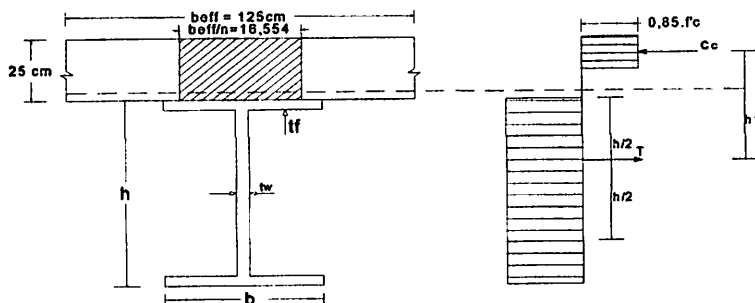
$$= 2,781 \times 10^4 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{2,1 \times 10^5}{2,781 \times 10^4}$$

$$= 7,551$$

$$\frac{b_{\text{eff}}}{n} = \frac{125}{7,551}$$

$$= 16,554 \text{ cm}$$



Gambar 4.8 distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal  $M_n$

Tabel 4.2 perhitungan letak garis netral penampang komposit

NO	Luas penampang A ( cm <sup>2</sup> )	Lengan Momen Y ( cm )	Statis Momen A . Y ( cm <sup>3</sup> )
1	Beton = 16,554 x 25 = 413,850	$\frac{25}{2} = 12,5$	5173,125
2	Baja = 63,14	$\frac{35}{2} + 25 = 42,5$	2683,45
	$\Sigma A = 476,990$		$\Sigma A.Y = 7856,575$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\Sigma A.Y}{\Sigma A}$$

$$= \frac{7856,575}{476,990}$$

$$= 16,471 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a$$

$$= 25 + 35 - 16,471$$

$$= 43,529 \text{ cm}$$

Tabel 4.3 perhitungan letak garis netral penampang komposit

NO	A ( cm <sup>2</sup> )	Y ( cm )	I <sub>o</sub> ( cm <sup>4</sup> )	d ( cm )	I <sub>o</sub> +Ad <sup>2</sup> ( cm <sup>4</sup> )
1	413,850	$\frac{25}{2} = 12,5$	$\frac{1}{12} \times 16.554 \times 25^3$ = 21554.688	16,471-12.5 = 3,971	28080,603
2	63,14	$\frac{35}{2} + 25 = 42,5$	13600	43.529 - (35/2) = 26,029	56377,908
$\Sigma A =$	497,970			$\Sigma I_x =$	84458,511

Karena  $Y_a = 16,471 \text{ cm} <$  tebal plat beton maka garis netral terletak pada plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya  $C = T$ , maka diperoleh :

$$a = \frac{A_s f_s}{0,85 \cdot f'_{c.be}}$$
$$= \frac{6314 \times 410}{0,85 \cdot 35 \cdot 1250}$$

$$= 69,613 \text{ mm} < \text{Tebal plat (tc)} = 250 \text{ mm}$$

Karena nilai  $a <$  tebal pelat maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik  $A_s \cdot f_s$  yang timbul pada baja.

✓ Tegangan tekan pada serat beton

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot bE$$
$$= 0,85 \times 35 \times 69,613 \times 1250$$
$$= 2588733,438 \text{ N}$$

✓ Tegangan tarik pada serat baja

$$T = A_s \cdot f_y$$
$$= 6314 \times 410$$
$$= 2588740 \text{ N}$$

✚ Menghitung momen ultimit balok komposit ( $M_u$ )

$$M_{u\text{Profil}} = 1/8 \times G \times l^2 \times 1,1 \quad \text{faktor beban (untuk baja} = 1,1)$$
$$= 1/8 \times 49,56 \times 5^2 \times 1,1$$
$$= 170,3625 \text{ kgm}$$

$$M_{u\text{Total}} = 20274,463 + 170,3625$$
$$= 20444,8255 \text{ kgm}$$
$$= 2044482,550 \text{ kgcm}$$

- ✚ Menghitung kuat lentur nominal balok komposit

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cc \left( \frac{d}{2} + t - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 2588733,438 \times \left( \frac{350}{2} + 250 - \frac{69,613}{2} \right) \\
 &= 1010106961 \text{ Nmm} \\
 &= 10101069,61 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

Agus Setiawan. "Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD". Halaman : 293

$$M_n \Phi = 10101069,61 \times 0,9 = 9090962,647 \text{ kgcm}$$

$$M_n \Phi = 9090962,647 \text{ kgcm} > M_u = 2044482,550 \text{ kgcm} \dots\dots\dots\text{OK}$$

- ✚ Kontrol Geser

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\
 &= 0,6 \times 4100 \times ((35 - 2.1,1) \times 0,7) \\
 &= 73603,200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$V_n = 56481,600 \text{ kg} > V_u = 12950,691 \text{ kg} \dots\dots\dots\text{OK}$$

- ✚ Kontrol Lendutan

✓ Lendutan ijin

$$\begin{aligned}
 f_{ijin} &= \frac{1}{240} L && (L = 5m = 500 \text{ cm}) \\
 &= \frac{1}{240} \times 500 \\
 &= 2,083 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



✓ Lendutan ada

$$f_{ada} = \frac{5 \cdot Qu \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Ix} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot Ix}$$
$$= \frac{5 \times (0,66 + 21,88264 + 6,86173 + 9,98287) 500^4}{384 \times 2100000 \times 84458,511} + \frac{6537,760 \times 500^3}{48 \times 2100000 \times 84458,511}$$
$$= 0,205 \text{ cm}$$

Kontrol :  $f_{ijin} = 2,083 \text{ cm} > f_{ada} = 0,205 \text{ cm} \dots\dots \text{OK!!!}$

#### ✚ Perencanaan *Shear Conector*

Dipakai stud  $\Phi = 19,05 \text{ mm}$ ,  $f_u = 350 \text{ Mpa}$ ,  $h = 100 \text{ mm}$

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$
$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19,05^2$$
$$= 284,878 \text{ mm}^2$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'c}$$
$$= 4700 \cdot \sqrt{35}$$
$$= 27805,6 \text{ Nmm}$$

#### ✚ Perhitungan Gaya geser Horizontal ( $V_h$ )

$$✓ V_h = 0,85 \cdot f_c' \cdot x \cdot b_E \cdot t \text{ (plat)}$$

$$V_h = 0,85 \times 35 \times 1250 \times 250$$
$$= 9296875 \text{ N}$$

$$V_h = C \text{ max} = 9296875 \text{ N}$$

✓  $T \text{ max} =$  gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil

$$= A_s \cdot F_y$$
$$= 6314 \times 410 = 2588740 \text{ N}$$

✚ Kekutan geser satu stud (Qn) :

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \times f_{u_{stud}} \\ &= 0,5 \times 284,878 \times \sqrt{35 \times 27805,6} \leq 248,27 \times 350 \\ &= 140517,231 \text{ N} > 86894,5 \text{ N} \end{aligned}$$

✚ Jumlah stud

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{Vh}{Q_n} \\ &= \frac{2588740}{140517,231} \\ &= 8,762 \sim 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

*Agus Setiawan. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Jilid 1  
2002 halaman 296*

✚ Jarak konektor geser yang harus dipasang pada gelagar memanjang adalah:

✓ Jarak minimum longitudinal :

Digunakan sebagai jarak stud di daerah tumpuhan

$$\begin{aligned} S_{\min} &= 6 \times d = 6 \times 19,05 \\ &= 114,3 \text{ mm} = 11,43 \text{ cm} \end{aligned}$$

✓ Jarak maximum longitudinal :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 8 \times t \text{ ( plat beton )} \\ &= 8 \times 25 \\ &= 200 \text{ cm} \end{aligned}$$

✓ Jarak transversal ( jarak minimum tegak lurus sumbu longitudinal ) :

Digunakan sebagai jarak antar baris stud :

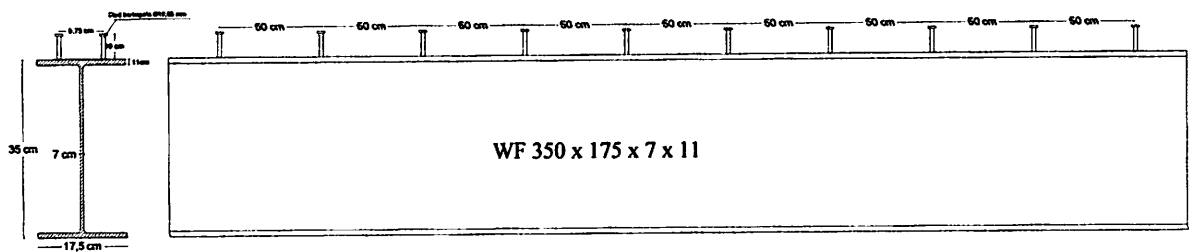
$$\begin{aligned} 4 \times d &= 4 \times 19,05 \\ &= 76,2 \text{ mm} = 7,62 \text{ cm} \sim 8,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

✓ Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama

= 5 stud.

$$\text{Jarak antar stud } s = \frac{250}{5} = 50 \text{ cm}$$



Gambar 4.9 Pemasangan shear conector gelagar memanjang

## 4.5. Perhitungan Gelagar Melintang

### 4.5.1. Pembebanan

#### 1. Beban Mati ( qd )

$$q \text{ Trotoar} = 1970,928 \text{ kg/m}^2$$

$$q \text{ Plat lantai} = 1034,928 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Jarak Gelagar Melintang} = 5 \text{ m}$$

✚ Akibat Berat Trotoar

$$\begin{aligned} q_{d1}^u &= ( \text{Perataan beban tipe C x 2} ) \times ( q \text{ trotoar} ) \\ &= ( 0.501 \times 2 ) \times ( 1970,928 ) \\ &= 1974,870 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

✚ Akibat Berat lantai Kendaraan

$$\begin{aligned} q_{d2}^u &= ( \text{perataan tipe B x 2} ) \times ( q \text{ plat lantai} ) \\ &= ( 0.500 \times 2 ) \times ( 1034.928 ) \\ &= 1034.928 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

✚ Akibat Beban Profil Memanjang ( WF 350 x 175 x 7 x 11 )

$$\text{Factor beban untuk baja} = 1,1$$

$$W = 49,56 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u = W \times L \times \text{Faktorbeban}$$

$$= 49,56 \times 5 \times 1,1$$

$$= 272,580 \text{ kg}$$

## 2. Beban Hidup

### ✚ Akibat Beban Lajur “D”

Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan mulai dari gelagar memanjang bentang sedang sampai bentang panjang dan lebar melintang 1 lajur kendaraan sebesar 2,75 m.

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata ( BTR ) yang digabungkan dengan beban garis ( BGT ).

#### ✓ Muatan Tersebar Merata ( BTR )

Faktor beban = 1,8 *RSNI T 02-2005, halaman 17*

Dimana :  $L = 50 \text{ m} > 30 \text{ m}$

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{kpa}$$

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{50}\right) \text{kpa}$$

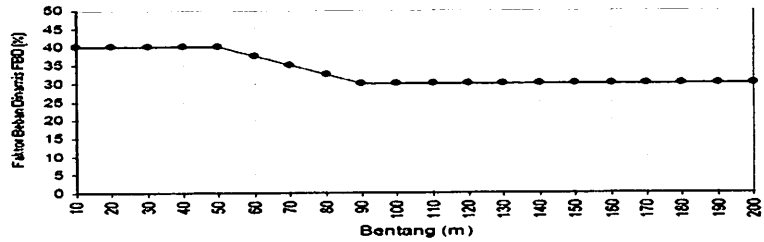
$$q = 7,2 \text{kPa} = 720 \text{kg} / \text{m}^2$$

$$q_3(100\%) = \frac{720}{2,75} \times (2 \times 0,500) \times 1,8 \times 100\% = 471,273 \text{kg} / \text{m}$$

$$q_4(50\%) = \frac{720}{2,75} \times (2 \times 0,500) \times 1,8 \times 50\% = 235,636 \text{kg} / \text{m}$$

✓ Muatan Beban Garis ( BGT )

Pajang bentang (L) = 50 m



Gambar 4.10 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

Berdasarkan grafik factor beban dinamis maka :

Untuk  $L \leq 50$  m,  $FBD = 0,4$

$$K = 1 + FBD$$

$$= 1 + 0,4$$

$$= 1,4$$

Beban Garis  $P = 49$  KN/m = 4900 kg/m' dengan factor beban 1,8

$$P_4'' (100\%) = \frac{4900}{2,75} \times 1,4 \times 1,8 \times 100\% = 4490,182 \text{ kg / m'}$$

$$P_5'' (50\%) = \frac{4900}{2,75} \times 1,4 \times 1,8 \times 50\% = 2245,091 \text{ kg / m'}$$

Sehingga akibat beban lajur “ D “

$$q_5, 100\% = (471,273 + 4490,182) = 4961,455 \text{ kg / m'}$$

$$q_6, 50\% = (235,636 + 2245,091) = 2480,730 \text{ kg / m'}$$

✚ **Akibat muatan beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar melintang**

Faktor beban = 1,8

*RSNI T 02-2005, halaman 27*

$$q = 5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_7 &= 500 \times (2 \times 0,501) \times 1,8 \\ &= 901,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

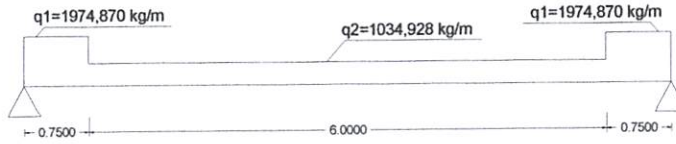
✚ Akibat Beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang  
Diambil nilai reaksi akibat beban mati plat lantai pada gelagar memanjang (RA) = 5470,660 kg, kemudian dijadikan sebagai beban titik.

✚ Akibat Beban Lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang  
Diambil nilai reaksi akibat beban lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang (RA) = 4984,313 kg, kemudian dijadikan sebagai beban titik.

✚ Akibat Muatan Beban Hidup Trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang  
Diambil nilai reaksi akibat beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang (RA) = 2495,718 kg, kemudian dijadikan sebagai beban titik.

#### 4.5.2. Perhitungan Momen Pada Gelagar Melintang

##### ✚ Akibat Beban mati lantai Kendaraan dan Trotoar



$$RA = (q_1 \times 0,75) + \left( q_2 \times \frac{6}{2} \right)$$

$$= (1974,870 \times 0,75) + (1034,928 \times 3)$$

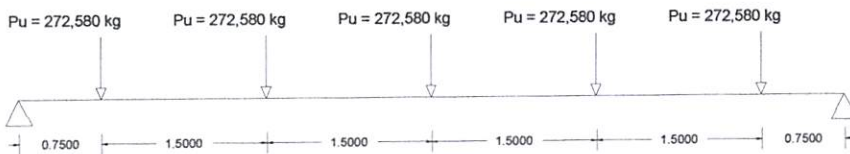
$$= 4585,937 \text{ kg}$$

$$M_1 = (RA \times 3,75) - (q_2 \times 3 \times 1,5) - (q_1 \times 0,75 \times 3,375)$$

$$= (4585,937 \times 3,75) - (1034,928 \times 3 \times 1,5) - (1974,870 \times 0,75 \times 3,375)$$

$$= 7541,198 \text{ kgm}$$

##### ✚ Akibat berat Gelagar Memanjang



$$RA = \frac{P_1 \times 5}{2}$$

$$= \frac{272,580 \times 5}{2}$$

$$= 681,450 \text{ kg}$$

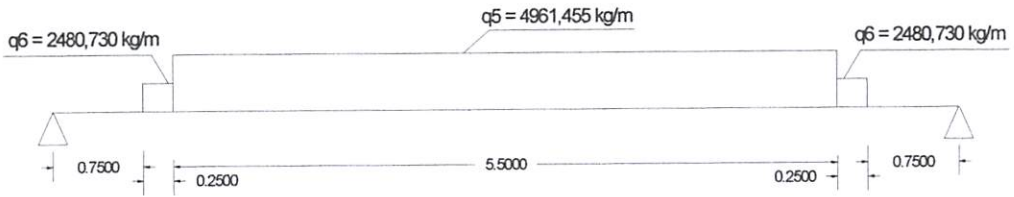
$$M_2 = (RA \times 3,75) - (P_1 \times 3) - (P_1 \times 1,5)$$

$$= (681,450 \times 3,75) - (272,580 \times 3) - (272,580 \times 1,5)$$

$$= 1328,828 \text{ kgm}$$



### ✚ Akibat beban lajur "D"



$$\sum MB = 0$$

$$RA \times 7,5 - q_5 \times 5,5 \times 3,75 - q_6 \times 0,25 \times 0,875 = 0$$

$$7,5 RA - 4981,455 \times 5,5 \times 3,75 - 2480,730 \times 0,25 \times 0,875 = 0$$

$$7,5 RA - 103285,169 = 0$$

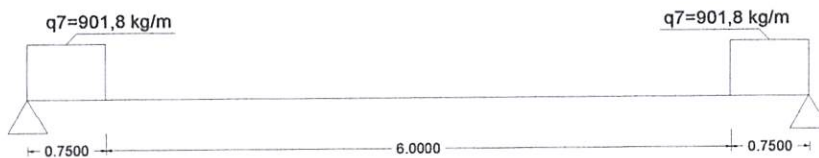
$$RA = 13771,356 \text{ kg}$$

$$M_3 = (RA \times 3,75) - (2480,730 \times 0,25 \times 0,875) - (4961,455 \times 2,75 \times 1,375)$$

$$M_3 = (13771,356 \times 3,75) - (2480,730 \times 0,25 \times 2,875) - (4961,455 \times 2,75 \times 1,375)$$

$$M_3 = 31099,059 \text{ kgm}$$

### ✚ Akibat Beban Hidup Trotoar



$$RA = q_u \times L$$

$$= 901,8 \times 0,75$$

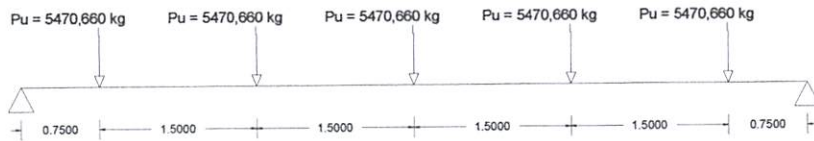
$$= 676,350 \text{ kg}$$

$$M_4 = (RA \times 3,75) - (q_7 \times 0,75 \times 3,375)$$

$$M_4 = (676,350 \times 3,75) - (901,8 \times 0,75 \times 3,375)$$

$$= 253,631 \text{ kgm}$$

✚ Akibat Beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang



$$RA = \frac{P_1 \times 5}{2}$$

$$= \frac{5470,66 \times 5}{2}$$

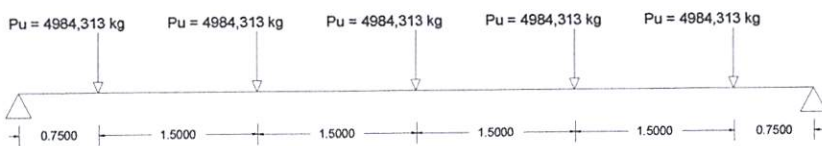
$$= 13676,650 \text{ kg}$$

$$M_5 = (RA \times 3,75) - (P_1 \times 3) - (P_1 \times 1,5)$$

$$= (13676,65 \times 3,75) - (5470,66 \times 3) - (5470,66 \times 1,5)$$

$$= 26669,468 \text{ kgm}$$

✚ Akibat Beban Lajur “ D “ yang bekerja pada gelagar memanjang



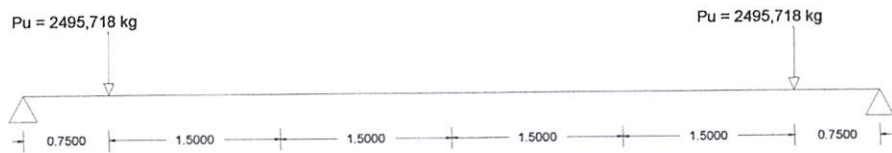
$$RA = \frac{P_1 \times 5}{2}$$

$$= \frac{4984,313 \times 5}{2}$$

$$= 12460,783 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M_6 &= (RA \times 3,75) - (P_1 \times 3) - (P_1 \times 1,5) \\
 &= (12460,783 \times 3,75) - (8253,193 \times 3) - (8253,193 \times 1,5) \\
 &= 24298,526 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

✚ **Akibat Muatan Beban Hidup (Trottoar) yang bekerja pada gelagar memanjang**



$$\begin{aligned}
 RA &= \frac{P_1 \times 2}{2} \\
 &= \frac{2495,718 \times 2}{2} \\
 &= 2495,718 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_7 &= (RA \times 3,75) - (P_1 \times 3) \\
 &= (2495,718 \times 3,75) - (2495,718 \times 3) \\
 &= 1871,790 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Momen akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned}
 M_{max}^u &= M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 \\
 &= 7541,198 + 1328,828 + 31099,059 + 253,631 + 26669,468 + \\
 &\quad 24298,526 + 1871,790 \\
 &= 93062,500 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

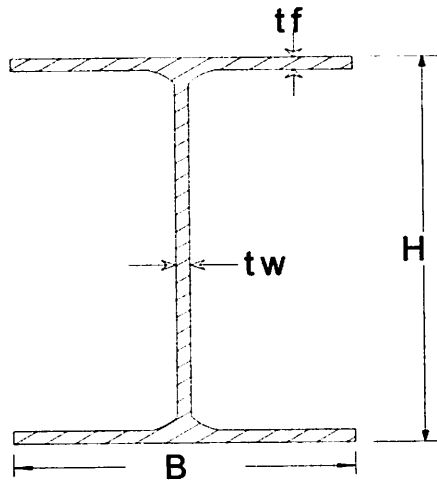
Gaya geser akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned} V_{max}^u &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 \\ &= 4585,937 + 681,450 + 13771,356 + 676,350 + 13676,65 + \\ &\quad 12460,783 + 2495,718 \\ &= 48348,244 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 4.5.3. Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

#### A. Penentuan dimensi gelagar melintang

Direncanakan profil baja WF 700 X 300 X 13 X 24



$$W = 184,87 \text{ kg/m}$$

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

$$r = 28 \text{ mm}$$

$$A = 215,5 \text{ cm}^2$$

$$H = 700 \text{ mm}$$

$$I_x = 201000 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 10800 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 24 \text{ mm}$$

$$Z_x = 6249 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 1108 \text{ cm}^3$$

*Tabel profil baja WF berdasarkan metode LRFD dan SNI 03 – 1729 –*

*2002, Penerbit : ITS*

## B. Kontrol kelangsingan penampang dan kekompakan penampang

✓ Kelangsingan penampang

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 24} = 6,25 \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,396 \dots \text{OK}$$

$$\lambda_w = \frac{h}{2t_w} = \frac{700 - 2(28 + 24)}{2 \times 13} = 22,923 \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,969 \dots \text{OK}$$

Persyaratan penampang kompak :

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\lambda_f \leq \lambda_p = 6,25 < 8,396 \dots \text{OK}$$

$$\lambda_w \leq \lambda_p = 22,923 < 82,969 \dots \text{OK}$$

Karena memenuhi persyaratan  $\lambda \leq \lambda_p$  maka penampang dikatakan kompak.

## C. Desain balok komposit

✚ Perhitungan  $b_{\text{eff}}$

$$L = 7,5 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} \times L$$

$$\leq \frac{1}{4} \times 750$$

$$\leq 187,5 \text{ cm} = 187,5 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = s \longrightarrow s = \text{jarak antar gelagar melintang}$$

$$\leq 5,0 \text{ m}$$

$$\leq 500 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \left( \frac{1}{2} \times S_{\text{kiri}} + \frac{1}{2} \times S_{\text{kanan}} \right)$$

$$\leq \left( \frac{1}{2} \times 5,0 + \frac{1}{2} \times 5,0 \right)$$

$$\leq 5,0 \text{ m} = 500 \text{ m}$$

Maka dipakai nilai  $b_{eff}$  yg terkecil yaitu 187,5 cm

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$E_s$  = Modulus elastisitas baja ( $2,1 \times 10^5$  Mpa )

$E_c$  = Modulus elastisitas beton ( $4700 \cdot \sqrt{f'c}$  )

$$= (4700 \cdot \sqrt{35} )$$

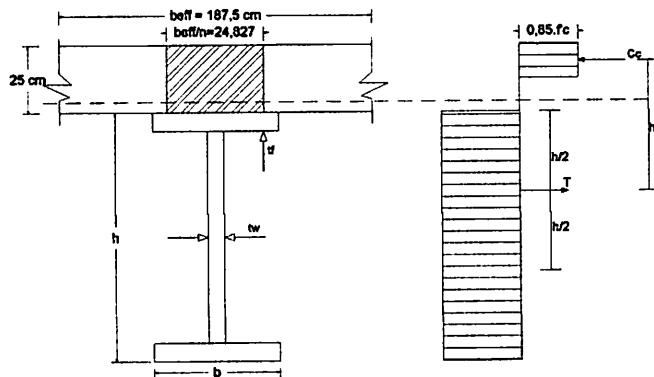
$$= 27805,57498$$

$$n = \frac{2,1 \times 10^5}{2,781 \times 10^4}$$

$$= 7,5524$$

$$\frac{b_{eff}}{n} = \frac{187,5}{7,5524}$$

$$= 24,827 \text{ cm}$$



Gambar 4.11 distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal  $M_n$

Tabel 4.4 perhitungan letak garis netral penampang komposit

NO	Luas penampang A (cm <sup>2</sup> )	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm <sup>3</sup> )
1	Beton = 24,827 x 25 = 620,675	$\frac{25}{2} = 12.50$	7754,4375
2	Baja = 215,5	$\frac{70}{2} + 25 = 60$	12930
	$\Sigma A = 836,175$		$\Sigma A.Y = 20684,4375$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\sum A \times Y}{\sum A}$$

$$= \frac{20684,4375}{836,175}$$

$$= 24,736 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a$$

$$= 25 + 70 - 24,736$$

$$= 70,264 \text{ cm}$$

Tabel 4.5 perhitungan letak garis netral penampang komposit

NO	A (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	I <sub>o</sub> (cm <sup>4</sup> )	d (cm)	I <sub>o</sub> + Ad <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	620,675	12.50	$\frac{1}{12} \times 24,827 \times 25^3$ = 32326,823	24,736-12.5 = 12,236	125254,095
2	215,5	60	201000	70,264-(70/2) = 35,264	468984,9595
	$\Sigma A$ =836,175				$\Sigma I_x = 594239,055$

Karena  $Y_a = 24,736 \text{ cm} < \text{tebal plat beton (25 cm)}$  maka garis netral terletak pada plat beton.



Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya C = T, maka diperoleh :

$$a = \frac{A_s \cdot f_s}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot e}$$
$$= \frac{21550,410}{0,85 \cdot 35 \cdot 1875}$$

$$= 158,396 \text{ mm} < \text{Tebal plat (tc)} = 250 \text{ mm}$$

Karena nilai  $a <$  tebal pelat maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik  $A_s \cdot f_s$  yang timbul pada baja.

✚ Tegangan tekan pada serat beton

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot E$$
$$= 0,85 \times 35 \times 158,396 \times 1875$$
$$= 8835526,875 \text{ N}$$

✚ Tegangan tarik pada serat baja

$$T = A_s \cdot f_y$$
$$= 21550 \times 410$$
$$= 8835500 \text{ N}$$

✚ Menghitung momen ultimit balok komposit ( $M_u$ )

$$M_{u\text{Profil}} = 1/8 \times G \times l^2 \times 1,1 \quad \text{faktor beban (untuk baja} = 1,1)$$
$$= 1/8 \times 184,87 \times 7,5^2 \times 1,1$$
$$= 1429,854 \text{ kgm}$$

$$M_{u\text{Total}} = 93062,500 + 1429,854$$
$$= 94492,354 \text{ kgm}$$
$$= 9449235,400 \text{ kgcm}$$

✚ Menghitung kuat lentur nominal balok komposit

$$\begin{aligned}M_n &= Cc \left( \frac{d}{2} + t - \frac{a}{2} \right) \\&= 8835526,875 \times \left( \frac{700}{2} + 250 - \frac{158,396}{2} \right) \\&= 4601560068.000 \text{ Nmm} \\&= 46015600,680 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

$$M_n \Phi = 46015600,680 \times 0,9 = 41414040,610 \text{ kgcm}$$

$$M_n \Phi = 41414040,610 \text{ kgcm} > M_u = 9449235,400 \text{ kgcm} \dots\dots\dots\text{OK}$$

✚ Kontrol Geser

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\&= 0,6 \times 4100 \times ((70 - 2.2,4) \times 1,3) \\&= 20688,600 \text{ kg}\end{aligned}$$

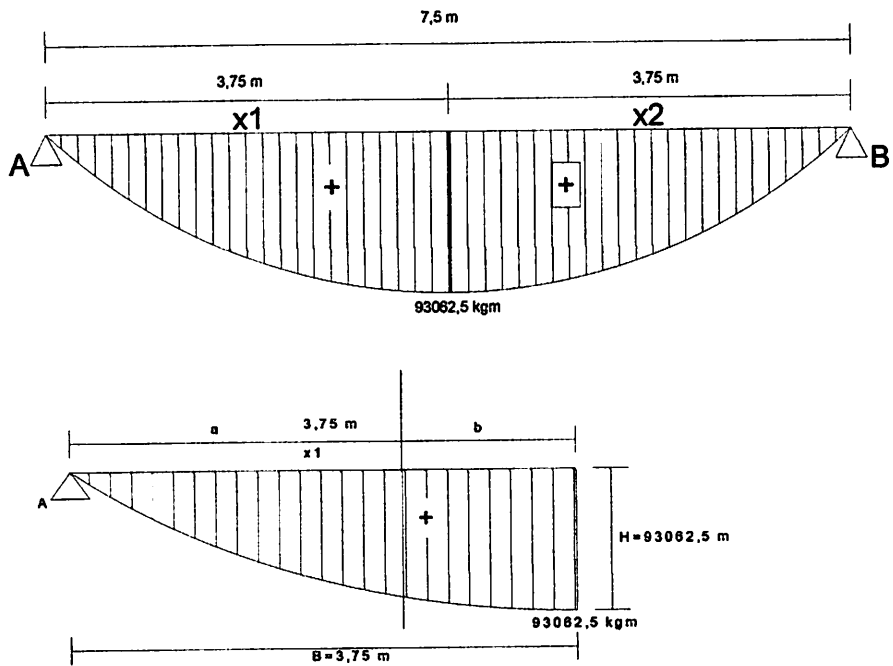
$$V_n = 208509,60 \text{ kg} > V_u = 48348,244 \text{ kg} \dots\dots\dots\text{OK}$$

✚ Kontrol Lendutan

$$L = 7,5 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}f_{ijin} &= \frac{1}{360} \cdot L \\&= \frac{1}{360} \cdot 750 \\&= 2,083 \text{ cm}\end{aligned}$$

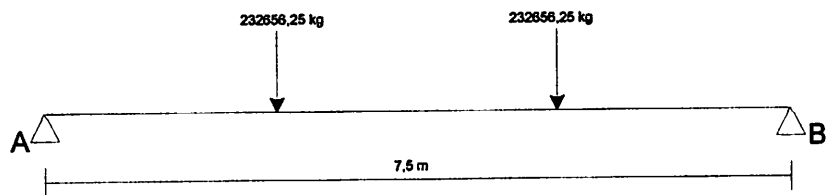
- Lendutan ada megunakan perhitungan momen area



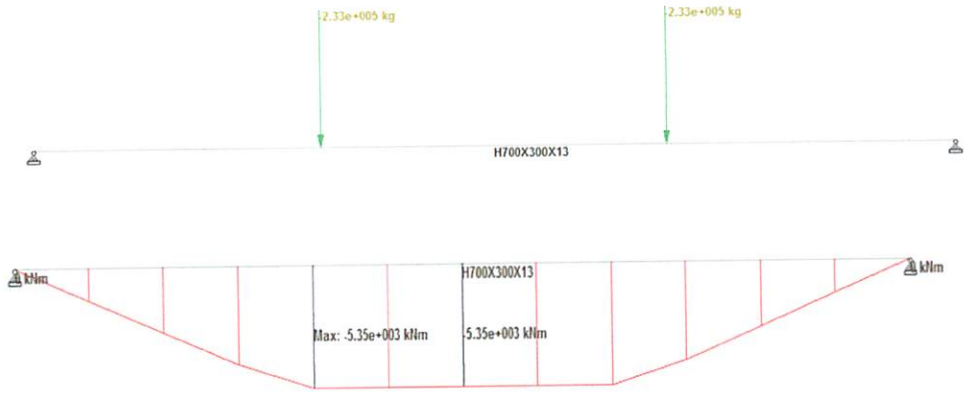
$$a = \frac{5}{8} \times B = \frac{5}{8} \times 3,75 = 2,344m$$

$$b = 3,75 - 2,344 = 1,406m$$

$$X1 = X2 = \frac{2}{3} \times B \times H = \frac{2}{3} \times 3,75 \times 93062,5 = 232656,25 m^2$$



Menentukan momen maksimum dengan program bantu STAAD Pro



Momen maksimum = 5453458000 kgcm

$$E = E_s \times \left( \frac{A_s}{A_s + A_c} \right) + E_c \times \left( \frac{A_c}{A_c + A_s} \right) / 2$$

$$E = 210000 \times \left( \frac{215,5}{215,5 + 620,675} \right) + 32326,823 \times \left( \frac{620,675}{620,675 + 215,5} \right) / 2$$

$$E = 39058,481 \text{ kg/cm}$$

$$\delta = \frac{M}{EI} = \frac{5453458000}{39058,481 \times 594239,055} = 0,234 \text{ cm}$$

Kontrol lendutan

$$f_{ada} = 0,234 \text{ cm} < f_{ijin} = 2,083 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

✚ Perencanaan *Shear Conector*

Dipakai stud  $\Phi = 19,05 \text{ mm}$ ,  $f_u = 350 \text{ Mpa}$ ,  $h = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19,05^2 \\ &= 284,878 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \cdot \sqrt{35} \\ &= 27805,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

✚ Perhitungan Gaya geser Horizontal (  $V_h$  )

$$V_h = 0,85 \cdot f_c' \times bE \times t \text{ (plat)}$$

$$\begin{aligned} V_h &= 0,85 \times 35 \times 1875 \times 250 \\ &= 13945312,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_h = C \text{ max} = 13945312,5 \text{ N}$$

✚  $T \text{ max} =$  gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil

$$\begin{aligned} &= A_s \cdot F_y \\ &= 21550 \times 410 \\ &= 8835500 \text{ N} \end{aligned}$$

✚ Kekutan geser satu stuud ( $Q_n$ ) :

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'c \cdot E_c} \leq A_{sc} \times f_{u_{stud}} \\ &= 0,5 \times 284,878 \times \sqrt{35 \times 27805,6} \leq 248,27 \times 350 \\ &= 140517,231 \text{ N} > 86894,5 \text{ N} \end{aligned}$$

✚ Jumlah stud

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{Vh}{Qn} \\ &= \frac{8835500}{140517,231} \\ &= 60 \sim 60 \text{ buah} \end{aligned}$$

*Agus Setiawan. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Jilid 1  
2002 halaman 296*

✚ Jarak konektor geser yang harus dipasang pada gelagar memanjang adalah:

✚ Jarak minimum longitudinal :

Digunakan sebagai jarak stud di daerah tumpuhan

$$\begin{aligned} S_{\min} &= 6 \times d = 6 \times 19,05 \\ &= 114,3 \text{ mm} \\ &= 11,43 \text{ cm} \end{aligned}$$

✓ Jarak maximum longitudinal :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 8 \times t \text{ ( plat beton )} \\ &= 8 \times 25 \\ &= 200 \text{ cm} \end{aligned}$$

✓ Jarak transversal ( jarak minimum tegak lurus sumbu longitudinal ) :

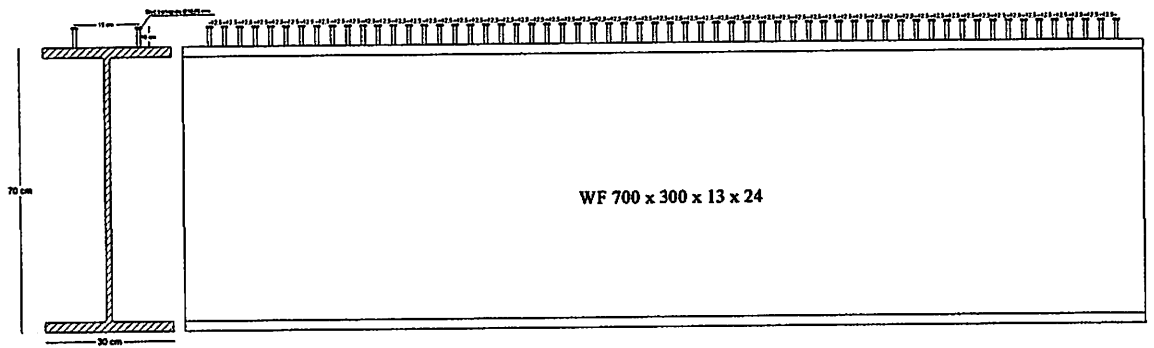
Digunakan sebagai jarak antar baris stud :

$$\begin{aligned} 4 \times d &= 4 \times 19,05 \\ &= 76,2 \text{ mm} \\ &= 7,62 \text{ cm} \sim 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

✓ Daerah lapangan

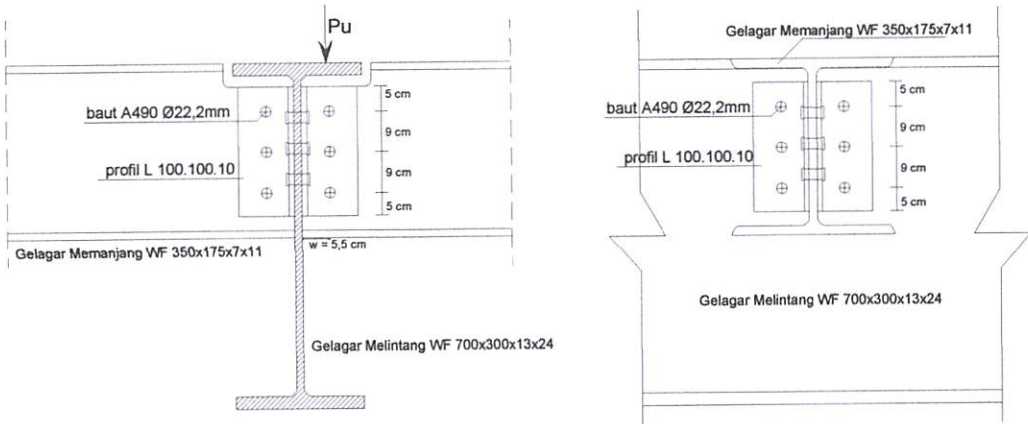
Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama = 30 stud.

$$\text{Jarak antar stud } s = \frac{375}{30} = 12,5 \text{ cm}$$



Gambar 4.12 shear conector pada gelagar melintang

#### 4.6. Perencanaan Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



Gambar 4.13 sambungan antara gelagar memanjang dan melintang

- ✓  $P_u = 12950,691 \text{ kg}$  (Diambil dari gaya geser gada gelagar memanjang)
- ✓ Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter nominal ( $d_f$ ) =  $7/8'' = 2,22 \text{ cm}$ . kekuatan tarik baut,  $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$ .

$$\text{Diameter lubang } (d_b) = 2,22 \text{ cm} + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \downarrow A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_f^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2 \\ &= 3,870 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Di rencanakan plat penyambung L 110 . 110 . 10

- ✚ Sambungan Gelagar Memanjang ke Geagar Melintang

- ✓ Kekuatan geser desain baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

*CG.Salmon J.E ,Johnson,"Struktur Baja Desain dan Perilaku I"*

*1992, halaman 132*

$$\phi = \text{Faktor resistansi} = 0,65$$

$$R_n = \text{Kekuatan geser desain penyambung (kg)}$$



$$F_u^b = \text{Kekuatan tarik baut} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_b = \text{Luas penampang baut} = 3,870 \text{ cm}^2$$

$$m = \text{Banyaknya bidang geser yang terlibat} = 2$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \times (0,6 \times 10342,5) \times 2 \times 3,870 \\ &= 31219,871 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Kekuatan tarik desain baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b$$

*CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992  
halaman 133*

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$$R_n = \text{Kekuatan tarik desain penyambung (kg)}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \times (0,75 \times 10342,5) \times 3,870 \\ &= 22514,330 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Kekuatan tumpu desain baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

*CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992  
halaman 134*

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$$R_n = \text{Kekuatan desain tumpu baut (kg)}$$

$$F_u = \text{Kekuatan tarik baja yang membentuk bagian yang disambung}$$

$$(\text{Dipakai Baja Bj. 55, } F_u = 5500 \text{ kg/cm}^2)$$

t = Ketebalan gelagar memanjang = 0,7 cm

d = Diameter baut nominal = 2,32 cm

$$\begin{aligned}\text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 2,32 \times 0,7 \times 5500) \\ &= 16077,600 \text{ kg}\end{aligned}$$

$R_n$  = kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil dari persamaan kuat desain baut yang nialinya lebih kecil), (kg)

$$\phi R_n = 16077,600 \text{ kg}$$

✚ Kekuatan nominal

$$T_n = 0,60 \times F_y \times A_{ug}$$

$A_{ug}$  = Luas badan gelagar yang bersangkutan

$$\begin{aligned}&= 0,60 \times 4100 \times (0,7 (35 - 2 \times 1,1)) \\ &= 80688 \text{ kg} > P_u = 12950,691 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK}\end{aligned}$$

✓ Momen ultimit

$$\begin{aligned}M_u &= P_u \cdot w \\ &= 12950,691 \times 5,5 \\ &= 71228,801 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

✚ Syarat penyusunan baut :

$$\text{Jarak tepi baut, } L = 1,5 d_b < L < 3 d_b$$

$$\text{Jarak antar baut, } L = 3 d_b < L < 7 d_b$$

- Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \cdot 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut 5 cm.

- Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \cdot 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \cdot 2,222 = 15,554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 9 cm

✓ Menentukan jumlah baut ( n ) :

$$n = \sqrt{\frac{6 \times Mu}{\phi R n \cdot p}}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana :

n = jumlah baut

R =  $\phi \cdot R_n$  kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil dari persamaan kuat desain baut yang nialinya lebih kecil), ( kg )

p = jarak antar baut 9 cm

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 71228,801}{16077,600 \times 9}}$$

$$n = 1,720 \approx 3 \text{ buah}$$

Jumlah baut yang dipakai adalah 3 buah baut per baris

- ✓ Ketebalan plat simpul yang digunakan

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_{ut}}$$

Dimana :

$\phi$  = Faktor resistensi = 0,75       $F_u$  = Kekuatan tarik pelat ( $\text{kg/cm}^2$ )`

$P$  = Beban terfaktor (kg)       $L$  = Jarak minimum baut terluar

$$s \geq \frac{12950,691 \text{ kg} / 3}{0,75 \times 4100 \times 1} = 1,404 \text{ cm}$$

*CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992*  
halaman 135

Maka digunakan plat penyambung L 100 × 100 × 10, dengan tebal (t) =  
1,0 cm

- ✓ Kontrol kekuatan baut erhadap kekuatan baut penyambung
- Kekuatan tarik desain  $\geq$  beban tarik terfaktor baut

$$\phi_t R_{nt} \geq R_{ut}$$

*CG.Salmon J.E Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992*  
halaman 199

Dimana :

$$\phi_t \cdot R_{nt} = \text{Kekuatan tarik desain} = 22514,330 \text{ kg}$$

$$R_{ut} = \text{Beban geser terfaktor baut}$$

$$R_{ut} = \frac{Mu \times y}{\sum y^2} = \frac{71228,801 \times 28}{(5^2 + 18^2 + 28^2)} = 1760,288 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi_t R_{nt} \geq R_{ut}$$

$$22514,330 \text{ kg} \geq 1720,288 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK}$$

- Kekuatan geser desain  $\geq$  beban geser terfaktor baut :

$$\phi_v \cdot R_{nv} \geq R_{uv}$$

Dimana :

$$\phi_v \cdot R_{nv} = \text{kekuatan geser desain} = 31268,273 \text{ kg}$$

$$R_{uv} = \text{Beban geser terfaktor}$$

$$R_{uv} = \frac{P_u}{\sum n} = \frac{12950,691}{6} = 2158,450 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi_v \cdot R_{nv} \geq R_{uv}$$

$$31219,871 \text{ kg} \geq 2158,450 \text{ kg} \quad \quad \quad (\text{aman})$$

## 4.7. Perencanaan Gelagar Induk

### 4.7.1. Perhitungan pembebanan

#### A. Beban mati

- ✚ Berat sendiri gelagar induk (faktor beban = 1,1)

Berat sendiri gelagar Induk, gelagar Memanjang, gelagar Melintang, ikatan angin, pengaku melintang atas. Didalam menghitung berat sendiri penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD Pro → self weight).

- ✚ Berat lantai kendaraan (qd plat lantai kendaraan = 1034,928)

$$\begin{aligned}G_2 &= (b \times L \times qd) \\ &= (6 \times 50 \times 1034,928) \\ &= 310478,400 \text{ kg}\end{aligned}$$

- ✚ Berat lantai trotoir (qd plat lantai trotoar = 1970,928)

$$\begin{aligned}G_3 &= (2b \times L \times q) \\ &= ((2 \times 0,75) \times 50 \times 1970,928) = 147819,600 \text{ kg}\end{aligned}$$

- ✚ Pipa Sandaran

Faktor beban 1,1

*RSNI T-02-2005, hal 9*

Menggunakan pipa baja dengan diameter 76,3 mm = 7,63 cm

Berat (G) = 5,08 Kg/m

Tebal (t) = 2,8 mm = 0,28 cm

$$\begin{aligned}G_4 &= (q_u \times n \times L \times 1,1) \\ &= (5,08 \times 2 \times 50 \times 1,1) \times 2\end{aligned}$$

$$= 1117,600 \text{ kg}$$

Jadi berat total :

$$\begin{aligned} G^u_{\text{total}} &= G_2 + G_3 + G_4 \\ &= 310478,400 + 147819,600 + 1117,600 \\ &= 459415,600 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

$$G = \frac{G_{\text{total}}}{2} = \frac{459415,600}{2} = 229707,800 \text{ kg}$$

✚ Beban mati ,yang diterima tiap titik buhul tengah :

$$P_1 = \frac{G}{10} = \frac{229707,800}{10} = 22970,780 \text{ kg}$$

✚ Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi :

$$P_2 = \frac{P_1}{2} = \frac{22970,780}{2} = 11485,390 \text{ kg}$$

## B. Beban hidup

✚ Beban Lajur D

✓ Beban terbagi rata

Berdasarkan RSNI T – 02 – 2005 halaman 17, besarnya beban terbagi rata bergantung pada panjang bentangan dari jembatan.

Untuk panjang bentang (L) = 50 m, maka intensitas beban terbagi rata dapat dihitung menggunakan rumus dengan factor beban (1,8) sebagai berikut :

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{kpa}$$

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{50}\right) \text{kpa}$$

$$q = 7,2 \text{kPa} = 720 \text{kg} / \text{m}^2$$

$$\text{Beban 100 \% , } q = \frac{720}{2,75} \times 5,5 \times 1,8 \times 100\%$$

$$= 2592 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban 50 \% , } q = \frac{720}{2,75} \times 2 \times 0,25 \times 1,8 \times 50\%$$

$$= 117,818 \text{ kg/m}$$

Maka:

- Beban yang diterima gelagar induk sepanjang  $L = 50$  m adalah :

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{(q_{100\%} + q_{50\%})}{2} \times L \\ &= \frac{(2592 + 117,818)}{2} \times 50 \\ &= 67745,450 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban hidup yang diterima tiap titik buhul tengah

$$Q_u = \frac{Q_t}{\sum \text{titik buhul}} = \frac{67745,450}{10} = 6774,545 \text{ kg}$$

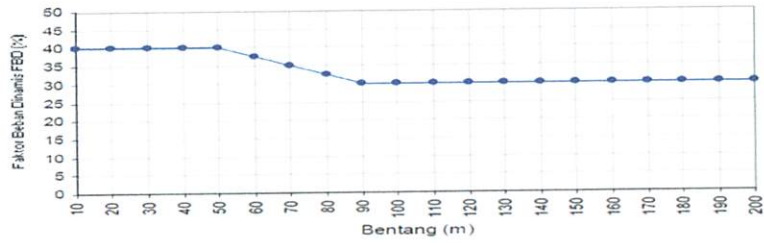
- Beban hidup yang diterima tiap titik buhul tepi

$$Q_u = \frac{Q_u}{2} = \frac{6774,545}{2} = 3387,273 \text{ kg}$$

✓ Beban garis (P)

- Berdasarkan RSNI T - 02 - 2005 halaman 18, besarnya intensitas beban garis (P) = 49 kN/m = 4900 kg/m, dengan faktor beban 1,8.
- Besarnya faktor beban dinamis untuk  $L = 50$  m, dapat diperoleh dari grafik FBD berikut ini.





Gambar 4.14 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

Berdasarkan grafik tersebut diatas, maka besarnya nilai FBD untuk panjang bentang ( $L$ ) = 50 m adalah = 0,4.

$$K = 1 + FBD$$

$$= 1 + 0,4 = 1,4$$

- Beban garis  $P = 4900 \text{ kg/m}$

$$P^u = 4900 \times 1,8 = 8820 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u (100\%) = \frac{8820}{2,75} \times 1,4 \times 100\% = 4490,182 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u (50\%) = \frac{8820}{2,75} \times 1,4 \times 50\% = 2245,091 \text{ kg/m}$$

✚ Beban hidup trotoar

Berdasarkan SNI T 02-2005,hal 27. Beban hidup trotoir diambil sebesar  $5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$  dengan faktor beban sebesar 1,8.

$$\checkmark P = 500 \times 2 \times 0,75 \times 50 \times 1,8$$

$$= 67500 \text{ kg}$$

✓ Beban hidup trotoar yg dipikul oleh tiap gelagar induk:

$$P_t = \frac{P_{total}}{2} \quad (2 = \text{jumlah gelagar induk})$$

$$= \frac{67500}{2}$$

$$= 33750 \text{ kg}$$

✓ Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tengah :

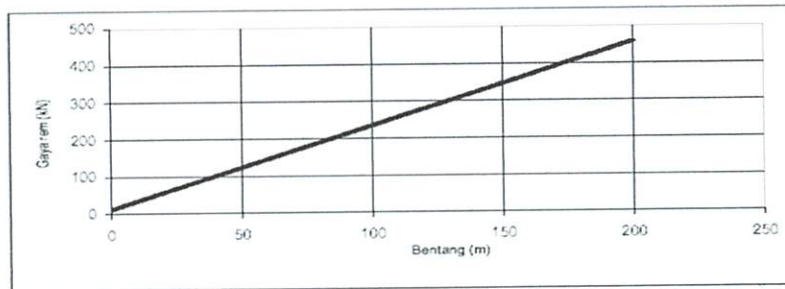
$$P_u = \frac{P_d}{10}$$
$$= \frac{33750}{10} = 3375 \text{ kg}$$

✓ Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tepi :

$$P_u = \frac{P_d}{2}$$
$$= \frac{3375}{2}$$
$$= 1687,5 \text{ kg}$$

#### ✚ Gaya rem

Berdasarkan RSNI T – 02 – 2005 halaman 26, besarnya nilai gaya rem tergantung pada panjang bentang jembatan (L) dengan faktor beban 1,8.



Gambar 4.15 Grafik Gaya Rem Per Lajur 2,75 m

Berdasarkan grafik diatas, untuk jembatan dengan bentang  $L = 50 \text{ m}$ , maka gaya rem sebesar  $= 120 \text{ kN} = 12000 \text{ kg}$ .

- Gaya rem yang dipikul tiap gelagar induk :

$$\begin{aligned} P_R &= \frac{P}{2} \times 1,8 \\ &= \left( \frac{12000}{2} \right) \times 1,8 \\ &= 10800 \text{ kg} \end{aligned}$$

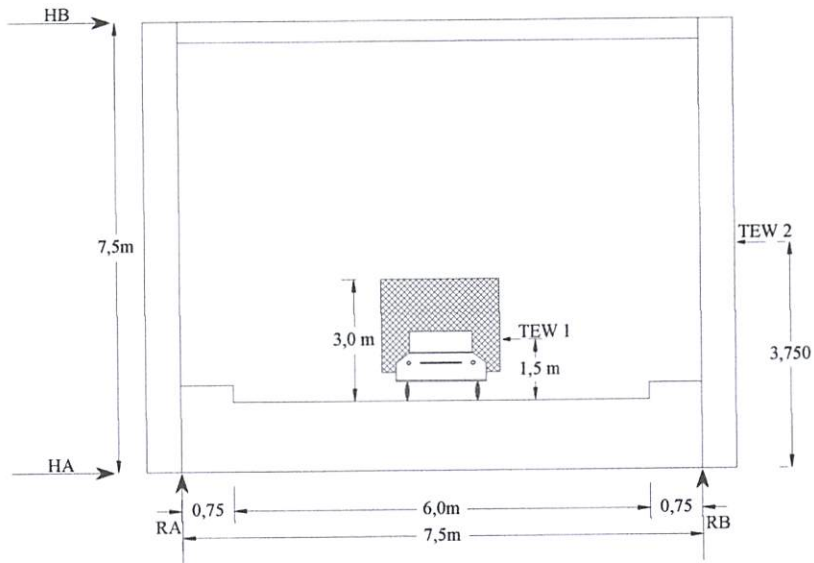
- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned} P_1^u &= \frac{P_R}{10} \\ &= \frac{10800}{10} = 1080 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tepi :

$$\begin{aligned} P_2^u &= \frac{P_1^u}{2} \\ &= \frac{1080}{2} = 540 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 📌 Beban Angin



Gambar 4.16 sketsa pembebanan akibat gaya angin

- Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas; Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:

$$T_{EW1} = 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \times A_b$$

- Gaya nominal ultimate dari gaya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut :

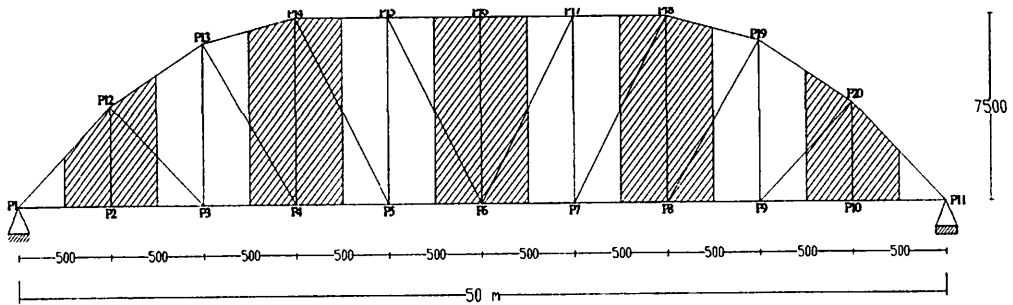
$$T_{ew2} = 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

$V_w$  = Kecepatan angin rencana (m/dt) untuk keadaan batas yang ditinjau .

$C_w$  = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka  $C_w = 1,2$ )

$A_b$  = Luasan koefisien bagian samping jembatan ( $m^2$ )

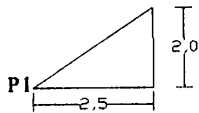
Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekuivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.



Gambar 4.17 Luas badan yang terkena angin

Gaya yang terjadi pada setiap titik :

- Titik P<sub>1</sub>

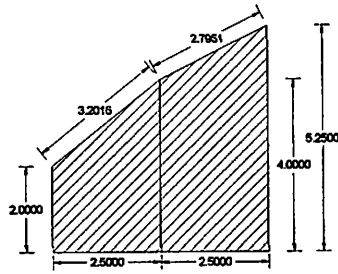


$$P_1 = P_{11} = \text{Luas daerah A}$$

$$= \frac{1}{2} \times 2,5 \times 2,0$$

$$= 2,5 \text{ kg}$$

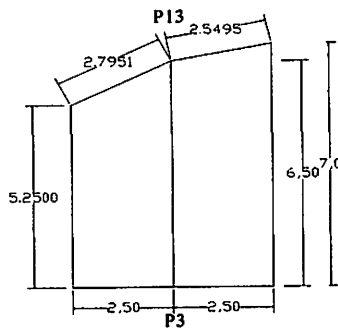
- Titik P<sub>2</sub>



$P_2 = P_{10} = \text{Luas daerah B}$

$$= \left( \frac{(2 + 4)}{2} \times 2,5 \right) + \left( \frac{(4 + 5,25)}{2} \times 2,5 \right) = 19,0625 \text{ kg}$$

- Titik P<sub>3</sub>

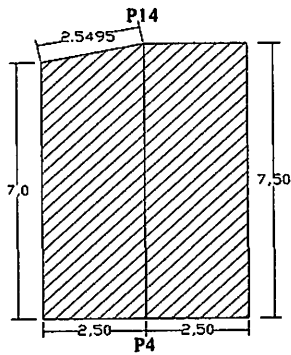


$P_3 = P_9 = \text{Luas daerah C}$

$$= \left( \frac{(5,25 + 6,5)}{2} \times 2,5 \right) + \left( \frac{(6,5 + 7,0)}{2} \times 2,5 \right)$$

$$= 31,5625 \text{ kg}$$

- Titik P<sub>4</sub>

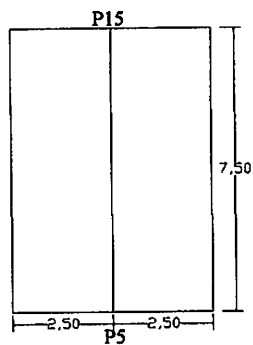


$P_4 = P_8 = \text{Luas daerah D}$

$$= \left( \frac{(7 + 7,5)}{2} \times 2,5 \right) + (2,5 \times 7,5)$$

$$= 36,875 \text{ kg}$$

- Titik P<sub>5</sub>



$P_5 = P_6 = P_7 = \text{Luas daerah E}$

$$= 7,5 \times 5$$

$$= 37,500 \text{ kg}$$

Tabel 4.6 Luas bidang yang terkena angin

AREA	LUAS ( M <sup>2</sup> )
P <sub>1</sub>	2,500
P <sub>2</sub>	19,063
P <sub>3</sub>	31,5625
P <sub>4</sub>	36,875
P <sub>5</sub>	37,500
P <sub>6</sub>	37,500
P <sub>7</sub>	37,500
P <sub>8</sub>	36,875
P <sub>9</sub>	31,5625
P <sub>10</sub>	19,063
P <sub>11</sub>	2,500

- Total luas bidang ( Ab ) yang terkena angin adalah 292,5 m<sup>2</sup>

$$- T_{EW1} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

$A_b$  = luas badan truk yang terkena angin ( L × t )

$$= 0,0012 \times 1,2 \times (30)^2 \times (13,716 \times 3,0)$$

$$= 53,328 \text{ kN} = 5332,8 \text{ kg}$$

- Perhitungan nilai  $T_{ew2}$  untuk setiap luasan rangka yang terkena angin

$$T_{ew2(p1-p11)} = 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \times 30\%$$

$$= 0.0006 \times 1,2 \times (30)^2 \times 2,5 \times 30\%$$

$$= 0,486 \text{ kN}$$

$$= 48,600 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan nilai  $T_{ew2}$  luasan lainnya dapat dilihat pada tabel



Tabel 4.7 perhitungan nilai  $T_{ew2}$

Area	Ab (m <sup>2</sup> )	Cw	(Vw) <sup>2</sup> = 30 <sup>2</sup> m/s	Tew <sub>2</sub> (kg) = 0,0006 × Cw × (Vw <sup>2</sup> ) × Ab × 30%
<b>P<sub>2</sub> = P<sub>12</sub> = P<sub>10</sub> = P<sub>20</sub></b>	19.063	1.2	900	370.585
<b>P<sub>3</sub> = P<sub>13</sub> = P<sub>9</sub> = P<sub>19</sub></b>	31.5625	1.2	900	613.575
<b>P<sub>4</sub> = P<sub>14</sub> = P<sub>8</sub> = P<sub>18</sub></b>	36.8750	1.2	900	716.850
<b>P<sub>5</sub> = P<sub>15</sub> = P<sub>6</sub> = P<sub>16</sub> = P<sub>7</sub> = P<sub>17</sub></b>	37.5000	1.2	900	729.000

- Reaksi beban angin arah vertikal yang diterima oleh gelagar induk

$$(P_2 = P_{10})$$

$$\sum MB = 0$$

$$RA \times b = T_{EW1} \times \frac{1}{2} \times h_1 + T_{EW2} \times \frac{1}{2} \times h_2$$

$$RA \times 7,5 = T_{EW1} \times \frac{1}{2} \times 1,5 + T_{EW2} \times \frac{1}{2} \times 4$$

$$\begin{aligned} 7,5 RA &= 5332,8 \times 1,5 + 370,585 \times 2 \\ &= 8740,370 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$RA = 1165,383 \text{ kg}$$

- Reaksi beban angin arah vertikal yang diterima oleh gelagar induk

$$(P_3 = P_9)$$

$$\sum MB = 0$$

$$RA \times b = T_{EW1} \times \frac{1}{2} \times h_1 + T_{EW2} \times \frac{1}{2} \times h_2$$

$$RA \times 7,5 = T_{EW1} \times \frac{1}{2} \times 1,5 + T_{EW2} \times \frac{1}{2} \times 6,5$$

$$\begin{aligned} 7,5 RA &= 5332,8 \times 1,5 + 613,575 \times 3,25 \\ &= 9993,319 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$RA = 1332,443 \text{ kg}$$

- Reaksi beban angin arah vertikal yang diterima oleh gelagar induk

$$(P_4 = P_8)$$

$$\sum MB = 0$$

$$RA \times b = T_{EW1} \times \frac{1}{2} \times h_1 + T_{EW2} \times \frac{1}{2} \times h_2$$

$$RA \times 7,5 = T_{EW1} \times \frac{1}{2} \times 1,5 + T_{EW2} \times \frac{1}{2} \times 7,5$$

$$7,5 RA = 5332,8 \times 1,5 + 716,850 \times 3,75$$

$$= 10687,388 \text{ kg}$$

$$RA = 1424,985 \text{ kg}$$

- Reaksi beban angin arah vertikal yang diterima oleh gelagar induk

$$(P_5 = P_6 = P_7)$$

$$\sum MB = 0$$

$$RA \times b = T_{EW1} \times \frac{1}{2} \times h_1 + T_{EW2} \times \frac{1}{2} \times h_2$$

$$RA \times 7,5 = T_{EW1} \times \frac{1}{2} \times 1,5 + T_{EW2} \times \frac{1}{2} \times 7,5$$

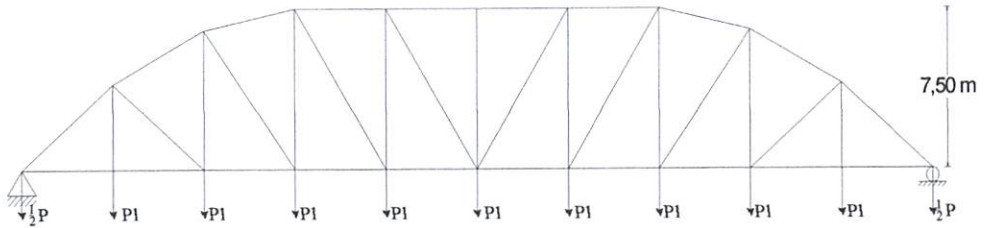
$$7,5 RA = 5332,8 \times 1,5 + 729 \times 3,75$$

$$= 10732,950 \text{ kg}$$

$$RA = 1431,060 \text{ kg}$$

## 4.7.2. Perhitungan Statika

### A. Skema pembebanan akibat beban mati



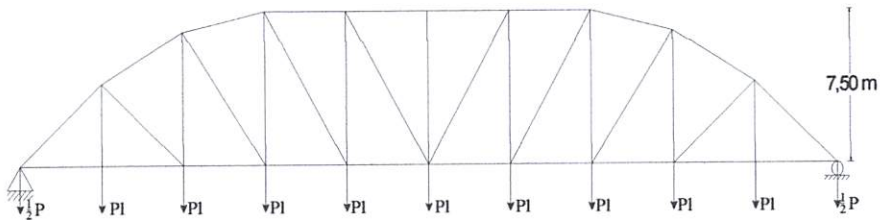
$$P_{1(\text{tengah})} = 22970,780 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} P_{(\text{tepi})} = 11485,390 \text{ kg}$$

### B. Skema pembebanan akibat beban hidup

#### ✚ Akibat beban lajur D

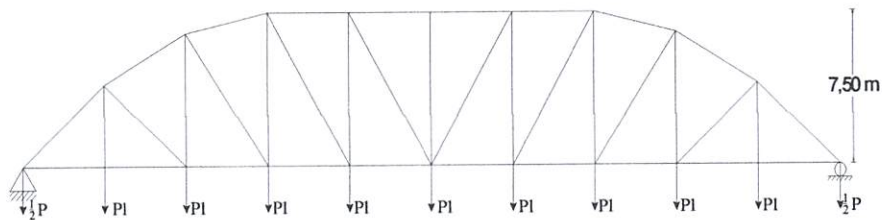
✓ Beban terbagi rata



$$P_{1(\text{tengah})} = 6774,545 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} P_{(\text{tepi})} = 3387,273 \text{ kg}$$

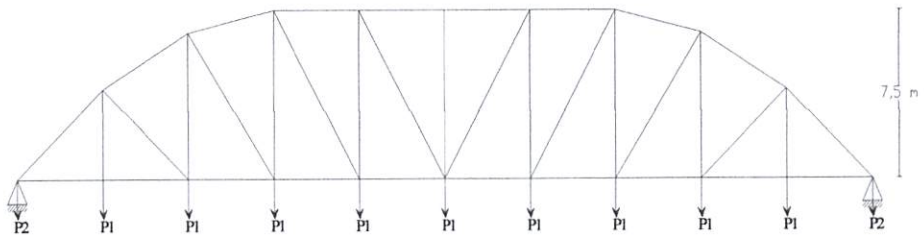
#### ✚ Akibat beban hidup trotoar



$$P_{1(\text{tengah})} = 3375 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} P_{(\text{tepi})} = 1687,5 \text{ kg}$$

✚ Aki bat gaya rem

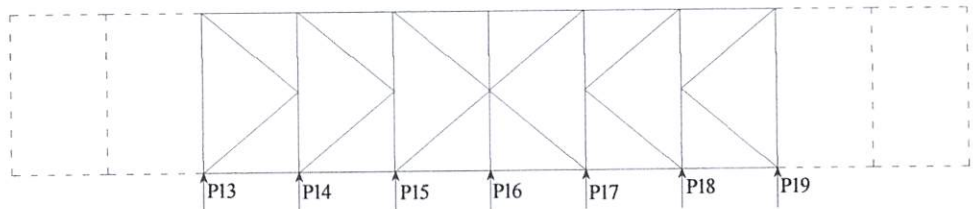


$$P_{1(\text{tengah})} = 1080 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} P_{(\text{tepi})} = 540 \text{ kg}$$

✚ Akibat beban angin

✓ Akibat beban angin atas

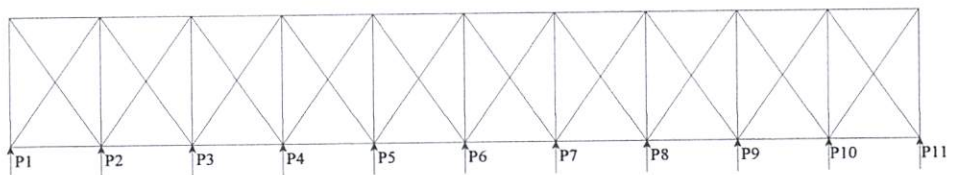


$$P_{13} = P_{19} = 613,575 \text{ kg}$$

$$P_{14} = P_{18} = 716,850 \text{ kg}$$

$$P_{15} = P_{16} = P_{17} = 729 \text{ kg}$$

✓ Akibat beban angin bawah



$$P_1 = P_{11} = 48,600 \text{ kg} \quad P_4 = P_8 = 716.850 \text{ kg}$$

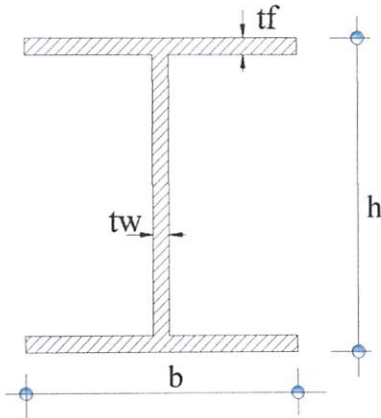
$$P_2 = P_{10} = 370.585 \text{ kg} \quad P_5 = P_6 = P_7 = 729 \text{ kg}$$

$$P_3 = P_9 = 613.575 \text{ kg}$$

### 4.7.3. Perencanaan Dimensi Batang Tarik

#### 1. Batang Vertikal (Batang nomor 77)

Direncanakan profil WF 400× 400 × 13 × 21



$$A = 218,7 \text{ cm}^2$$

$$H = 400 \text{ mm} \quad B = 400 \text{ mm}$$

$$I_x = 66600 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 22400 \text{ cm}^4$$

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

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD,  $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

$\phi_c$  = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

$T_n$  = kekuatan nominal batang tekan

$T_u$  = beban layan terfaktor

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, 1992 : 342)

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$(T_u) = 50438,522 \text{ kg}$$

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 89*

Maka :

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67 = \frac{400}{400} \geq 0,67$$

$$= 1 \geq 0,67 \dots\dots \text{OK}$$

✚ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diameter 7/8 inchi = 2,22 cm

$$\begin{aligned} \text{Lebar lubang baut} &= 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,22 + 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,32 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas nominal plat :

$$A_n = A_g - n \times d \times t$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 97*

Dimana :  $A_n$  = luas penampang netto

$A_g$  = luas penampang kotor

$n$  = banyak lubang dalam satu potongan

$t$  = tebal penampang

Maka :

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - n \times d \times t \\ &= 218,7 - 4 \times (2,32 \times 2,1) \\ &= 199,195 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Luas bersih plat ( Luas efektif penampang ) berdasarkan :

$$A_c = U \cdot A_n$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*  
*halaman 86*

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned}A_c &= U \cdot A_n \\ &= 0,85 \times 199,195 \\ &= 169,316 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

✚ Kontrol kekuatan desain

✓ Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*  
*halaman 95*

Dimana :

$\varphi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan ( 0,90 )

$F_y$  = Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

$A_g$  = Luas penampang bruto

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0,90 \times 4100 \times 218,7 \geq 50438,522 \text{ kg}$$

$$807003,000 \text{ kg} \geq 50438,522 \text{ kg}$$

✓ Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_t \cdot A_c = 0,75 \cdot F_u \cdot A_c$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992  
hal.95 )

Dimana :

$\phi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan ( 0,75 )

$F_u$  = Kekuatan tarik baja struktur = 5500 kg/cm<sup>2</sup>

$A_c$  = Luas bersih efektif antar batang tarik

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_c \geq T_u$$

$$0,75 \times 5500 \times 169,316 \geq 50438,522 \text{ kg}$$

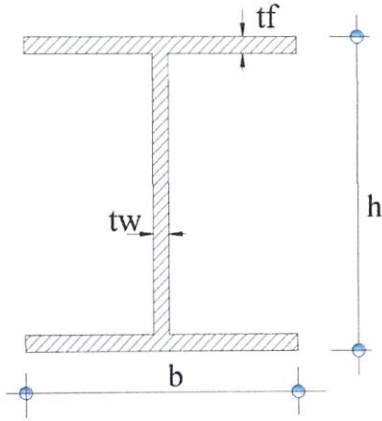
$$698428,170 \text{ kg} \geq 50438,522 \text{ kg}$$

dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu 698428,170 kg  $\geq$  50438,522 kg ( Profil aman )



## 2. Batang tarik horizontal (nomor 9)

Direncanakan profil WF 400× 400 × 13 × 21



$$A = 218,7 \text{ cm}^2$$

$$H = 400 \text{ mm} \quad B = 400 \text{ mm}$$

$$I_x = 66600 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 22400 \text{ cm}^4$$

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

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD,  $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

$\phi_c$  = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

$T_n$  = kekuatan nominal batang tekan

$T_u$  = beban layan terfaktor

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, 1992 : 342)

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$(T_u) = 229483,200 \text{ kg}$$

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 89*

Maka :

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67 = \frac{400}{400} \geq 0,67$$

$$= 1 \geq 0,67 \dots \dots \text{OK}$$

✚ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diaameter 7/8 inchi = 2,22 cm

$$\begin{aligned} \text{Lebar lubang baut} &= 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,22 + 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,32 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas nominal plat :

$$A_n = A_g - n \times d \times t$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 97*

Dimana :  $A_n$  = luas penampang netto

$A_g$  = luas penampang kotor

$n$  = banyak lubang dalam satu potongan

$t$  = tebal penampang

Maka :

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - n \times d \times t \\ &= 218,7 - 4 \times (2,32 \times 2,1) \\ &= 199,195 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Luas bersih plat ( Luas efektif penampang ) berdasarkan :

$$A_c = U \cdot A_n$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*  
*halaman 86*

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned}A_c &= U \cdot A_n \\ &= 0,85 \times 199,195 \\ &= 169,316 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

✚ Kontrol kekuatan desain

✓ Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*  
*halaman 95*

Dimana :

$\phi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan ( 0,90 )

$F_y$  = Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

$A_g$  = Luas penampang bruto

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0,90 \times 4100 \times 218,7 \geq 229483,200 \text{ kg}$$

$$807003,000 \text{ kg} \geq 229483,200 \text{ kg}$$

✓ Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_t \cdot A_c = 0,75 \cdot F_u \cdot A_c$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992

hal.95 )

Dimana :

$\phi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan ( 0,75 )

$F_u$  = Kekuatan tarik baja struktur = 5500 kg/cm<sup>2</sup>

$A_c$  = Luas bersih efektif antar batang tarik

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_c \geq T_u$$

$$0,75 \times 5500 \times 169,316 \geq 229483,200 \text{ kg}$$

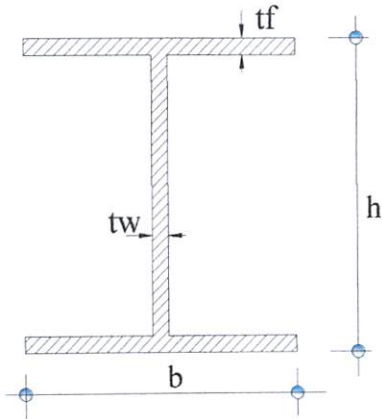
$$698428,170 \text{ kg} \geq 229483,200 \text{ kg}$$

dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih

kecil yaitu 698428,170 kg  $\geq$  229483,200 kg ( Profil aman )

### 3. Batang tarik diagonal (nomor 308)

Direncanakan profil WF 400× 400 × 13 × 21



$$A = 218,7 \text{ cm}^2$$

$$H = 400 \text{ mm} \quad B = 400 \text{ mm}$$

$$I_x = 66600 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 22400 \text{ cm}^4$$

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

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD,  $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

$\phi_c$  = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

$T_n$  = kekuatan nominal batang tekan

$T_u$  = beban layan terfaktor

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, 1992 : 342)

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$(T_u) = 83967,549 \text{ kg}$$

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 89*

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{d} \geq 0,67 &= \frac{400}{400} \geq 0,67 \\ &= 1 \geq 0,67 \dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

✚ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diameter 7/8 inchi = 2,22 cm

$$\begin{aligned} \text{Lebar lubang baut} &= 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,22 + 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,32 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas nominal plat :

$$A_n = A_g - n \times d \times t$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 97*

Dimana :  $A_n$  = luas penampang netto

$A_g$  = luas penampang kotor

$n$  = banyak lubang dalam satu potongan

$t$  = tebal penampang

Maka :

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - n \times d \times t \\ &= 218,7 - 4 \times (2,32 \times 2,1) \\ &= 199,195 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Luas bersih plat ( Luas efektif penampang ) berdasarkan :

$$A_c = U \cdot A_n$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*  
*halaman 86*

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned}A_c &= U \cdot A_n \\ &= 0,85 \times 199,195 \\ &= 169,316 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

✚ Kontrol kekuatan desain

✓ Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*  
*halaman 95*

Dimana :

$\phi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan ( 0,90 )

$F_y$  = Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

$A_g$  = Luas penampang bruto

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0,90 \times 4100 \times 218,7 \geq 83967,549 \text{ kg}$$

$$807003,000 \text{ kg} \geq 83967,549 \text{ kg}$$

✓ Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_t \cdot A_c = 0,75 \cdot F_u \cdot A_c$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992  
hal.95 )

Dimana :

$\phi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan ( 0,75 )

$F_u$  = Kekuatan tarik baja struktur = 5500 kg/cm<sup>2</sup>

$A_c$  = Luas bersih efektif antar batang tarik

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_c \geq T_u$$

$$0,75 \times 5500 \times 169,316 \geq 83967,549 \text{ kg}$$

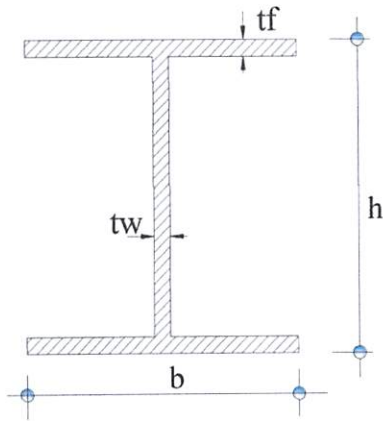
$$698428,170 \text{ kg} \geq 83967,549 \text{ kg}$$

dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu  $698428,170 \text{ kg} \geq 83967,549 \text{ kg}$  ( Profil aman )



#### 4. Batang tarik melintang atas (nomor 183)

Direncanakan profil WF 200 × 200 × 8 × 13



$$A = 63,53 \text{ cm}^2$$

$$H = 200 \text{ mm} \quad B = 200 \text{ mm}$$

$$I_x = 4720 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 1600 \text{ cm}^4$$

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

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD,  $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

$\phi_c$  = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

$T_n$  = kekuatan nominal batang tekan

$T_u$  = beban layan terfaktor

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, 1992*

*halaman 342*

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$(T_u) = 31542,799 \text{ kg}$$

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 89*

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{d} \geq 0,67 &= \frac{200}{200} \geq 0,67 \\ &= 1,00 \geq 0,67 \dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

✚ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diaameter 7/8 inchi = 2,22 cm

$$\begin{aligned} \text{Lebar lubang baut} &= 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,22 + 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,32 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas nominal plat :

$$A_n = A_g - n \times d \times t$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 97*

Dimana :  $A_n$  = luas penampang netto

$A_g$  = luas penampang kotor

$n$  = banyak lubang dalam satu potongan

$t$  = tebal penampang

Maka :

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - n \times d \times t \\ &= 63,53 - 4 \times ( 2,32 \times 1,3 ) \\ &= 51,466 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Luas bersih plat ( Luas efektif penampang ) berdasarkan :

$$A_c = U \cdot A_n$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*  
*halaman 86*

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned}A_c &= U \cdot A_n \\ &= 0,85 \times 51,466 \\ &= 43,746 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

✚ Kontrol kekuatan desain

✓ Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992  
hal. 95 )

Dimana :

$\varphi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan ( 0,90 )

$F_y$  = Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

$A_g$  = Luas penampang bruto

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0,90 \times 4100 \times 63,53 \geq 31542,799 \text{ kg}$$

$$234425,7 \text{ kg} \geq 31542,799 \text{ kg}$$

✓ Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_t \cdot A_c = 0,75 \cdot F_u \cdot A_c$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 95*

Dimana :

$\phi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan ( 0,75 )

$F_u$  = Kekuatan tarik baja struktur = 5500 kg/cm<sup>2</sup>

$A_c$  = Luas bersih efektif antar batang tarik

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_c \geq T_u$$

$$0,75 \times 5500 \times 43,746 \geq 31542,799 \text{ kg}$$

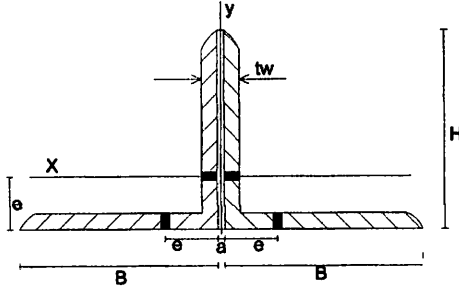
$$180452,663 \text{ kg} \geq 31542,799 \text{ kg}$$

dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih

kecil yaitu 180452,663 kg  $\geq$  31542,799 kg ( Profil aman )

**5. Batang tarik ikatan angin bawah (nomor 339)**

Direncanakan profil L 150 × 150 × 12



$$A = 34,77 \text{ cm}^2 \quad H = 150 \text{ mm} \quad e = 21,2 \text{ mm}$$

$$I_x = 304 \text{ cm}^4 \quad B = 150 \text{ mm}$$

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

$$a = e + \frac{1}{2} \times t$$

$$= 2,12 + (0,5 \times 1,2) = 2,72 \text{ cm}$$

$$I_{y'} = I_y + (A_s \times a^2) \times 2$$

$$= 304 + (304 \times 2,72^2) \times 2$$

$$= 4802,23 \text{ cm}^4$$

$$I_x' = 2 \times I_x$$

$$= 2 \times 304$$

$$= 608 \text{ cm}^4$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD,  $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

$\phi_c$  = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

$T_n$  = kekuatan nominal batang tekan

$T_u$  = beban layan terfaktor

CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, 1992  
halaman 342

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor  
(Tu) = 14616,168 kg

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I, 1992  
hal. 89)

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{bf}{d} &\geq 0,67 = \frac{15}{15} \geq 0,67 \\ &= 1,00 \geq 0,67 \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

✚ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diaameter 7/8 inchi = 2,22 cm

$$\begin{aligned} \text{Lebar lubang baut} &= 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,22 + 0,1 \text{ cm} \\ &= 2,32 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas nominal plat :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 4 \times (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens}) \\ &= 34,77 - 4 \times (2,32 \times 1,2) \\ &= 23,634 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas bersih plat ( Luas efektif penampang ) berdasarkan :

$$A_c = U \cdot A_n$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*  
*halaman 86*

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned} A_c &= U \cdot A_n \\ &= 0,85 \times 23,634 \\ &= 20,089 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

✚ Kontrol kekuatan desain

✓ Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*  
*halaman 95*

Dimana :

$\varphi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan ( 0,90 )

$F_y$  = Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

$A_g$  = Luas penampang bruto

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0,90 \times 4100 \times 34,77 \geq 14616,168 \text{ kg}$$

$$128301,300 \text{ kg} \geq 14616,168 \text{ kg}$$

✓ Didasarkan pada retakan penampang bersih :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_t \cdot A_c = 0,75 \cdot F_u \cdot A_c$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992*

*halaman 95*

Dimana :

$\varphi_t$  = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan ( 0,75 )

$F_u$  = Kekuatan tarik baja struktur = 5500 kg/cm<sup>2</sup>

$A_c$  = Luas bersih efektif antar batang tarik

$T_n$  = Kekuatan nominal batang tarik ( kg )

Maka :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_u \cdot A_c \geq T_u$$

$$0,75 \times 5500 \times 20,089 \geq 14616,168 \text{ kg}$$

$$82866,713 \text{ kg} \geq 14616,168 \text{ kg}$$

dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih

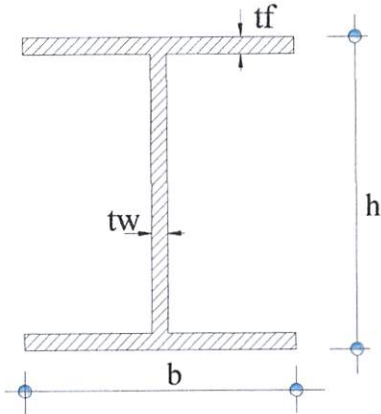
kecil yaitu 82866,713 kg  $\geq$  14616,168 kg ( Profil aman )



#### 4.7.4. Perencanaan Dimensi Batang Tekan

##### 1. Batang Vertikal (Batang nomor 72)

Direncanakan profil WF 400 × 400 × 13 × 21



$$A = 218,7 \text{ cm}^2$$

$$H = 400 \text{ mm}$$

$$B = 400 \text{ mm}$$

$$I_x = 66600 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 22400 \text{ cm}^4$$

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

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD,  $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dimana :

$$\phi_c = 0,85 \text{ (factor resistensi untuk batang tekan)}$$

$$P_n = \text{kekuatan nominal batang tekan}$$

$$P_u = \text{beban layan terfaktor}$$

Kekuatan nominal  $P_n$  dari batang tekan adalah :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

Dimana :

$A_g$  = luas penampang bruto batang tekan

$F_{cr}$  = tegangan kritis

Nilai  $F_{cr}$  tergantung pada parameter  $\lambda_c$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, 1992*

*halaman 342*

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$P_u = 30423,660 \text{ kg}$$

✚ Menghitung Radius Girasi ( $r$ )

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{66600}{218,7}} = 17,451 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{22400}{218,7}} = 10,120 \text{ cm}$$

*CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1"*

*1992 halaman 92*

$I_x$  = Momen inersia arah x ( $\text{cm}^4$ )

$I_y$  = Momen inersia arah y ( $\text{cm}^4$ )

$A_g$  = luas bruto penampang lintang ( $\text{cm}^2$ )

$r_x$  = Radius girasi arah x

$r_y$  = Radius girasi arah y

✚ Parameter kerampingan ( $\lambda_c$ )

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

*CG.Salmon JE,Johnson,"Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992*

*halaman 338*

Dimana :

K = Faktor panjang efektif (sendi – sendi = 1)

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm)

$$F_y = \text{Tegangan leleh baja} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = \text{Modulus elastisitas baja} (2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2)$$

$\lambda_c$  = Parameter kerampingan

$r$  = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{1 \times 750}{10,120} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 1,043 \text{ cm}$$

✚ Menghitung tegangan kritis penampang ( $F_{cr}$ ) (plastis)

Untuk  $\lambda_c \leq 1,5$ , maka  $F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{(1,043^2)}) \times 4100$$

$$F_{cr} = 2600,406 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

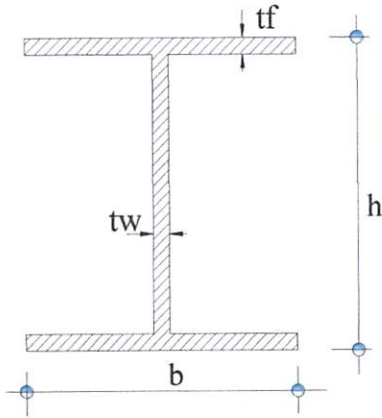
$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$0,85 \times 2600,406 \times 218,7 \geq 30423,660 \text{ kg}$$

$$483402,473 \text{ kg} \geq 30423,660 \text{ kg} \dots \text{Profil aman}$$

## 2. Batang Horizontal Atas (Batang nomor 26)

Direncanakan profil WF 400 × 400 × 13 × 21



$$A = 218,7 \text{ cm}^2$$

$$H = 400 \text{ mm} \quad B = 400 \text{ mm}$$

$$I_x = 66600 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 22400 \text{ cm}^4$$

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

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD,  $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dimana :

$$\phi_c = 0,85 \text{ (factor resistensi untuk batang tekan)}$$

$$P_n = \text{kekuatan nominal batang tekan}$$

$$P_u = \text{beban layan terfaktor}$$

Kekuatan nominal  $P_n$  dari batang tekan adalah :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

Dimana :

$A_g$  = luas penampang bruto batang tekan

$F_{cr}$  = tegangan kritis

Nilai  $F_{cr}$  tergantung pada parameter  $\lambda_c$

CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, 1992  
halaman 342

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$P_u = 346852,980 \text{ kg}$$

✚ Menghitung Radius Girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{66600}{218,7}} = 17,451 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{22400}{218,7}} = 10,120 \text{ cm}$$

CG. Salmon, JE. Johnson, "*Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1*"  
1992 halaman 92

$I_x$  = Momen inersia arah x ( $\text{cm}^4$ )

$I_y$  = Momen inersia arah y ( $\text{cm}^4$ )

$A_g$  = luas bruto penampang lintang ( $\text{cm}^2$ )

$r_x$  = Radius girasi arah x

$r_y$  = Radius girasi arah y

✚ Parameter kerampingan ( $\lambda_c$ )

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

CG.Salmon JE,Johnson, "*Struktur Baja Desain dan Perilaku I*" 1992  
halaman 338

Dimana :

K = Faktor panjang efektif (sendi – sendi = 1)

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm)

$F_y$  = Tegangan leleh baja = 4100  $\text{kg/cm}^2$

$E$  = Modulus elastisitas baja ( $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ )

$\lambda_c$  = Parameter kerampingan

$r$  = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{1 \times 500}{10,120} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 0,695 \text{ cm}$$

✚ Menghitung tegangan kritis penampang ( $F_{cr}$ ) (plastis)

Untuk  $\lambda_c \leq 1,5$ , maka  $F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{(0,695^2)}) \times 4100$$

$$F_{cr} = 3349,519 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

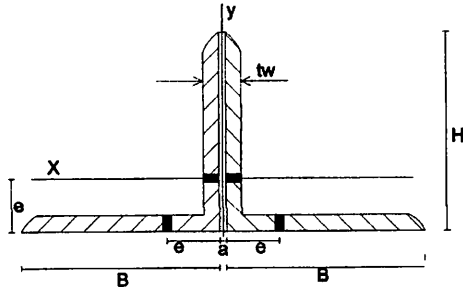
$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$0,85 \times 3349,519 \times 218,7 \geq 346852,980 \text{ kg}$$

$$622658,835 \text{ kg} \geq 346852,980 \text{ kg} \dots \text{ Profil aman}$$

### 3. Batang ikatan angin atas (Batang nomor 372)

Direncanakan profil L 150 × 150 × 12



$$A = 34,77 \text{ cm}^2 \quad H = 150 \text{ mm} \quad e = 21,2 \text{ mm}$$

$$I_x = 304 \text{ cm}^4 \quad B = 150 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} a &= e + \frac{1}{2} \times t \\ &= 2,12 + (0,5 \times 1,2) = 2,72 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{y'} &= I_y + (A_s \times a^2) \times 2 \\ &= 304 + (304 \times 2,72^2) \times 2 \\ &= 4802,23 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{x'} &= 2 \times I_x \\ &= 2 \times 304 \\ &= 608 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD,  $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dimana :

$$\phi_c = 0,85 \text{ (factor resistensi untuk batang tekan)}$$

$$P_n = \text{kekuatan nominal batang tekan}$$

$$P_u = \text{beban layan terfaktor}$$

Kekuatan nominal  $P_n$  dari batang tekan adalah :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

Dimana :

$A_g$  = luas penampang bruto batang tekan

$F_{cr}$  = tegangan kritis

Nilai  $F_{cr}$  tergantung pada parameter  $\lambda_c$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, 1992*

*halaman 342*

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$P_u = 3598,754 \text{ kg}$$

✚ Menghitung Radius Girasi ( $r$ )

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{608}{34,77}} = 4,182 \text{ cm}$$

*(CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1"*

*1992 hal : 92)*

$I_x$  = Momen inersia arah x ( $\text{cm}^4$ )

$I_y$  = Momen inersia arah y ( $\text{cm}^4$ )

$A_g$  = luas bruto penampang lintang ( $\text{cm}^2$ )

✚ Parameter kerampingan ( $\lambda_c$ )

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

*(CG.Salmon JE,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal :*

*338)*

Dimana :

$K$  = Faktor panjang efektif (sendi – sendi = 1)



L = Panjang bentang yang ditinjau (cm)

$F_y$  = Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

E = Modulus elastisitas baja (2,1 x 10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>)

$\lambda_c$  = Parameter kerampingan

r = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{1 \times 625}{4,182} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 2,103 \text{ cm}$$

✚ Menghitung tegangan kritis penampang ( $F_{cr}$ ) (plastis)

Untuk  $\lambda_c > 1,5$

$$F_{cr} = \left[ \frac{0,887}{\lambda_c^2} \right] F_y$$

$$F_{cr} = \left[ \frac{0,887}{2,103^2} \right] 4100$$

$$F_{cr} = 822,297 \text{ kg/cm}^2$$

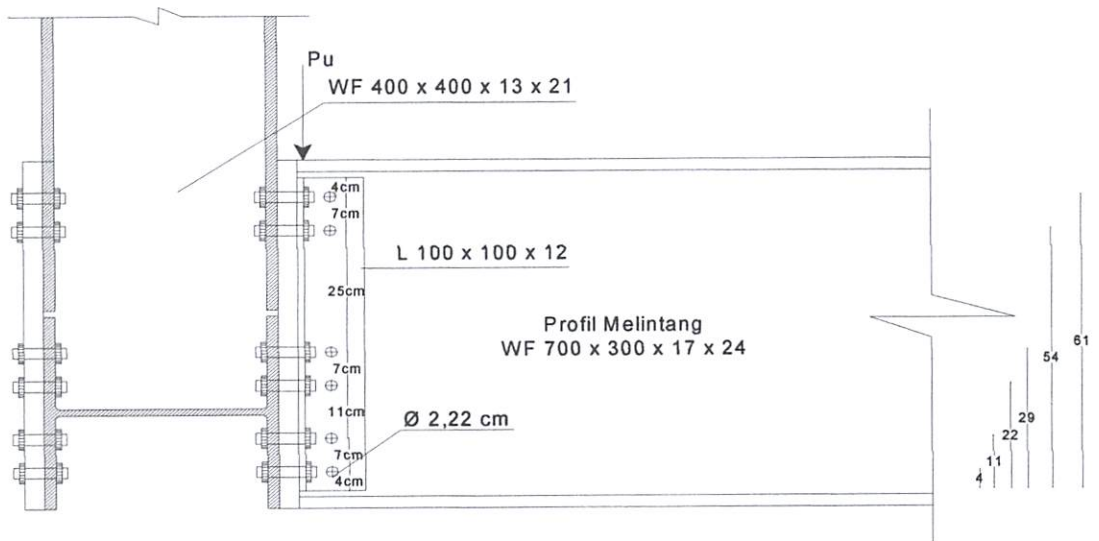
Maka :

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$0,85 \times 822,297 \times 34,77 \geq 3598,754 \text{ kg}$$

$$24302,600 \text{ kg} \geq 3598,754 \text{ kg} \dots \text{ Profil aman}$$

#### 4.8. Perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Melintang



Gambar 4.18 Sambungan Gelagar Induk Dan Gelagar Melintang

- ✓ Direncanakan menggunakan baut A490 Ø 7/8"

$$\text{Ø Baut} = 7/8'' = 2,22 \text{ cm}$$

$$\text{Ø lubang ( db )} = 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

$$F_u^b = \text{kuat tarik bahan baut} = 150 \text{ Ksi} = 1034,25 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ Ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = \text{Tegangan putus minimum} = 550 \text{ Mpa, Bj 55}$$

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2$$

$$= 3,870 \text{ cm}^2$$

Dicoba menggunakan profil L 110.110.12 untuk irisan Ganda.

- ✓ Besarnya gaya geser yang bekerja pada gelagar melintang ( Pu )

$$P_u = 48348,244 \text{ kg (Gaya geser total gelagar melintang, Vu)}$$

✚ Sambungan irisan Ganda ( Melintang )

✓ Kekuatan geser desain baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

*CG.Salmon J.E ,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, halaman 132*

$$\phi = \text{Faktor resistansi} = 0,65$$

$$R_n = \text{Kekuatan geser desain penyambung (kg)}$$

$$F_u^b = \text{Kekuatan tarik baut} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_b = \text{Luas penampang baut} = 3,876 \text{ cm}^2$$

$$m = \text{Banyaknya bidang geser yang terlibat} = 2$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \times (0,6 \times 10342,5) \times 2 \times 3,876 \\ &= 31268,273 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Kekuatan tarik desain

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b$$

*CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 133*

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$$R_{nt} = \text{Kekuatan tarik desain penyambung (kg)}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \times (0,75 \times 10342,5) \times 3,876 \\ &= 22549,236 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Kekuatan tumpu desain baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

*CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992  
halaman 134*

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$R_n$  = Kekuatan desain tumpu baut (kg)

$F_u$  = Kekuatan tarik baja yang membentuk bagian yang disambung  
(Dipakai Baja Bj. 55,  $F_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$ )

$t$  = Ketebalan gelagar melintang = 1,3 cm

$d$  = Diameter baut nominal = 2,32 cm

$$\begin{aligned} \text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 2,32 \times 1,3 \times 5500) \\ &= 29858,400 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Kekuatan nominal

$$T_n = 0,60 \times F_y \times A_{ug}$$

$A_{ug}$  = Luas badan gelagar yang bersangkutan

$$= 0,60 \times 4100 \times (1,3 (70 - 2 \times 2,4))$$

$$= 208509,6 \text{ kg} > P_u = 48348,244 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK}$$

✓ Momen ultimit

$$M_u = P_u \cdot w$$

$$= 48348,244 \times 5,5$$

$$= 241741,220 \text{ kgcm}$$

✓ Jarak Baut :

Syarat penyusunan baut :

Jarak tepi baut,  $L = 1,5 d_b < L < 3 d_b$

Jarak antar baut,  $L = 3 d_b < L < 7 d_b$

- Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \cdot 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut 4 cm.

- Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \cdot 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \cdot 2,222 = 15,554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 7 cm

✓ Menentukan jumlah baut ( n ) :

$$n = \sqrt{\frac{6 \times Mu}{\phi R n \cdot p}}$$

Dimana :

n = jumlah baut

R =  $\phi \cdot R_n$  kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil dari persamaan kuat desain baut yang nialinya lebih kecil), ( kg )

p = jarak antar baut 7 cm

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 241741,220}{22549,236 \times 7}}$$

$$n = 3,031 \approx 6 \text{ buah}$$

- ✓ Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Direncanakan plat penyambung yang digunakan adalah L100.100.12

syarat

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu t}$$

$$4 \geq \frac{48348,244 / 6}{0,75 \times 4100 \times 1,2} = 2,184 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.12

- ✓ Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan baut penyambung

- Kekuatan tarik desain  $\geq$  beban tarik terfaktor baut

$$\phi t \cdot Rnt \geq Rut$$

Dimana :

$\phi t \cdot Rnt$  = kekuatan tarik desain

$Rut$  = beban tarik terfaktor baut

$$Rut = \frac{Mu \times y}{\sum y^2} = \frac{241741,220 \times 61}{(4^2 + 11^2 + 22^2 + 29^2 + 54^2 + 61^2)} = 1820,745 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot Rn \geq Rut$$

$$22549,236 \text{ kg} \geq 1820,745 \text{ kg} \quad (\text{aman})$$

- Kekuatan geser desain  $\geq$  beban geser terfaktor baut :

$$\phi v \cdot Rnv \geq Ruv$$

Dimana :

$\phi v \cdot Rnv$  = kekuatan geser desain = 31268,273 kg

$Ruv$  = Beban geser terfaktor

$$R_{uv} = \frac{Pu}{\sum n} = \frac{48348,244}{12} = 4029,020 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\varphi_v \cdot R_{nv} \geq R_{uv}$$

$$31268,273 \text{ kg} \geq 4029,020 \text{ kg} \quad (\text{aman})$$

#### 4.9. Sambungan Batang pada Gelagar Induk WF 400 × 400 × 13 × 21

Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter nominal (df) =

7/8'' = 2,222 cm. kekuatan tarik baut,  $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$ .

Diameter lubang (db) = 2,222 cm + 0,1 = 2,322 cm

✚ Luas baut ( $A_b$ )

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot df^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,222^2 \\ &= 3,876 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

✚ Kekuatan geser desain baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

*CG.Salmon J.E ,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, halaman 132*

$\phi$  = Faktor resistansi = 0,65

$R_n$  = Kekuatan geser desain penyambung (kg)

$F_u^b$  = Kekuatan tarik baut = 10342,5 kg/cm<sup>2</sup>

$A_b$  = Luas penampang baut = 3,876 cm<sup>2</sup>

$m$  = Banyaknya bidang geser yang terlibat = 1

Maka  $\phi R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$

$$\begin{aligned} &= 0,65 \times (0,6 \times 10342,5) \times 1 \times 3,876 \\ &= 15634,1367 \text{ kg} \end{aligned}$$



✚ Kekuatan tumpu desain baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

*CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992*

*halaman 134*

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$$R_n = \text{Kekuatan desain tumpu baut (kg)}$$

$$F_u = \text{Kekuatan tarik baja yang membentuk bagian yang disambung}$$

$$(\text{Dipakai Baja Bj. 55, } F_u = 5500 \text{ kg/cm}^2)$$

$$t = \text{Ketebalan flens} = 2,10 \text{ cm}$$

$$d = \text{Diameter baut nominal} = 2,322 \text{ cm}$$

$$\text{Maka } \phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

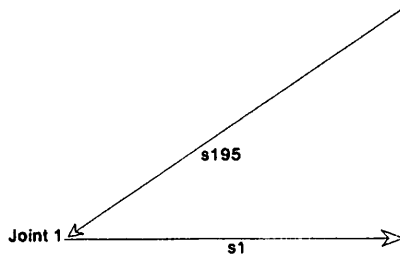
$$= 0,75 \times (2,4 \times 2,322 \times 2,10 \times 5500)$$

$$= 48274,380 \text{ kg}$$

$R_n$  = kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil dari persamaan kuat desain baut yang nialinya lebih kecil), (kg)

$$\phi R_n = 15634,1367 \text{ kg}$$

## 1. Joint 1



$$S1 = 200604,420 \text{ kg}$$

$$S195 = 310557,040 \text{ kg}$$

✓ Jumlah baut yang diperlukan pada batang nomor 195 (batang tekan)

$$NS_{195} = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{310557,040}{15634,1367} = 19,864 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

✓ Ketebalan plat yang digunakan

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal :  
135)

$$5 \geq \frac{310557,040 / 32}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,809$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t} = 0,809$ , maka dipakai plat penyambung dengan

ketebalan 3,0 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 2,222) \text{ s/d } (7 \times 2,222) \\ &= 6,666 \text{ cm s/d } 15,554 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

- ✓ Jumlah baut yang diperlukan pada batang no. 1 (Batang tarik)

$$NS_1 = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{200604,420}{15634,1367} = 12,831 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

- ✓ Ketebalan plat yang digunakan

$$L \geq \frac{P}{\phi F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{200604,420 / 32}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,507$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi F_u t} = 0,507$ , maka dipakai plat penyambung dengan

ketebalan 3,0 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 2,222) \text{ s/d } (7 \times 2,222) \\ &= 6,666 \text{ cm s/d } 15,554 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak antar baut = 12 cm

✚ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 1

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja ( lihat gambar simpul join 1 )

Diameter baut yang digunakan,  $D = 7/8$  inch

Tegangan plat Bj 52,  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang  $7/8'' = 22,22 \text{ mm}$

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 117,51 = 352,53 \text{ cm}^2$$

Dimana :  $t =$  tebal plat simpul

$b =$  jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$A_n = A_g - ((n \times d) \times t)$$

$$= 352,53 - ((3 \times 2,322) \times 3)$$

$$= 331,632 \text{ cm}^2$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left( 117,51 \times 3 \times \frac{117,51}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 10,17) - (2,322 \times 3 \times 83,03) - (2,322 \times 3 \times 106,34)$$

$$331,632 \times Y_a = 19322,905$$

$$Y_a = \frac{18705,590}{331,632} = 58,266 \text{ cm}$$

$$Yb = 117,51 - 58,266 = 59,244 \text{ cm}$$

✓ Batang No 195

$$P_{195} = \frac{310298,400}{2} = 155149,200 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{195} &= 155149,2 \cos 9 \\ &= -153239,056 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{195} &= 155149,2 \sin 9 \\ &= -24270,682 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Batang No 1

$$P_1 = \frac{216055,310}{2} = 108027,655 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_1 &= 108027,655 \cos 29 \\ &= 94483,116 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= 108027,655 \sin 29 \\ &= -52372,846 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ total} &= D_{195} + D_1 \\ &= -153239,056 + 94483,116 \\ &= -58755,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_u \text{ total} &= N_{195} + N_1 \\ &= -24270,682 - 52372,846 \\ &= -76643,528 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned} Mu &= (D195 \times Z1) - (D1 \times Z2) \\ &= (-153239,056 \times 37,99) - (94483,116 \times 36,33) \\ &= -9254123,342 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times 3 \times 117,51^2 = 6904,300 \text{ cm}$$

$$Fcr = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Zx} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = \frac{76643,528}{331,632} + \frac{9254123,342}{6904,300} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = 1571,452 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

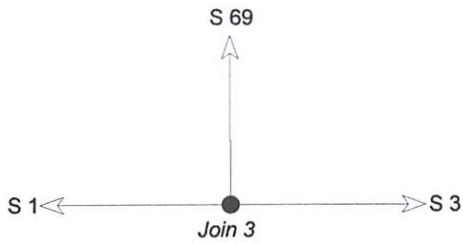
$$Fv = \frac{Vu}{An} = \frac{76643,528}{331,632} = 231,110 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$FR = \sqrt{1571,452^2 + 231,110^2} = 1588,356 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

OK



## 2. Joint 3



$$S1 = 200604,420 \text{ kg} \quad S69 = 50438,522 \text{ kg}$$

$$S3 = 170577,000 \text{ kg}$$

✚ Batang nomor 1 (batang tarik)

$$NS_1 = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{200604,420}{15609,935} = 19,864 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{200604,420 / 32}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,507$$



Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,507$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan

3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22)$$

$$= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

✚ Batang nomor 3 (batang tarik)

$$NS_3 = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{170577,000}{15609,935} = 10,930 \sim 32 \text{ baut}$$

Jarak baut tepi ke tepi plat (L) = 1,5 d s/d 3 d

$$= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22)$$

$$= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{170577,000 / 32}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,431$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,431$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan

3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22)$$

$$= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

✚ Batang nomor 69 (batang tarik)

$$NS_{69} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{50438,522}{15609,935} = 3,231 \sim 12 \text{ baut}$$

Jarak baut tepi ke tepi plat (L) = 1,5 d s/d 3 d

$$= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22)$$

$$= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{50438,522 / 12}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,340$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t} = 0,340$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan

3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22)$$

$$= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

✚ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 3

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja ( lihat gambar simpul join 3 )

Diameter baut yang digunakan, D = 7/8 inch

Tegangan plat Bj 52,  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang 7/8" = 22,22 mm

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 105,17 = 315,51 \text{ cm}^2$$

Dimana : t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\&= 315,51 - ((3 \times 2,322) \times 3) \\&= 294,612 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$\begin{aligned}A_n \times Y_a &= \left(105,17 \times 3 \times \frac{105,17}{2}\right) - (2,322 \times 3 \times 6,06) - (2,322 \times 3 \times 65,60) \\&\quad - (2,322 \times 3 \times 91,17)\end{aligned}$$

$$294,612 \times Y_a = 154546,820$$

$$Y_a = \frac{154546,820}{294,612} = 52,465 \text{ cm}$$

$$Y_b = 105,17 - 52,465 = 52,705 \text{ cm}$$

✓ Batang No 69

$$P_{69} = \frac{50438,522}{2} = 25219,261 \text{ kg}$$

$$D_{69} = 25219,261 \cos 48$$

$$= 16874,980 \text{ kg}$$

$$N_{69} = 25219,261 \sin 48$$

$$= 18741,563 \text{ kg}$$

✓ Batang No 3

$$P3 = \frac{208253,290}{2} = 104126,65 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D3 &= 104126,65 \cos 42 \\ &= 77381,181 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N3 &= 104126,65 \sin 42 \\ &= -69674,328 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vu total} &= D_{69} + D3 \\ &= 18741,563 + 77381,181 \\ &= 96122,744 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nu total} &= N_{69} + N3 \\ &= 18741,563 + (-69674,328) \\ &= -50932,765 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= (D_{69} \times Z1) - (D3 \times Z2) \\ &= (16874,980 \times 32,28) - (77381,181 \times 25,81) \\ &= -1452483,927 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times 3 \times 105,17^2 = 5530,364 \text{ cm}$$

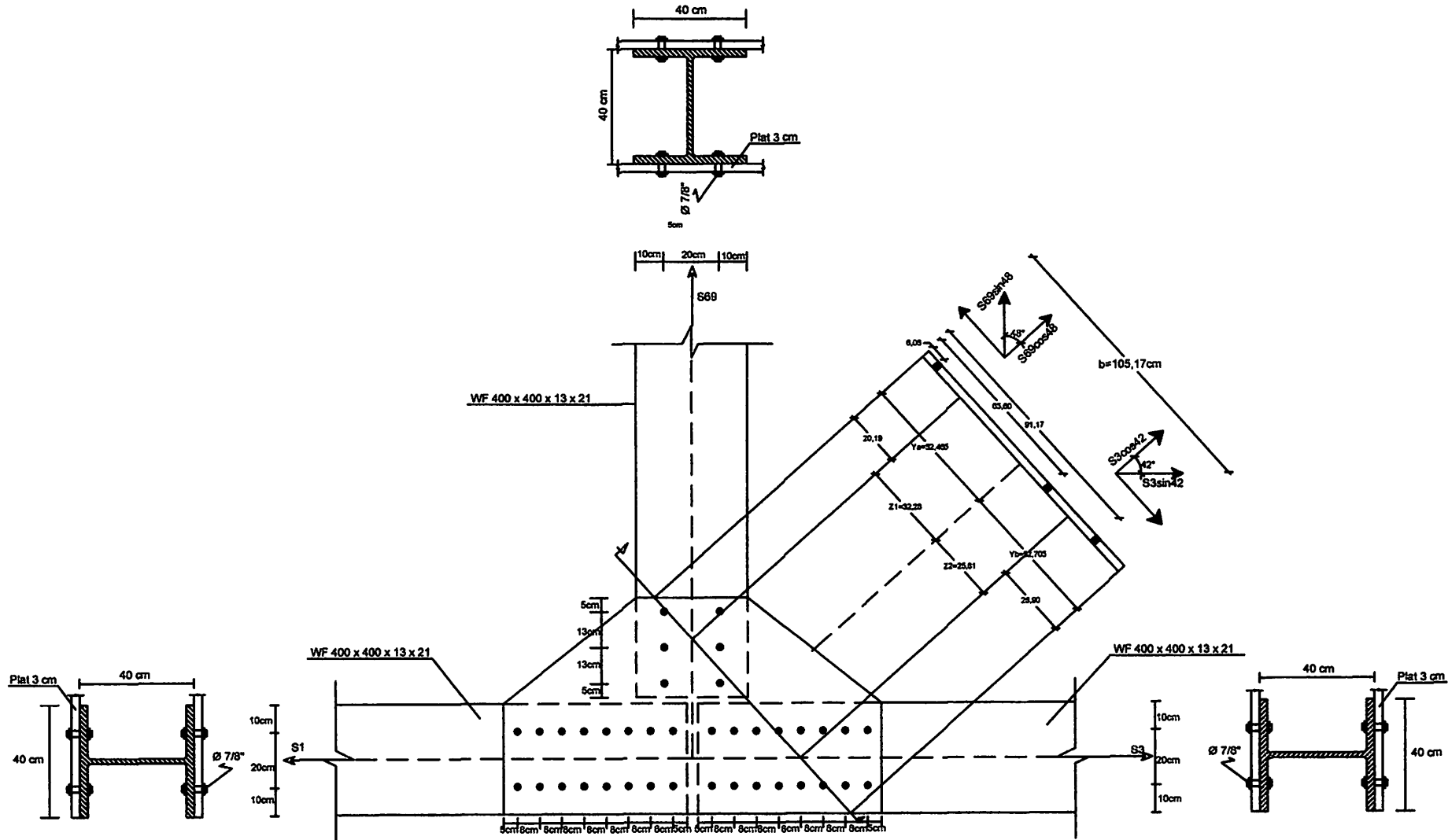
$$Fcr = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Zx} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = \frac{50932,765}{294,612} + \frac{1452483,927}{5530,364} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = 435,520 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$Fv = \frac{Vu}{An} = \frac{96122,744}{294,612} = 326,270 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$FR = \sqrt{435,520^2 + 326,270^2} = 544,178 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

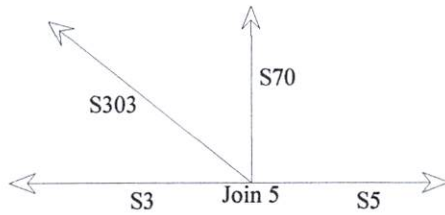


**KONTROL PLAT SIMPUL JOIN 3**

Skala 1:200

Gambar 4.20 Kontrol plat simpul join 3

### 3. Joint 5



$$S3 = 170577,000 \text{ kg} \quad S70 = 31057,233 \text{ kg}$$

$$S5 = 174587,650 \text{ kg} \quad S303 = 32931,434 \text{ kg}$$

✚ Batang nomor 3 (batang tarik)

$$NS_3 = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{170577,000}{15609,935} = 10,930 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{170577,000 / 32}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,431$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,431$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22) \end{aligned}$$



$$= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

✚ Batang nomor 5 (batang tarik)

$$NS_5 = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{174587,650}{15609,935} = 11,184 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{174587,650 / 32}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,441$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t} = 0,441$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22) \\ &= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

✚ Batang nomor 70 (batang tarik)

$$NS_{70} = \frac{Pu}{\phi R_n} = \frac{31057,233}{15609,935} = 2,00 \sim 16 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{31057,233 / 16}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,157$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,157$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22) \\ &= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

✚ Batang nomor 303 (batang tarik)

$$NS_{303} = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{32931,434}{15609,935} = 2,12 \sim 12 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{32931,434 / 12}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,222$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,222$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22) \\ &= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

✚ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 5

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja ( lihat gambar simpul join 5 )

Diameter baut yang digunakan,  $D = 7/8$  inch

Tegangan plat Bj 52,  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang  $7/8'' = 22,22 \text{ mm}$

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 94,21 = 282,63 \text{ cm}^2$$

Dimana :  $t =$  tebal plat simpul

$b =$  jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$A_n = A_g - ((n \times d) \times t)$$

$$= 282,63 - ((3 \times 2,322) \times 3)$$

$$= 261,732 \text{ cm}^2$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$An \times Ya = \left( 94,21 \times 3 \times \frac{94,21}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 9,07) - (2,322 \times 3 \times 32,92) - (2,322 \times 3 \times 84,19)$$

$$261,732 \times Ya = 12434,316$$

$$Ya = \frac{12434,316}{261,732} = 47,508 \text{ cm}$$

$$Yb = 94,21 - 47,508 = 46,702 \text{ cm}$$

✓ Batang No 303

$$P_{303} = \frac{61258,698}{2} = 30629,349 \text{ kg}$$

$$D_{303} = 30629,349 \cos 33$$

$$= -25687,934 \text{ kg}$$

$$N_{303} = 30629,349 \sin 33$$

$$= 16681,939 \text{ kg}$$

✓ Batang No 3

$$P_3 = \frac{208253,290}{2} = 104126,65 \text{ kg}$$

$$D_3 = 104126,65 \cos 5$$

$$= -103730,417 \text{ kg}$$

$$N_3 = 104126,65 \sin 5$$

$$= -9075,236 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 Vu \text{ total} &= D303 + D3 \\
 &= -25687,934 + (-103730,417) \\
 &= -129418,351 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Nu \text{ total} &= N303 + N3 \\
 &= 16681,939 + (-9075,236) \\
 &= 7606,703 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned}
 Mu &= (D303 \times Z1) - (D3 \times Z2) \\
 &= (-25687,934 \times 26,45) - (-103730,417 \times 26,62) \\
 &= 2081857,846 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times 3 \times 94,21^2 = 4437,762 \text{ cm}$$

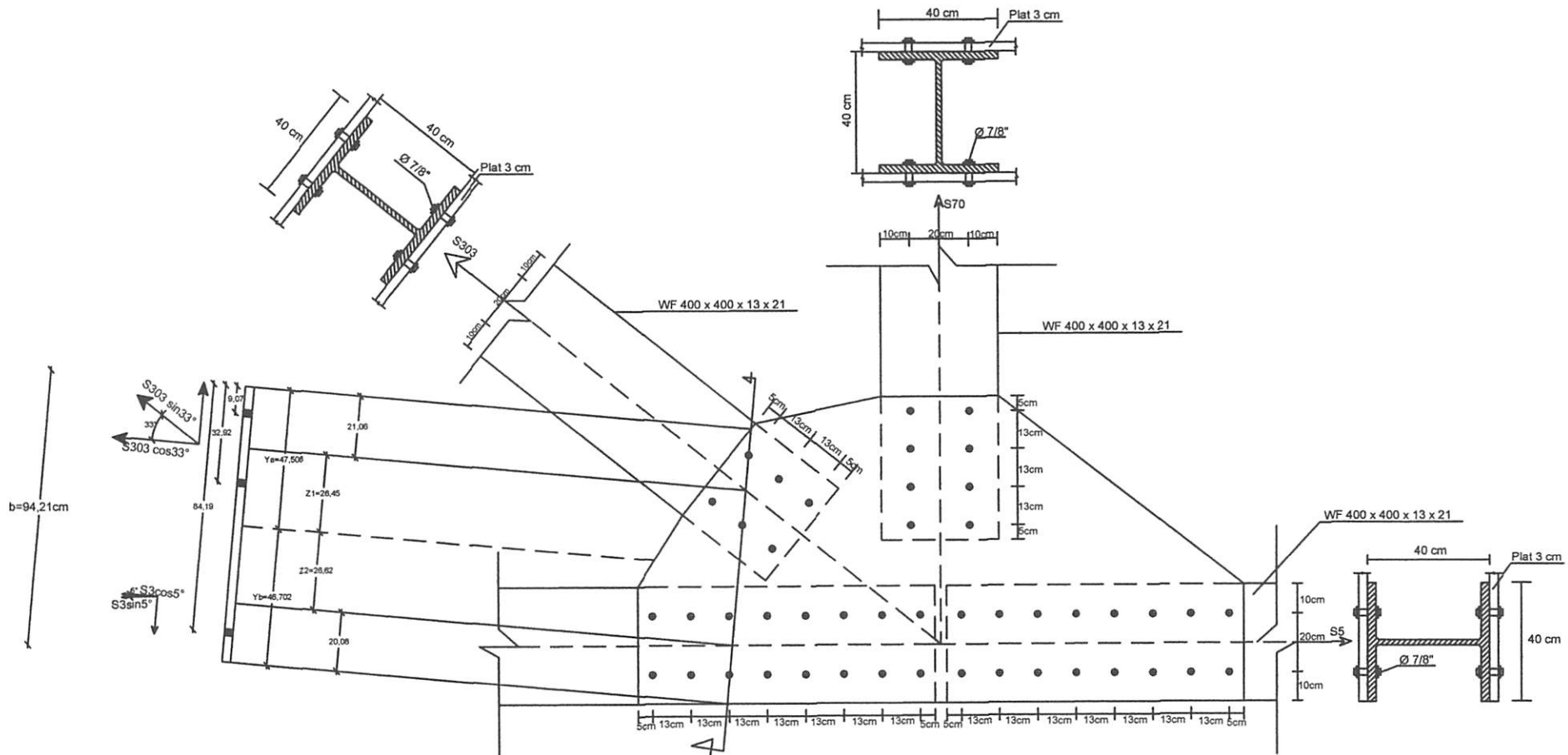
$$Fcr = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Zx} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = \frac{7606,703}{261,732} + \frac{2081857,846}{4437,762} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = 498,186 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$Fv = \frac{Vu}{An} = \frac{129418,351}{261,732} = 494,469 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$FR = \sqrt{498,186^2 + 494,469^2} = 701,918 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

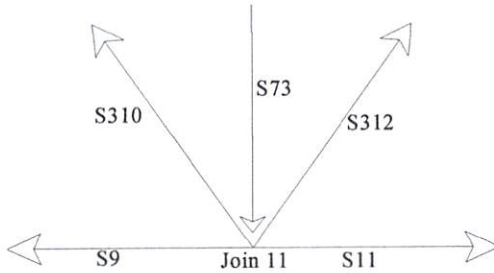


KONTROL PLAT SIMPUL JOIN 5

Skala 1:200

Gambar 4.21 Kontrol plat simpul join 5

#### 4. Joint 11



$$S9 = 291919,080 \text{ kg} \quad S11 = 290412,510 \text{ kg} \quad S312 = 33071,994 \text{ kg}$$

$$S73 = 2668,539 \text{ kg} \quad S310 = 33071,975 \text{ kg}$$

✚ Batang nomor 9 = 11 (batang tarik)

$$NS_{9-11} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{291919,080}{15609,935} = 18,701 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{291919,080 / 32}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,737$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t} = 0,737$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d



$$= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22)$$

$$= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

✚ Batang nomor 10 = 12 (batang tarik)

$$NS_{10-12} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{33071,994}{15609,935} = 2,119 \sim 12 \text{ baut}$$

$$\text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} = 1,5 d \text{ s/d } 3 d$$

$$= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22)$$

$$= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{33071,994 / 12}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,223$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,223$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

$$\text{Jarak antar baut (L)} = 3 d \text{ s/d } 7 d$$

$$= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22)$$

$$= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

✚ Batang nomor 73 (batang tekan)

$$NS_{73} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{2668,539}{15609,935} = 0,171 \sim 20 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{2668,539 / 20}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,01$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t} = 0,01$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22) \\ &= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

✚ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 11

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja ( lihat gambar simpul join 11 )

Diameter baut yang digunakan,  $D = 7/8$  inch

Tegangan plat Bj 52,  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang  $7/8'' = 22,22 \text{ mm}$

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 127,02 = 381,06 \text{ cm}^2$$

Dimana :  $t =$  tebal plat simpul

$b =$  jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$A_n = A_g - ((n \times d) \times t)$$

$$= 381,06 - ((4 \times 2,322) \times 3)$$

$$= 353,196 \text{ cm}^2$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left( 127,02 \times 3 \times \frac{127,02}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 10,04) - (2,322 \times 3 \times 31,54) \\ - (2,322 \times 3 \times 93,05) - (2,322 \times 3 \times 116,89)$$

$$353,196 \times Y_a = 22449,032$$

$$Y_a = \frac{22449,032}{353,196} = 63,560 \text{ cm}$$

$$Y_b = 127,02 - 63,560 = 63,460 \text{ cm}$$

✓ Batang No 12

$$P_{12} = \frac{33071,994}{2} = 16535,997 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{12} &= 16535,997 \cos 25 \\ &= 14986,703 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{12} &= 16535,997 \sin 25 \\ &= 6988,414 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Batang No 11

$$P_{11} = \frac{290412,510}{2} = 145206,255 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{11} &= 145206,255 \cos 31 \\ &= 124466,054 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{11} &= 145206,255 \sin 31 \\ &= -74786,750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ total} &= D_{12} + D_{11} \\ &= 14986,703 + 124466,054 \\ &= 139452,757 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u \text{ total} &= N_{12} + N_{11} \\
 &= 6988,414 + (-74786,750) \\
 &= -67798,336 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned}
 M_u &= (D_{12} \times Z_1) - (D_{11} \times Z_2) \\
 &= (14986,703 \times 42,84) - (124466,054 \times 41,49) \\
 &= -4522066,224 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 127,02^2 = 8067,040 \text{ cm}$$

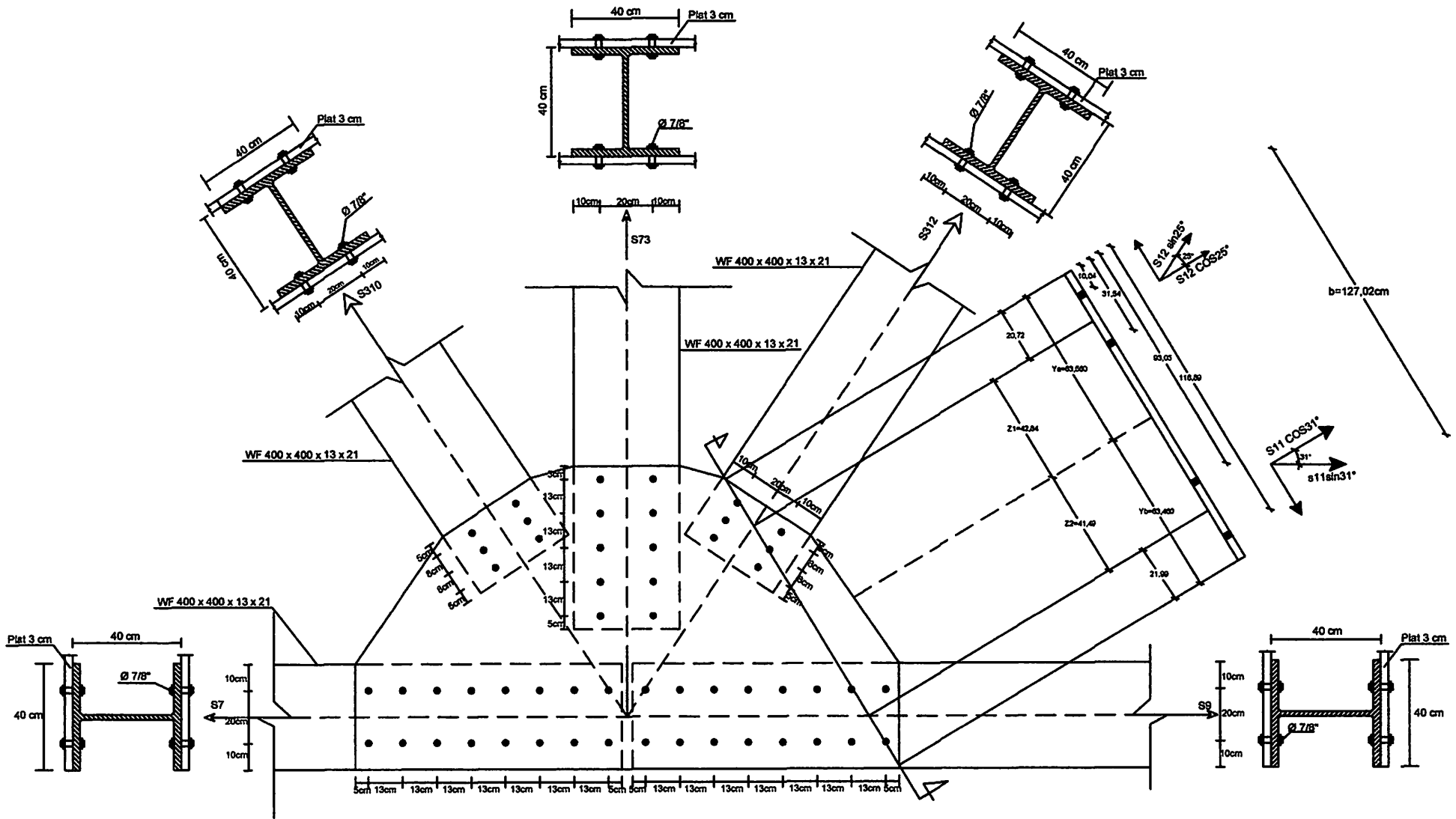
$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{67798,336}{353,196} + \frac{4522066,224}{8067,040} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 752,517 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{139452,757}{353,196} = 394,831 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_R = \sqrt{752,517^2 + 394,831^2} = 849,808 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

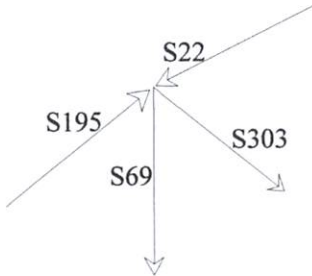


**KONTROL PLAT SIMPUL JOIN 11**

Skala 1:200

Gambar 4.22 Kontrol plat simpul join 11

## 5. Joint 23



$$S69 = 50438,522 \text{ kg} \quad S22 = 297690,170 \text{ kg}$$

$$S303 = 32931,434 \text{ kg} \quad S195 = 310557,040 \text{ kg}$$

✚ Batang nomor 22 = 195 (batang tekan)

$$NS_{195} = NS_{22} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{310557,040}{15609,935} = 19,864 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{310557,040 / 32}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,809$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,809$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan

3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22)$$

$$= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

✚ Batang nomor 69 (batang tarik)

$$NS_{69} = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{50438,522}{15609,935} = 3,231 \sim 12 \text{ baut}$$

Jarak baut tepi ke tepi plat (L) = 1,5 d s/d 3 d

$$= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22)$$

$$= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{50438,522 / 12}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,340$$



Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,340$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan

3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22)$$

$$= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

✚ Batang nomor 303 (batang tarik)

$$NS_{303} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{32931,434}{15609,935} = 2,12 \sim 12 \text{ baut}$$

Jarak baut tepi ke tepi plat (L) = 1,5 d s/d 3 d

$$= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22)$$

$$= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{32931,434 / 12}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,222$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,222$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan

3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22)$$

$$= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

✚ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 23

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja ( lihat gambar simpul join 23 )

Diameter baut yang digunakan, D = 7/8 inch

Tegangan plat Bj 52, fy = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

Diameter lubang 7/8" = 22,22 mm

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 101,25 = 303,75 \text{ cm}^2$$

Dimana : t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\ &= 303,75 - ((4 \times 2,322) \times 3) \\ &= 275,886 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$\begin{aligned} A_n \times Y_a &= \left( 101,25 \times 3 \times \frac{101,25}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 10,61) - (2,322 \times 3 \times 32,14) - (2,322 \times 3 \times 66,2) \\ &\quad - (2,322 \times 3 \times 90,09) \end{aligned}$$

$$275,886 \times Y_a = 13990,413$$

$$Y_a = \frac{13990,413}{275,886} = 50,711 \text{ cm}$$

$$Y_b = 101,25 - 50,711 = 50,539 \text{ cm}$$

✓ Batang No 195

$$P_{195} = \frac{310298,400}{2} = 155149,2 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{195} &= 155149,2 \cos 21 \\ &= -144844,256 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{195} &= 155149,2 \sin 21 \\ &= 55600,501 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Batang No 69

$$P_{69} = \frac{50438,522}{2} = 25219,261 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{69} &= 25219,261 \cos 31 \\ &= -21617,126 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{69} &= 25219,261 \sin 31 \\ &= -12988,880 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ total} &= D_{195} + D_{69} \\ &= -144844,256 + (-21617,126) \\ &= -166461,382 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_u \text{ total} &= N_{195} + N_{69} \\ &= 55600,501 + (-12988,880) \\ &= 42611,621 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned} M_u &= (D_{195} \times Z_1) - (D_{69} \times Z_2) \\ &= (-144844,256 \times 29,32) - (-12988,880 \times 27,31) \\ &= -3892107,273 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 101,25^2 = 5125,781 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = \frac{42611,621}{275,886} + \frac{3892107,273}{5125,781} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

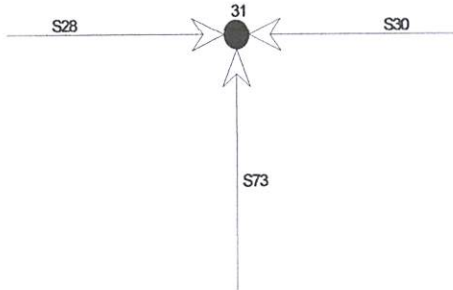
$$Fcr = 913,774 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$Fv = \frac{Vu}{An} = \frac{42611,621}{275,886} = 154,454 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$FR = \sqrt{913,774^2 + 154,454^2} = 926,736 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$



## 6. Joint 31



$$S28 = 319413,950 \text{ kg} \quad S30 = 319413,950 \text{ kg}$$

$$S73 = 2668,539 \text{ kg}$$

✚ Batang nomor 28 = 30 (batang tekan)

$$NS_{28-30} = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{319413,950}{15609,935} = 20,462 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{319413,950 / 32}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,806$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,806$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22) \\ &= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

✚ Batang nomor 73 (batang tekan)

$$NS_3 = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{2668,539}{15609,935} = 0,171 \sim 12 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson,Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{2668,539 / 12}{0,75 \times 5500 \times 3} = 0,02$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t} = 0,02$ , maka dipakai plat penyambung dengan ketebalan

3 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 2,22) \text{ s/d } (7 \times 2,22) \\ &= 6,660 \text{ cm s/d } 15,540 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm



✚ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 31

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja ( lihat gambar simpul join 31 )

Diameter baut yang digunakan,  $D = 7/8$  inch

Tegangan plat Bj 52,  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang  $7/8'' = 22,22 \text{ mm}$

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 99,37 = 298,11 \text{ cm}^2$$

Dimana :  $t =$  tebal plat simpul

$b =$  jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$A_n = A_g - ((n \times d) \times t)$$

$$= 298,11 - ((4 \times 2,322) \times 3)$$

$$= 270,246 \text{ cm}^2$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left( 99,37 \times 3 \times \frac{99,37}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 12,56) - (2,322 \times 3 \times 38,17) - (2,322 \times 3 \times 59,74) - (2,322 \times 3 \times 92,54)$$

$$270,246 \times Y_a = 13397,428$$

$$Y_a = \frac{13397,428}{270,246} = 49,575 \text{ cm}$$

$$Y_b = 99,37 - 49,575 = 49,795 \text{ cm}$$

✓ Batang No 30

$$P_{30} = \frac{313497,750}{2} = 156748,875 \text{ kg}$$

$$D_{30} = 156748,875 \cos 38$$

$$= -123519,800 \text{ kg}$$

$$N_{30} = 156748,875 \sin 38$$

$$= -96504,244 \text{ kg}$$

✓ Batang No 73

$$P_{73} = \frac{26169,432}{2} = 13084,716 \text{ kg}$$

$$D_{73} = 13084,716 \cos 52$$

$$= -8055,756 \text{ kg}$$

$$N_{73} = 13084,716 \sin 52$$

$$= 10310,897 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{30} + D_{73}$$

$$= -123519,800 + (-8055,756)$$

$$= -131575,556 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 N_{u \text{ total}} &= N_{30} + N_{73} \\
 &= -96504,244 + 10310,897 \\
 &= -86193,347 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned}
 M_u &= (D_{30} \times Z_1) - (D_{73} \times Z_2) \\
 &= (-123519,800 \times 24,17) - (-8055,756 \times 25,98) \\
 &= -2776185,025 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 99,37^2 = 4937,198 \text{ cm}$$

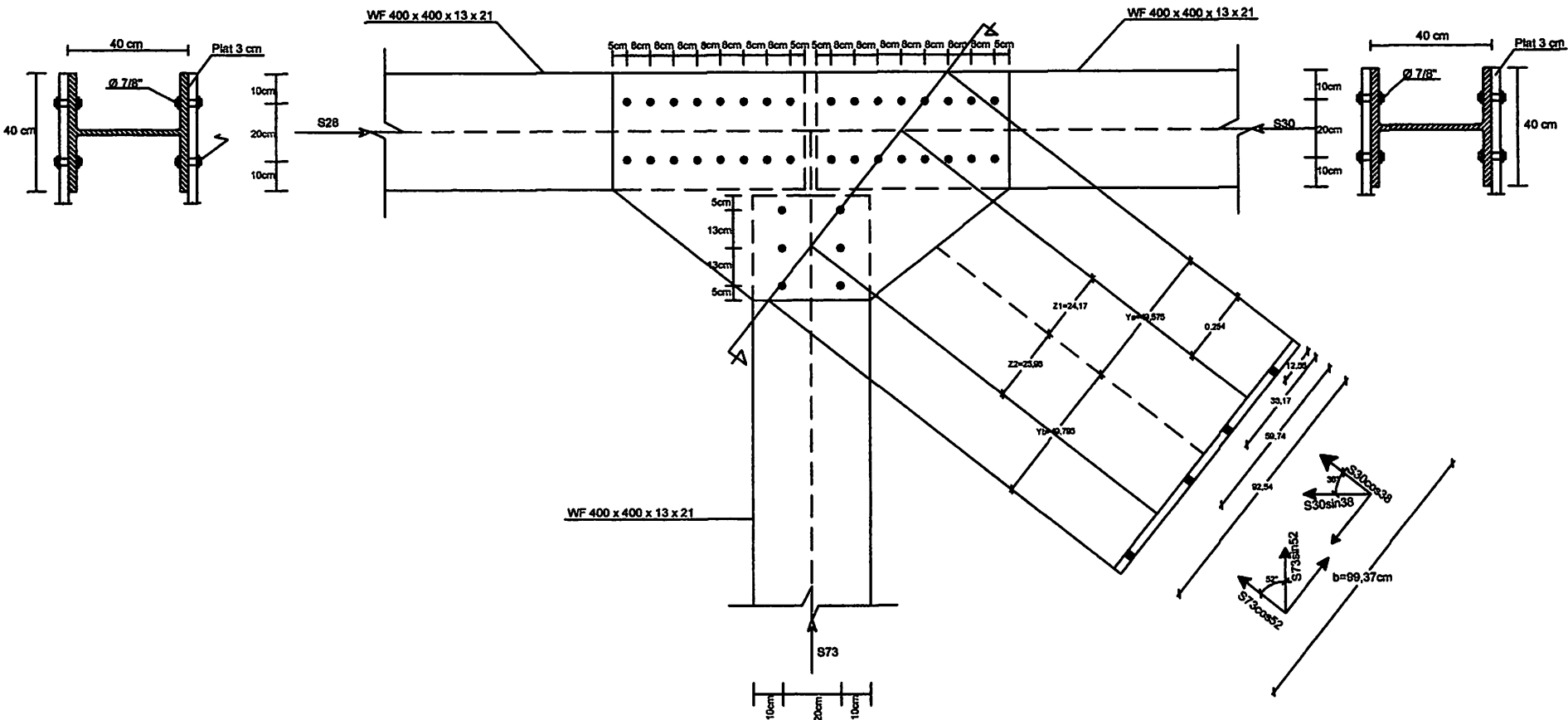
$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{86193,347}{270,246} + \frac{2776185,025}{4937,198} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 881,244 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{131575,556}{270,246} = 486,873 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

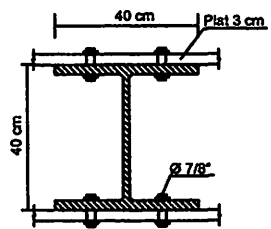
$$F_R = \sqrt{881,244^2 + 486,873^2} = 1006,795 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$



**KONTROL PLAT SIMPUL JOIN 31**

Skala 1:200

Gambar 4.24 Kontrol plat simpul join 31



#### 4.10. Sambungan Batang pada Ikatan Angin

Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter nominal ( $d_f$ ) = 1/2'' = 1,27 cm. kekuatan tarik baut,  $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$ .

Diameter lubang ( $d_b$ ) = 1,27 cm + 0,1 = 1,37 cm

+ Luas baut ( $A_b$ )

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_f^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 \\ &= 1,266 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

+ Kekuatan geser desain baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

*CG.Salmon J.E ,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, halaman 132*

$$\phi = \text{Faktor resistansi} = 0,65$$

$$R_n = \text{Kekuatan geser desain penyambung (kg)}$$

$$F_u^b = \text{Kekuatan tarik baut} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_b = \text{Luas penampang baut} = 3,876 \text{ cm}^2$$

$$m = \text{Banyaknya bidang geser yang terlibat} = 1$$

$$\text{Maka } \phi R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \times (0,6 \times 10342,5) \times 1 \times 1,266$$

$$= 5106,506 \text{ kg}$$

✚ Kekuatan tumpu desain baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

*CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992*

*halaman 134*

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$$R_n = \text{Kekuatan desain tumpu baut (kg)}$$

$$F_u = \text{Kekuatan tarik baja yang membentuk bagian yang disambung}$$

$$(\text{Dipakai Baja Bj. 55, } F_u = 5500 \text{ kg/cm}^2)$$

$$t = \text{Ketebalan flens} = 1,2 \text{ cm}$$

$$d = \text{Diameter baut nominal} = 1,37 \text{ cm}$$

$$\text{Maka } \phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

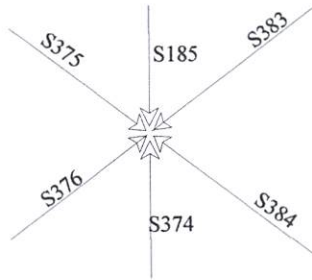
$$= 0,75 \times (2,4 \times 1,37 \times 1,2 \times 5500)$$

$$= 16275,600 \text{ kg}$$

$R_n$  = kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil dari persamaan kuat desain baut yang nialinya lebih kecil), (kg)

$$\phi R_n = 5106,506 \text{ kg}$$

### 1. Joint 147 (ikatan angin atas)



$$\begin{aligned}
 S374 &= 874,800 \text{ kg} & S185 &= 874,800 \text{ kg} \\
 S375 &= 52571,325 \text{ kg} & S376 &= 52571,325 \text{ kg} \\
 S383 &= 52571,325 \text{ kg} & S384 &= 52571,325 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

⚡ Batang nomor 375 = 376 (batang tekan)

$$NS_{375} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{52571,325}{5106,506} = 10,295 \sim 12 \text{ baut}$$

Dipakai baut diameter  $\emptyset 1/2'' = 1,27 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\
 &= (1,5 \times 1,27) \text{ s/d } (3 \times 1,27) \\
 &= 0,635 \text{ cm s/d } 3,81 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 3 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 2 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal :

135)

$$5 \geq \frac{52571,325 / 12}{0,75 \times 5500 \times 2} = 0,351$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,351$ , maka dipakai plat penyambung dengan

ketebalan 2 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut (L)} &= 3 d \text{ s/d } 7 d \\ &= (3 \times 1,27) \text{ s/d } (7 \times 1,27) \\ &= 3,81 \text{ cm s/d } 8,89 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

⚡ Batang nomor 383 = 384 (batang tekan)

$$NS_{383} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{52571,325}{5106,506} = 10,295 \sim 12 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 1,27) \text{ s/d } (3 \times 1,27) \\ &= 0,635 \text{ cm s/d } 3,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 3 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 2 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{52571,325 / 12}{0,75 \times 5500 \times 2} = 0,351$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,351$ , maka dipakai plat penyambung dengan

ketebalan 2 cm



Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

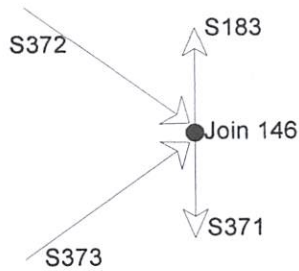
$$= (3 \times 1,27) \text{ s/d } (7 \times 1,27)$$

$$= 3,81 \text{ cm s/d } 8,89 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 6 cm



## 2. Joint 146 (ikatan angin atas)



$$S372 = 3598,754 \text{ kg} \qquad S373 = 3598,754 \text{ kg}$$

✚ Batang nomor 372 (batang tekan)

$$NS_{372} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{3598,754}{5106,506} = 0,705 \sim 12 \text{ baut}$$

Dipakai baut diameter  $\emptyset \frac{1}{2}'' = 1,27 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 1,27) \text{ s/d } (3 \times 1,27) \\ &= 0,635 \text{ cm s/d } 3,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 3 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 2 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{3598,754 / 12}{0,75 \times 5500 \times 2} = 0,036$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,03$ , maka dipakai plat penyambung dengan

ketebalan 2 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 1,27) \text{ s/d } (7 \times 1,27)$$

$$= 3,81 \text{ cm s/d } 8,89 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 6 cm

✚ Batang nomor 373 (batang tarik)

$$NS_{373} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{3598,754}{5106,506} = 0,705 \sim 12 \text{ baut}$$

Dipakai baut diameter  $\text{Ø} \frac{1}{2}'' = 1,27 \text{ cm}$

Jarak baut tepi ke tepi plat (L) = 1,5 d s/d 3 d

$$= (1,5 \times 1,27) \text{ s/d } (3 \times 1,27)$$

$$= 0,635 \text{ cm s/d } 3,81 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 3 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 2 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal :

135)

$$5 \geq \frac{3598,754 / 12}{0,75 \times 5500 \times 2} = 0,036$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t} = 0,03$ , maka dipakai plat penyambung dengan

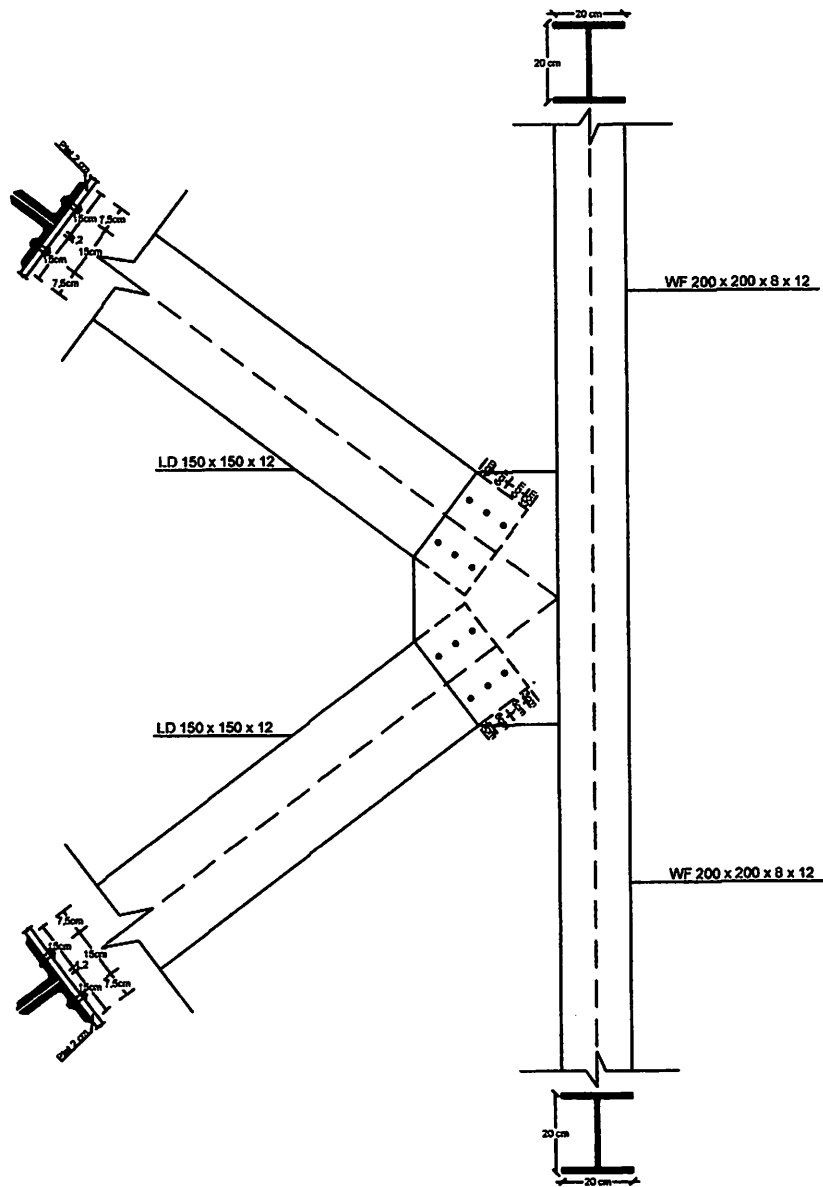
ketebalan 2 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 1,27) \text{ s/d } (7 \times 1,27)$$

$$= 3,81 \text{ cm s/d } 8,89 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

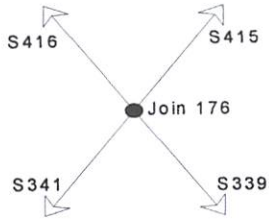


**SAMBUNGAN BATANG IKATAN ANGIN ATAS**

Skala 1:200

Gambar 4.26 Sambungan batang ikatan angin atas

### 3. Joint 176 (ikatan angin bawah)



$$S339 = 341 = 415 = 416 = 14616,168 \text{ kg}$$

⚠ Batang nomor 339 = 341 = 415 = 416 (batang tarik)

$$NS_{339-416} = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{14616,168}{5106,506} = 2,862 \sim 12 \text{ baut}$$

$$NS_{341-415} = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{14616,168}{5106,506} = 2,862 \sim 12 \text{ baut}$$

Dipakai baut diameter  $\emptyset 1/2'' = 1,27 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 1,27) \text{ s/d } (3 \times 1,27) \\ &= 0,635 \text{ cm s/d } 3,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 3 cm

Direnkanakan ketebalan plat penyambung = 2 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{14616,168}{0,75 \times 5500 \times 2} = 0,148$$

Karena  $L = 5 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} = 0,148$ , maka dipakai plat penyambung dengan

ketebalan 2 cm

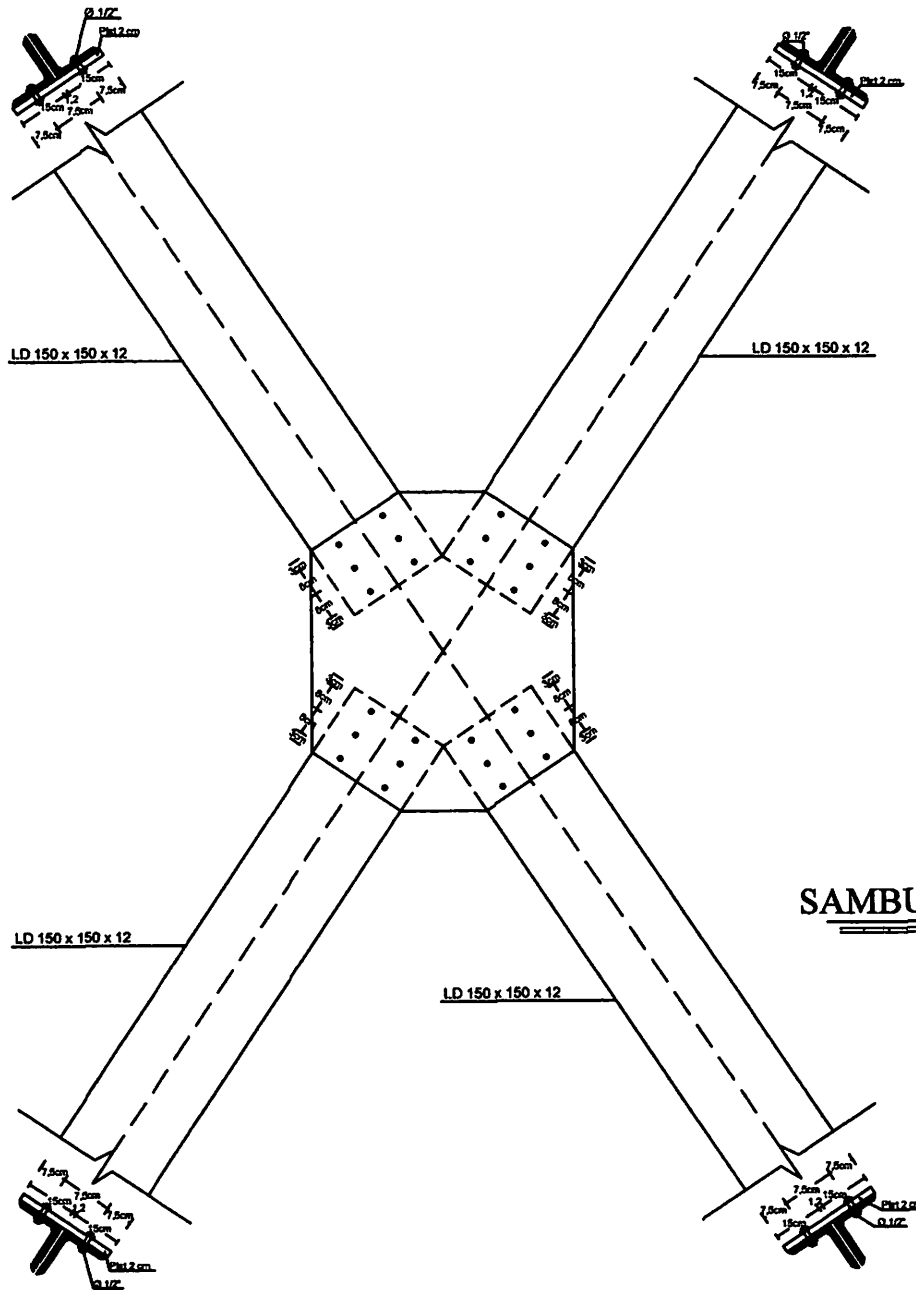
Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 1,27) \text{ s/d } (7 \times 1,27)$$

$$= 3,81 \text{ cm s/d } 8,89 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm





**SAMBUNGAN BATANG IKATAN ANGIN BAWAH**

Skala 1:200

Gambar 4.27 Sambungan batang ikatan angin atas

## 4.11. Perencanaan perletakan

### 4.11.1. Perletakan Sendi

#### 1. Tebal Bantalan ( $S_1$ )

$$P_u = 214390,800 \text{ kg}$$

$$F_y = B_j 55 (410 \text{ Mpa})$$

#### ✓ Panjang empiris

$$\ell = L + 40$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

$\ell$  = Panjang perletakan (cm)

$$\ell = L + 40$$

$$= 50 + 40$$

$$= 90 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

#### ✓ Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \times 214390,800 \times 90}{50 \times 0,90 \times 4100}}$$

$$= 8,856 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$$

## 2. Tebal Bantalan (S<sub>2</sub>)

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{8} . P u l \\ &= \frac{1}{8} \times 214390,800 \times 90 \\ &= 2411896,500 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{Mu}{\phi . fy} \\ &= \frac{2411896,500}{0,9 \times 4100} \\ &= 653,630 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk harga S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, dipakai tabel Muller Breslaw :

Tabel 4.8 Muller Breslaw

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	W
3	4	0,2222 . a . h <sup>2</sup> . S <sub>3</sub>
4	4,2	0,2251 . a . h <sup>2</sup> . S <sub>3</sub>
5	4,6	0,2286 . a . h <sup>2</sup> . S <sub>3</sub>
6	5	0,2315 . a . h <sup>2</sup> . S <sub>3</sub>

*H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan : 249*

$$\text{Diambil } \frac{h}{S_2} = 4; \frac{b}{a \cdot S_3} = 4,2$$

Dipakai jumlah rusuk (a) = 4 buah

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$\frac{h}{a \cdot S_3} = 4,2$$

$$S_3 = \frac{b}{4,2 \cdot a} = \frac{50}{4,2 \times 4} = 2,976 \text{ cm} = 3 \text{ cm}$$

Mencari nilai h dipakai rumus :

$$\begin{aligned} W &= 0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3 \\ &= 0,2251 \cdot 4 \cdot h^2 \cdot 3 \end{aligned}$$

$$W = 2,7012 \cdot h^2$$

$$653,630 \text{ cm}^3 = 2,7012 \cdot h^2$$

$$h^2 = \frac{1057,480}{2,7012} = 241,978$$

$$h = \sqrt{241,978} = 15,556 \approx 20 \text{ cm}$$

Maka :

$$\frac{h}{S_2} = 4 \rightarrow S_2 = \frac{20}{4} = 5 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{20}{6} = 3,333 \sim 4 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{9} = \frac{20}{9} = 2,22 \approx 3 \text{ cm}$$

### 3. Garis Tengah Sumbu Sendi

$$\frac{1}{2} \cdot d_1 = \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f_y \cdot L}$$

*Struyk H., J, Ir., van der Veen K. H. C. W, Ir. Prof., hal 250*

$$= \frac{0,8 \times 214390,800}{0,90 \times 4100 \times 90}$$

$$\frac{1}{2} d_1 = 0,516 \text{ cm}$$

$$d_1 = 1,032 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$$

untuk  $d_1$  minimum diambil 7 cm

$$d_3 = \frac{1}{4} \times d_1$$

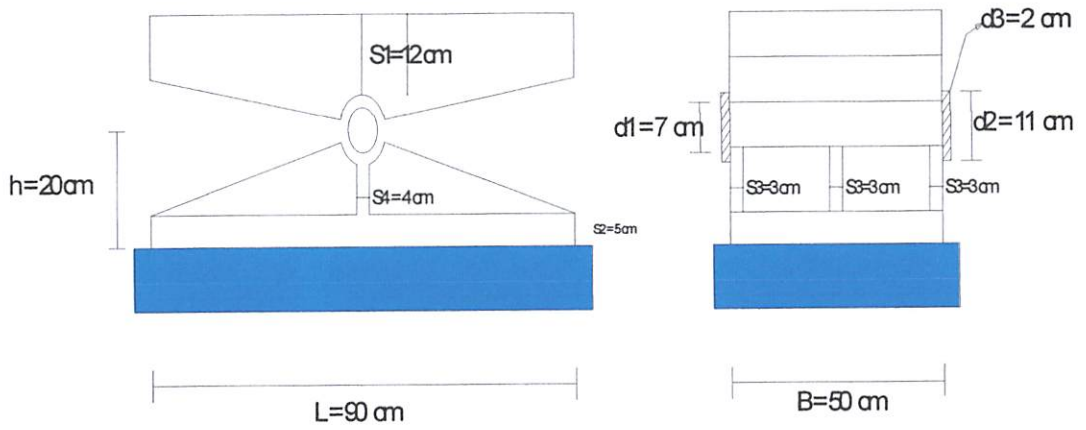
$$= \frac{1}{4} \times 7$$

$$= 1,75 \approx 2 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times d_3)$$

$$= 7 + (2 \times 2)$$

$$= 11 \text{ cm}$$



Gambar 4.28 Perletakan sendi

#### 4.11.2. Perletakan Rol

- ✓ Panjang empiris dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}l &= L + 40 \\ &= 50 + 40 \\ &= 90 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$P_u = 214390,800 \text{ kg}$$

- ✓ Tebal bantalan

$$\begin{aligned}S_1 &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot l}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \times 214390,800 \times 90}{50 \times 0,90 \times 4100}} \\ &= 8,856 \text{ cm} = 12 \text{ cm}\end{aligned}$$

- ✓ Diameter rol :

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot (\phi \cdot f_u)^2}$$

$f_u = 8500 \text{ kg/cm}^2$  tegangan putus untuk A529

$$= 0,75 \times 10^6 \times \frac{214390,800}{90 \times (0,9 \times 8500)^2}$$

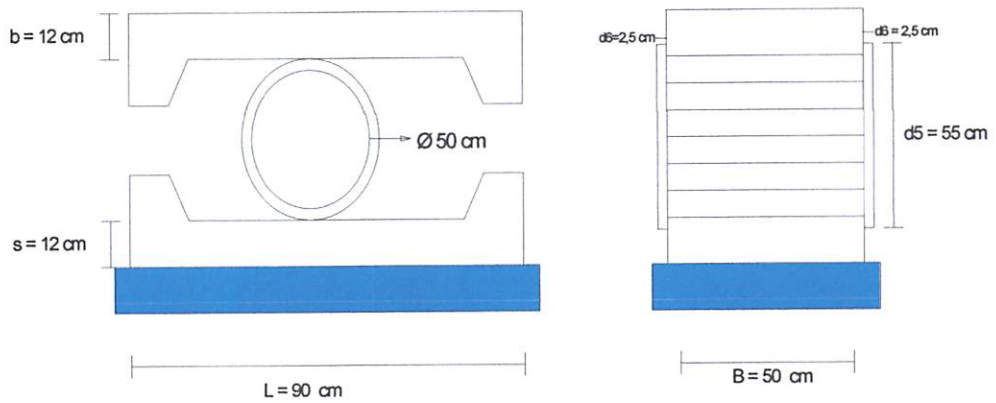
$$= 30,528 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

✓ Tebal bibir rol :

$d_6$  = diambil sebesar 2,5 cm (tebal pergelasan rol)

✓ Tinggi total rol :

$$\begin{aligned}d_5 &= d_4 + 2 \cdot d_6 \\ &= 50 + 2 \cdot 2,5 \\ &= 55 \text{ cm}\end{aligned}$$



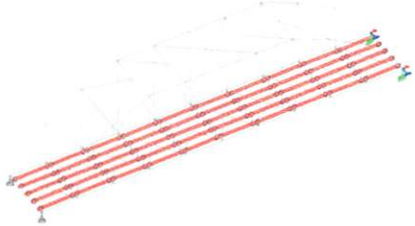
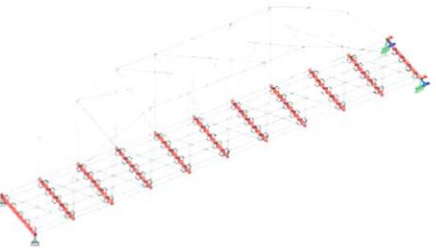
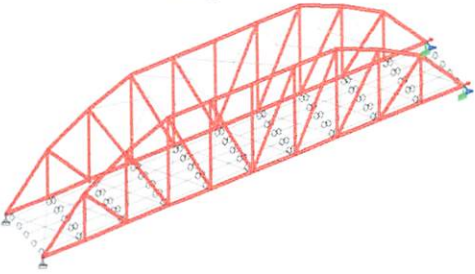
Gambar 4.29 Peretakan rol

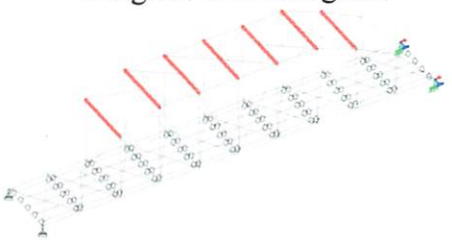
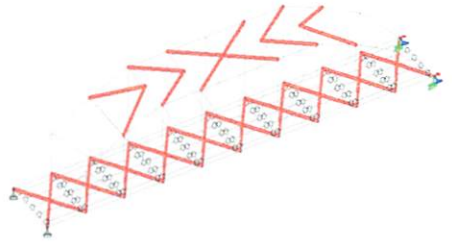


## 4.12. Perhitungan Kebutuhan Bahan

### 4.12.1 Profil Baja

Tabel 4.9 perhitungan kebutuhan profil baja

Nama	JenisProfil/ Dimensi profil	Berat profil baja didapat dari hasil perhitungan STAAD PRO ( kg ) (1 lonjor = 12 cm)
Gelagar Memanjang 	WF 350 x 175 x 7 x 11	12081,7889 (21 buah batang WF)
Gelagar Melintang 	WF 700 x 300 x 13 x 24	14404,8112 (7 buah batang WF)
Gelagar Induk 	WF 400 x 400 x 13 x 21	76592,3413 (38 buah batang WF)

<p>Pengaku melintang atas</p> 	<p>WF 200 x 200 x 8 x 12</p>	<p>2562,1805 (5 buah batang WF)</p>
<p>Ikatan Angin atas + Ikatan Angin bawah</p> 	<p>LD 150 x 150 x 12</p>	<p>13674,9256 (22 buah batang LD)</p>
<p>Berat Total</p>		<p>119295,1096</p>

#### 4.12.2. Kebutuhan Baut

##### a. Sambungan gelagar memanjang

- ✓ Ukuran Baut yang digunakan =  $\Phi$  7/8 “
- ✓ Jumlah titik simpul (tepi) = 10
- ✓ Jumlah titik simpul (tengah) = 45
- ✓ Jumlah baut simpul tepi =  $10 \times 6 = 60$  buah
- ✓ Jumlah baut simpul tengah =  $45 \times 12 = 540$  buah
- ✓ Jumlah baut =  $60 + 540 = 600$  buah

##### b. Sambungan gelagar melintang

- ✓ Ukuran Baut yang digunakan =  $\Phi$  7/8 “
- ✓ Jumlah titik simpul = 22
- ✓ Jumlah baut tiap simpul =  $6 + (6 \times 2) = 18$
- ✓ Jumlah baut =  $22 \times 18 = 396$  buah

##### c. Sambungan simpul ikatan angin atas

- ✓ Ukuran Baut yang digunakan =  $\Phi$  1/2 “
- ✓ Jumlah titik simpul = 5
- ✓ Jumlah baut tiap simpul
  - Simpul tengah =  $(16 \times 2) + (12 \times 4) = 80$  buah
  - Simpul tepi =  $((16 \times 2) + (12 \times 2)) \times 4 = 224$  buah

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Jumlah baut} &= 80 + 224 \\ &= 304 \text{ buah} \end{aligned}$$

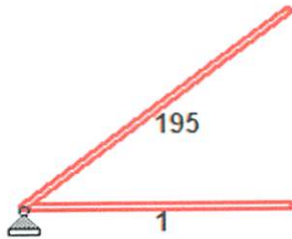
**d. Sambungan simpul ikatan angin bawah**

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Ukuran Baut yang digunakan} &= \Phi 1/2 \text{ “} \\ \checkmark \text{ Jumlah titik simpul} &= 10 \\ \checkmark \text{ Jumlah baut tiap simpul} &= (12 \times 2) + (24 \times 2) = 72 \\ \checkmark \text{ Jumlah baut} &= 10 \times 72 \\ &= 720 \text{ buah} \end{aligned}$$

**e. Sambungan gelagar Induk**

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Ukuran Baut yang digunakan} &= \Phi 7/8 \text{ “} \\ \checkmark \text{ Jumlah titik simpul} &= 40 \\ \checkmark \text{ Jumlah baut tiap simpul} & \end{aligned}$$

1) Simpul tepi bawah



$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut tiap batang} &= 32 \text{ buah} \\ \text{Jumlah titik simpul} &= 4 \text{ buah} \\ \text{Jumlah total baut} &= (32 + 32) \times 4 \\ &= 256 \text{ buah} \end{aligned}$$

2) Simpul tengah bawah



Jumlah baut batang (1 = 3) = 32 buah

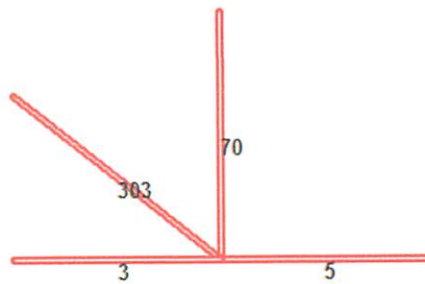
Jumlah baut batang (69) = 12 buah

Jumlah titik simpul = 4 buah

Jumlah total baut =  $(32 + 32 + 12) \times 4$

= 304 buah

3) Simpul tengah bawah



Jumlah baut batang (3 = 5) = 32 buah

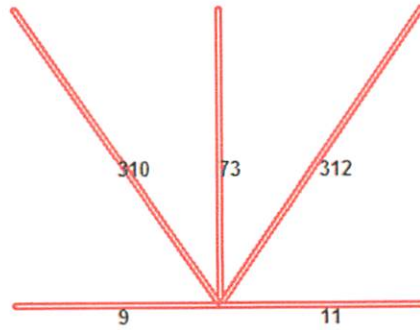
Jumlah baut batang (70) = 16 buah

Jumlah baut batang (303) = 12 buah

Jumlah titik simpul = 12 buah

Jumlah total baut =  $(32 + 32 + 16 + 12) \times 12 = 1104$  buah

4) Simpul tengah bawah



Jumlah baut batang (9 = 11) = 32 buah

Jumlah baut batang (73) = 20 buah

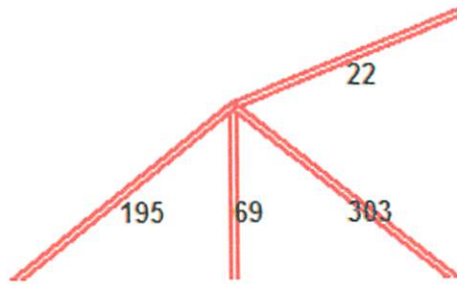
Jumlah baut batang (310 = 312) = 12 buah

Jumlah titik simpul = 2 buah

Jumlah total baut =  $(32 + 32 + 20 + 12 + 12) \times 2$

= 216 buah

5) Simpul atas



Jumlah baut batang (22 = 195) = 32 buah

Jumlah baut batang (69) = 12 buah

Jumlah baut batang (303) = 12 buah

Jumlah titik simpul = 16 buah

Jumlah total baut =  $(32 + 32 + 12 + 12) \times 16$

= 1408 buah

6) Simpul atas



Jumlah baut batang (28 = 30) = 32 buah

Jumlah baut batang (69) = 12 buah

$$\text{Jumlah titik simpul} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah total baut} = (32 + 32 + 12) \times 2$$

$$= 152 \text{ buah}$$

✓ Jumlah total baut pada sambungan gelagar induk adalah :

$$(256 + 1104 + 216 + 1408 + 152) = 3136 \text{ buah}$$

### 4.12.3. Kebutuhan Beton

#### a. Volume beton

$$\text{➤ Lantai kendaraan} = 0,25 \times 6 \times 50 = 75 \text{ m}^3$$

$$\text{➤ Trotoir} = 0,55 \times 0,75 \times 50 \times 2 = 41,25 \text{ m}^3$$

$$\text{➤ Tegel + spesi} = 0,75 \times 50 \times 2 = 75 \text{ m}^2$$

$$\text{➤ Aspal} = 0,05 \times 6 \times 50 = 15 \text{ m}^3$$

#### b. Kebutuhan Tulangan

$$1 \text{ lonjor} = 12 \text{ cm}$$

✚ Tulangan pokok D13 – 200 mm

$$\text{Panjang tulangan} = \left[ \left( \frac{50}{0,2} \times 7,5 \right) + \left( \frac{50}{0,2} \times 7,5 \right) + \left( \frac{50}{0,2} \times 2 \right) \right]$$

$$= 4250 \text{ meter}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{4150}{12} = 354 \text{ lonjor}$$



✚ Tulangan bagi D 13 – 250 mm

$$\begin{aligned}\text{Panjang tulangan} &= \left[ \left( \frac{50}{0,25} \times 7,5 \right) + \left( \frac{50}{0,25} \times 7,5 \right) + \left( \frac{50}{0,25} \times 2 \right) \right] \\ &= 3025 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{3025}{12} = 252 \text{ lonjor}$$

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa data dan perencanaan yang penulis lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

**1. Dimensi plat dan tulangan yang dipakai pada lantai kendaraan dan trotoar pada jembatan tipe Warren Modeling ini adalah :**

**a. Plat lantai kendaraan**

Panjang lantai kendaraan (L) : 50 m

Lebar lantai kendaraan (b) : 6 m

Dipakai plat beton (h) : 25 cm

Dipakai tulangan pokok : D 13 – 200

Dipakai tulangan bagi : D 13 – 250

**b. Plat lantai trotoar**

Panjang lantai kendaraan (L) : 50 m

Lebar lantai kendaraan (b) : 0,75 m

Jumlah trotoar : 2

Dipakai plat beton (h) : 55 cm

Dipakai tulangan pokok : D 13 – 200

Dipakai tulangan bagi : D 13 – 250

**2. Dimensi profil baja (WF) yang di pakai dalam perencanaan gelagar memanjang, gelagar melintang dan gelagar induk adalah sebagai berikut :**

a. Dimensi gelagar memanjang

Dipakai profil baja WF dengan dimensi :  $350 \times 175 \times 7 \times 11$

Berat total dari gelagar memanjang : 12081,7889 kg

b. Dimensi gelagar melintang

Dipakai profil baja WF dengan dimensi :  $700 \times 300 \times 13 \times 24$

Berat total dari gelagar melintang : 14404,8112 kg

c. Dimensi gelagar induk

Dipakai profil baja WF dengan dimensi : WF  $400 \times 400 \times 13 \times 21$

Berat total dari gelagar induk : 76592,3413 kg

**3. Dalam merencanakan profil ikatan angin pada jembatan tipe Warren Modeling ini, jenis profil baja yang dipakai adalah baja WF dan baja LD.**

Baja WF dipakai sebagai pengaku baja LD untuk ikatan angin atas dan dipasang melintang sedangkan baja LD dipakai untuk ikatan angin atas dan ikatan angin bawah.

Dimensi baja WF dan LD yang dipakai adalah :

a. Ikatan angin atas

✓ Profil baja WF

Dipakai profil WF dengan dimensi : WF 200 × 200 x 8 × 12

Berat total dari profil : 2562,1805 kg

✓ Profil baja LD

Dipakai profil LD dengan dimensi : LD 150 × 150 × 12

b. Ikatan angina bawah

Dipakai profil LD dengan dimensi : LD 150 × 150 × 12

c. Berat total profil baja LD

(Berat profil ikatan angina atas + bawah) : 13674,9256 kg

**4. Dimensi dan jumlah baut yang dipakai dalam perencanaan sambungan**

a. Sambungan antara gelagar memanjang dan gelagar melintang

Dipakai baut dengan dimensi :  $\Phi$  7/8 “ (2,222 cm)

Jumlah baut yang dipakai : 600 buah

b. Sambungan antara gelagar melintang dan gelagar induk

Dipakai baut dengan dimensi :  $\Phi$  7/8 “ (2,222 cm)

Jumlah baut yang dipakai : 396 buah

c. Sambungan antara gelagar induk

Dipakai baut dengan dimensi :  $\Phi$  7/8 “ (2,222 cm)

Jumlah baut yang dipakai : 3136 buah

d. Sambungan antara ikatan angin

✓ Ikatan angin atas

Dipakai baut dengan dimensi :  $\Phi$  1/2 " (1,27 cm)

Jumlah baut yang dipakai : 304 buah

✓ Ikatan angin bawah

Dipakai baut dengan dimensi :  $\Phi$  1/2 " (1,27 cm)

Jumlah baut yang dipakai : 720 buah

**5. Jumlah kebutuhan bahan dari jembatan rangka Warren Modeling**

**1) Kebutuhan profil baja**

a. Profil WF gelagar memanjang (WF 350 × 175 × 7 × 11) :21 buah

b. Profil WF gelagar melintang (WF 700 × 300 × 13 × 24) : 7 buah

c. Profil WF gelagar induk (WF 400 × 400 × 13 × 21) : 38 buah

d. Profil ikatan angin

✓ Profil WF pengaku ikatan angina atas

(WF 200 × 200 x 8 × 12) : 5 buah

✓ Profil LD ikatan angina (LD 150 × 150 × 12) : 22 buah

**2) Kebutuhan baut untuk sambungan**

a. Baut dengan dimensi  $\Phi$  7/8 " (2,222 cm) : 4132 buah

b. Baut dengan dimensi  $\Phi$  1/2 " (1,27 cm) : 784 buah

### 3) Kebutuhan beton bertulang

#### a. Volume beton

Plat lantai kendaraan =  $75 \text{ m}^3$

Trotoir =  $41,25 \text{ m}^3$

Tegel + spesi =  $75 \text{ m}^2$

Aspal =  $15 \text{ m}^3$

#### b. Kebutuhan tulangan

1 lonjor = 12 cm

✓ Tulangan pokok D13 – 200 mm = 354 lonjor

✓ Tulangan bagi D 13 – 250 mm = 252 lonjor

## **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil perencanaan yang dilakukan pada jembatan rangka dengan tipe Warren Modeling dan berdasarkan kesimpulan diatas, maka penulis memberikan saran :

1. Perencanaan jembatan di kabupaten Nunukan bisa direncanakan dengan menggunakan rangka baja tipe Warren Modeling sebagai salah satu alternatif dengan alasan bahwa jembatan rangka Warren Modeling bisa memberikan hasil perencanaan yang ekonomis dan kuat.
2. Dalam merencanakan pembebanan pada jembatan harus didasarkan pada standar yang sudah ditetapkan oleh badan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan akan lebih baik menggunakan standar terbaru.
3. Untuk perhitungan pembebanan pada gelagar induk jembatan sebaiknya menggunakan program bantu teknik sipil (STAAD Pro) tiga dimensi sehingga perhitungan pembebanan lebih akurat.
4. Untuk perencanaan sambungan pada jembatan sebaiknya menggunakan metode yang lebih moderen, dan pada perencanaan jembatan ini penulis memilih metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*) dengan alasan metode ini adalah metode yang sering dipakaai karena memiliki kelebihan (struktur lebih aman dan ekonomis) dibandingkan metode yang lain.

5. Dalam merencanakan sambungan harus dihitung dengan baik dan sesuai dengan rumus yang ditetapkan dalam metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*) sehingga tidak menimbulkan kerusakan atau kegagalan pada struktur jembatan yang direncanakan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan, 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Jakarta: Erlangga.
- Anonim, 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*, BMS 1992, Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- RSNI – T – 02 – 2005 . *Standar Pembebanan Jembatan*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- RSNI – T – 03 – 2005 . *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Salmon, CG. Jhonson, JE. 1992. *Struktur Baja Desain Dan Perilaku Jilid I*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Stryuk, H.J. Van Deer Veen, H.K.J.W, 1995. *Jembatan Terjemahan Soemargono*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sunggono kh, V, Ir, 1995. *Buku Teknik Sipil*, Bandung: Nova.



# **LAMPIRAN I**