

SKRIPSI

ALTERNATIF DESAIN BANGUNAN ATAS JEMBATAN TIPE TROUGH

BALTIMORE TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD

PADA JEMBATAN SENYIUR KECAMATAN MUARA ANCALONG

KUTAI TIMUR



Disusun oleh:

SATRIA PANDU PERSADA

12.21.012

JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**ALTERNATIF DESAIN BANGUNAN ATAS JEMBATAN TIPE TROUGH
BALTIMORE TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE L.R.F.D.
(STUDI KASUS JEMBATAN SENYIUR KEC. MUARA ANCALONG)**

Dipertahankan Di hadapan 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

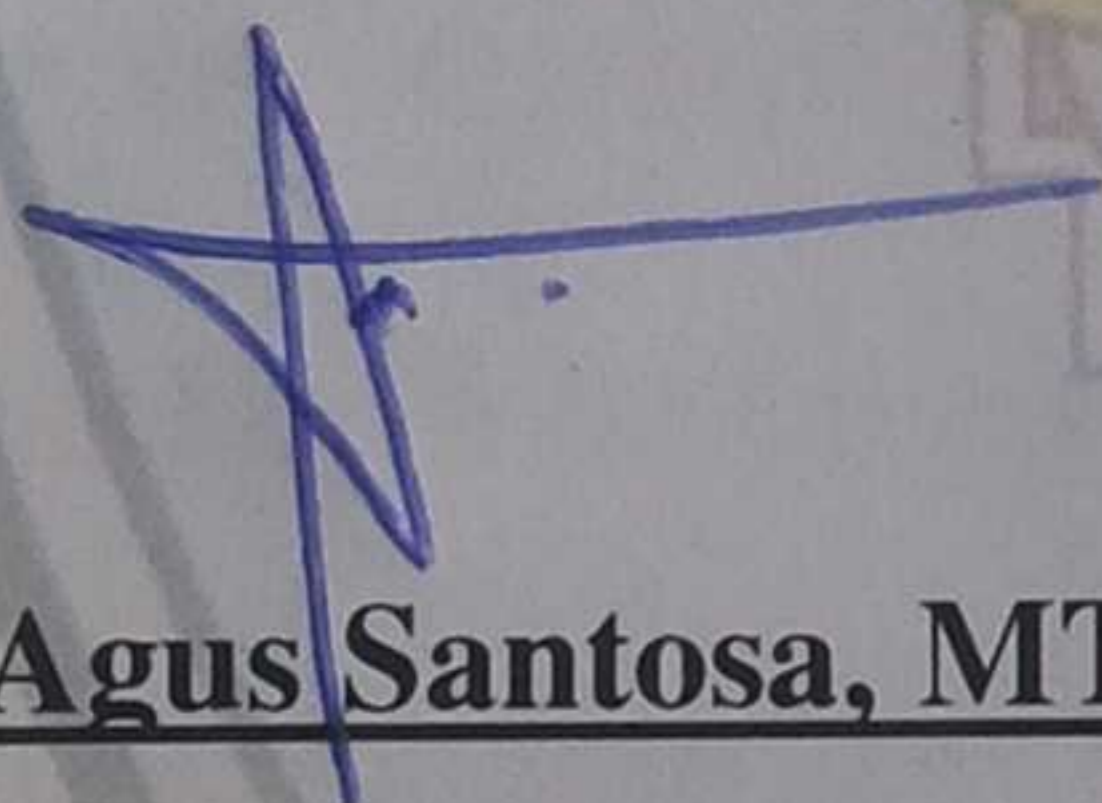
Disusun Oleh :

Satria Pandu Persada

12.21.012


Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

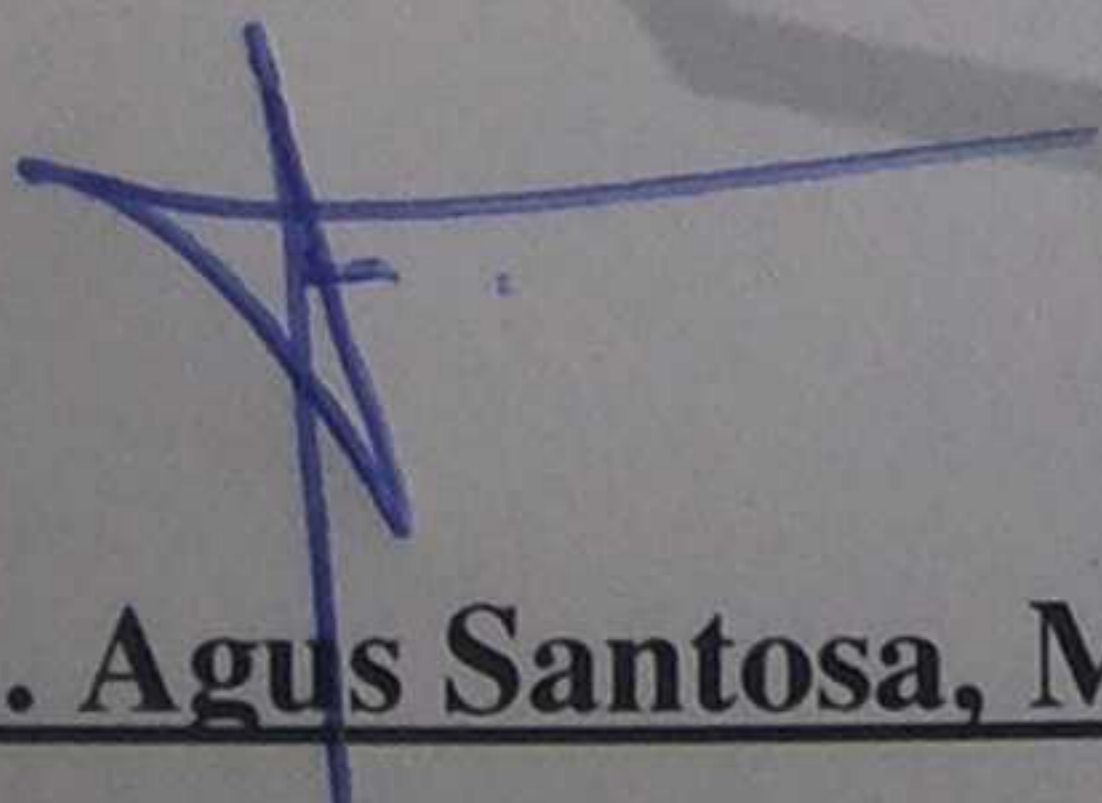
Sekretaris



(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

ALTERNATIF DESAIN BANGUNAN ATAS JEMBATAN TIPE TROUGH
BALTIMORE TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE L.R.F.D.
(STUDI KASUS JEMBATAN SENYIUR KEC. MUARA ANCALONG)

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

Disusun Oleh :

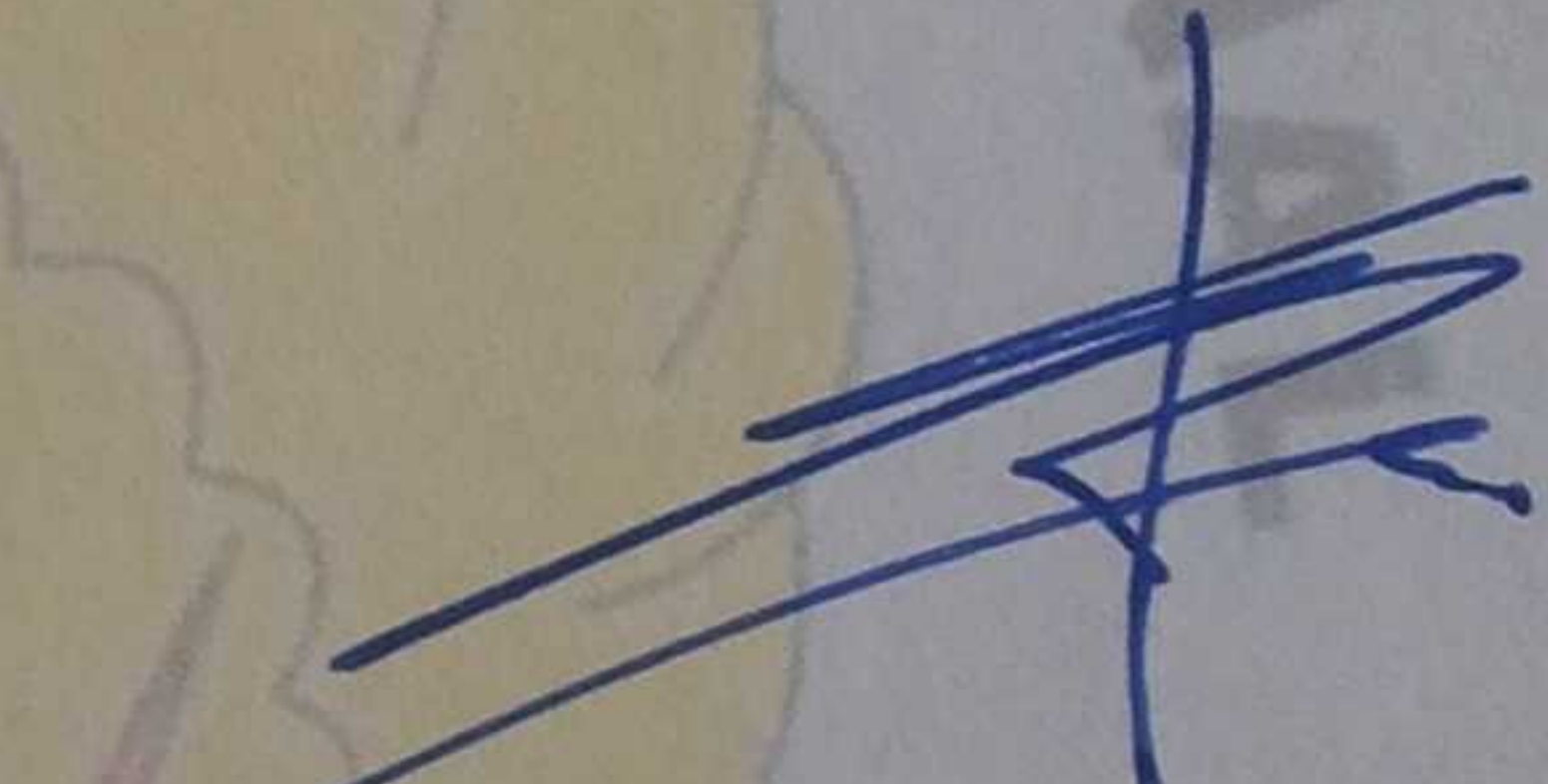
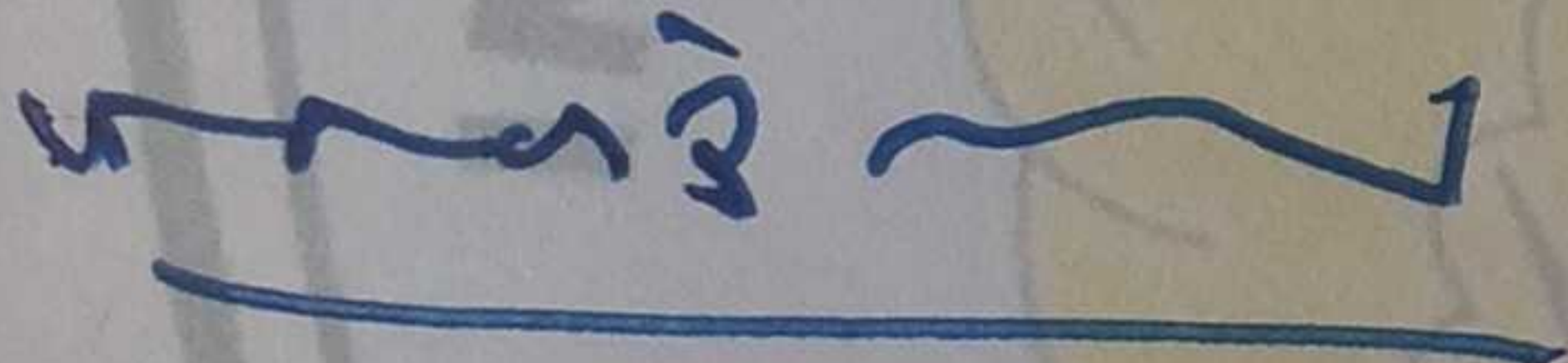
Satria Pandu Persada

12.21.012

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Mohammad Erfan, ST., MT

Malang, 20 Agustus 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**

ABSTRAKSI

“ALTERNATIF DESAIN BANGUNAN ATAS JEMBATAN TIPE TROUGH BALTIMORE TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE L.R.F.D. (STUDI KASUS JEMBATAN SENYIUR KEC. MUARA ANCALONG)”, Oleh : Satria Pandu Persada (Nim : 12.21.012), Pembimbing I : Ir. Sudirman Indra, MSc. Pembimbing II : Mohammad Erfan, ST, MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Jembatan adalah Salah satu sarana penghubung antar daerah dimana dapat melancarkan proses perekonomian ,pemerintahan ,dan lain-lain.Melalui skripsi ini penulis mencoba untuk merencanakan konstruksi jembatan Warren Kecamatan Muara Ancalong Kutai Timur menggunakan struktur jembatan Tipe Baltimore Truss. Adapun latar belakang pemilihan tipe jembatan Baltimore Truss ini yaitu alternatif lain bagi konstruksi jembatan rangka baja yang sudah ada karena jembatan jenis ini memiliki Bentuk yang sederhana dan kuat. dalam hal ini perencanaan menggunakan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD).

Perencanaan struktur atas jembatan tipe trough baltimore truss ini memiliki data awal panjang 40 m, lebar lantai kendaraan 7m, dengan lebar trotoar 0,5 m dan tinggi jembatan 5 m. Perencanaan struktur atas jembtan dimulai dengan perencanaan plat lantai kendaraan, dimana perhitungan plat lantai kendaraan untuk mengetahui tulangan yang digunakan dan posisi pemasangan pada plat lantai kendaraan. Selanjutnya setelah perencanaan plat lantai dilanjutkan dengan perencanaan gelagar memanjang dan gelagar melintang, dimana perencanaan ini meliputi perhitungan statika, perencanaan dimensi ,dan penghubung geser. Perlakuan yang sama juga diterapkan pada perhitungan gelagar melintang. Selanjutnya menentukan dimensi gelagar induk dengan dibantu oleh program bantu STAAD PRO 2007, selanjutnya memperhitungkan sambungan gelagar memanjang-melintang, melintang induk, dan selanjutnya perhitungan plat simpul pada gelagar induk, dimana dalam perhitungan sambungan akan didapatkan jumlah baut, tata letak baut dan kontrol sambungan. Pada perhitungan terakhir menentukan perletakan yang digunakan mulai dari dimensinya sampai nilai kapasitas dari perletakan.

Dari hasil analisa diperoleh struktur bangunan atas jembatan untuk plat lantai kendaraan menggunakan tulangan pokok D 13-200 dan tulangan bagi D13-200, profil WF 300x150x5,5x8 untuk Gelagar Memanjang, WF 414x405x18x28 untuk gelagar melintang, WF 400x408x21x21 untuk gelagar induk, dan dimensi untuk ikatan angin L120x120x8

Kata Kunci :Jembatan, Jembatan Rangka Baja,Jembatan Rangka Tipe Trough Baltimore Truss, Struktur Bangunan Atas.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Sripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu tak lupa juga saya ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Sudirman Indra, MSc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
3. Bapak Ir. H. Sudirman Indra, MSc., MT. Selaku Dosen Pembimbing 1 Laporan Skripsi
4. Bapak Mohammad Erfan ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing 2 Laporan Skripsi

Dengan segala kerendahan hati penyusun menyadari bahwa dalam Laporan Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat penyusun harapkan, akhir kata semoga Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, Agustus 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	x

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan Rangka Baja	5
2.1.1 Bagian-Bagian Jembatan	6
2.2 Definisi Struktur Bangunan Atas Jembatan Rangka.....	6
2.3 Definisi Metode Desain Faktor Beban dan Tahanan (LRFD)	7
2.4 Faktor beban dan kekuatan	8
2.5 Desain Penampang	9
2.6 Studi Kepustakaan	10
2.7 Bahan Bahan yang digunakan	10
2.8 Plat Jembatan.....	11
2.9 Pembebanan.....	11

2.9.1 Beban Primer	11
2.9.2 Beban Sekunder	18
2.9.3 Kombinasi Pembebanan	20
2.10 Teori Desain Struktur baja.....	21
2.11 Perencanaan Gelagar Memanjang	27
2.12 Perencanaan Gelagar Melintang.....	28
2.13 Perencanaan Gelagar Induk.....	30
2.14 Perencanaan Sambungan	30
2.14.1 Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir Bidang Geser	30
2.14.2 Kekuatan Geser Desain Ada Ulir Bidang Geser	31
2.14.3 Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut.....	31
2.14.4 Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut.....	32
2.14.5 Jarak Minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya	34
2.14.6 Jarak Ujung Minimum Pada Arah Transmisi Gaya.....	36
2.14.7 Menentukan Tebal Plat Simpul	37
2.15 Ikatan Angin	39
2.16 Konstruksi Perletakan/Landasan	39
2.16.1 Perletakan Sendi	39
2.16.2 Perletakan Rol.....	41

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Data Teknis Proyek.....	43
3.2 Gambar Jembatan Senyur	44
3.3 Gambar Jembatan Baltimore Truss.....	44
3.4 Metode Pelaksanaan	45
3.5 Diagram Alir	46

BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN

4.1 Data Teknis Proyek.....	48
4.2 Data Pembebanan.....	51
4.3 Perhitungan Plat Lantai Kendaraan.....	52

4.3.1 Perhitungan Pembebanan	52
4.3.2 Perhitungan Statika.....	53
4.4 Penulangan Plat Lantai	55
4.5 Perataan Beban	64
4.6 Perhitungan Gelagar Memanjang.....	68
4.6.1 Perhitungan Pembebanan	68
4.6.2 Perhitungan Statika	70
4.6.3 Perencanaan Dimensi Gelagar Memanjang.....	74
4.7 Perhitungan Gelagar Melintang	83
4.7.1 Perhitungan Pembebanan	83
4.7.2 Perhitungan Statika	86
4.7.3 Perencanaan Dimensi Gelagar Memanjang.....	93
4.8 Perencanaan Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang	102
4.9 Perhitungan Gelagar Induk	109
4.9.1 Perhitungan Pembebanan	109
4.9.2 Perhitungan Statika.....	122
4.10 perencanaan Dimensi Profil Gelagar Induk	125
4.10.1 Perhitungan Dimensi Batang Tekan	125
4.10.2 Perhitungan Dimensi Batang Tarik.....	128
4.11 perencanaan Dimensi Ikatan Angin	132
4.11.1 Perhitungan Dimensi Batang Vertikal	132
4.11.2 Perhitungan Dimensi Batang Diagonal.....	134
4.12 perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Melintang.....	136
4.12.1 Sambungan Irisan Ganda	137
4.13 Sambungan Batang Pada Gelagar Induk.....	141
4.14 Perhitungan Perletakan Jembatan	179
4.14.1 Perhitungan Perletakan Rol.....	179
4.14.2 Perhitungan Perletakan Sendi	182

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 188

5.2 Saran 190

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

❑ Gambar 2.1 Jembatan Tipe Baltimore Truss	5
❑ Gambar 2.2 Grafik Tegangan Regangan.....	8
❑ Gambar 2.3 Profil WF.....	10
❑ Gambar 2.4 Beban “D”	16
❑ Gambar 2.5 Pembebanan Truk “T”.....	18
❑ Gambar 2.6 Penampang lintang batang-batang tarik	23
❑ Gambar 2.7 penampang Batang Lentur	27
❑ Gambar 2.8 Kegagalan Geser Baut tanpa Ulir.....	30
❑ Gambar 2.9 Kegagalan Geser Baut ada Ulir.....	31
❑ Gambar 2.10 Kegagalan Tarik Baut.....	32
❑ Gambar 2.11 Kegagalan Tumpu Baut ada Ulir.....	34
❑ Gambar 2.12 Jarak Baut dari Pusat Penyambung sampai Kepinggir Luas Berdekatan.....	34
❑ Gambar 2.13 Jarak baut dari pusat sampai kepusat	35
❑ Gambar 2.14 Jarak Ujung Baut.....	36
❑ Gambar 2.15 Sambungan Gelagar Melintang dan Induk.....	38
❑ Gambar 2.16 Kontruksi Perletakan Sendi.....	39
❑ Gambar 2.17 Kontruksi Perletakan Rol	41

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

❑ Gambar 3.1 Gambar Jembatan Warren Truss	43
❑ Gambar 3.2 Tampak Melintang Jembatan	44
❑ Gambar 3.3 Jembatan Baltimore Truss.....	44
❑ Gambar 3.4 Tampak Atas Jembatan	44

BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN

❑ Gambar 4.1 Potongan Memanjang Jembatan Type Span Truss	49
❑ Gambar 4.2 Jembatan Baltimore Truss	50
❑ Gambar 4.3 Tampak Melintang Jembatan	50
❑ Gambar 4.4 Tampak Atas Jembatan	50
❑ Gambar 4.5 Kondisi I Pembebanan Pada Lantai Kendaraan	53
❑ Gambar 4.6 Kondisi II Pembebanan Pada Lantai Kendaraan.....	54
❑ Gambar 4.7 Kondisi III Pembebanan Pada Lantai Kendaraan	54
❑ Gambar 4.8 Potongan Melintang Plat Lantai Kendaraan.....	63
❑ Gambar 4.9 Perataan Beban.....	64
❑ Gambar 4.10 Penampang Komposit Gelagar Memanjang.....	77
❑ Gambar 4.11 Penghubung Geser Gelagar Memanjang.....	82
❑ Gambar 4.12 Momen Akibat Beban Mati dan Lantai Kendaraan	87
❑ Gambar 4.13 Gaya Geser Akibat Beban Mati dan Lantai Kendaraann	87
❑ Gambar 4.14 Momen Akibat Beban Plat Gelagar Memanjang	88
❑ Gambar 4.15 Gaya Geser Akibat Beban Plat Gelagar Memanjang	88
❑ Gambar 4.16 Momen Akibat Berat Gelagar Memanjang	89
❑ Gambar 4.17 Gaya Geser Akibat Berat Gelagar Memanjang.....	89
❑ Gambar 4.18 Momen Akibat Beban Hidup Gelagar Memanjang.....	90
❑ Gambar 4.19 Gaya Geser Akibat Beban Hidup Gelagar Memanjang	90
❑ Gambar 4.20 Momen Akibat Beban Lajur”D”	91
❑ Gambar 4.21 Gaya Geser Akibat Beban Lajur”D”	91
❑ Gambar 4.22 Momen Akibat Muatan Hidup Trotoar	92
❑ Gambar 4.23 Gaya Geser Akibat Muatan Hidup Trotoar	92
❑ Gambar 4.24 Penampang Komposit Gelagar Melintang	96
❑ Gambar 4.25 Penghubung Geser Pada Gelagar Melintang.....	101
❑ Gambar 4.26 Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang	102
❑ Gambar 4.27 Luas Beban yang Terkena Angin	117
❑ Gambar 4.28 Rangka yang Terkena Angin.....	120
❑ Gambar 4.29 Profil WF 400x408x21x21	125

❑ Gambar 4.30 Profil WF 400x408x21x21.....	128
❑ Gambar 4.31 Profil WF 200x200x8x12.....	132
❑ Gambar 4.32 Profil Siku L 120.120.8.....	134
❑ Gambar 4.33 Sambungan Gelagar Induk dan Gelagar Melintang.....	136
❑ Gambar 4.34 Perletakan Roll.....	179
❑ Gambar 4.35 Perletakkan Sendi.....	182

BAB V PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

BAB I PENDAHULUAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

❑ Tabel 2.1 Faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit.....	9
❑ Tabel 2.2 Sifat Mekanis Baja.....	11
❑ Tabel 2.3 Berat isi untuk beban mati	15
❑ Tabel 2.4Faktor beban untuk beban lajru “D”	17
❑ Tabel 2.5 Faktor beban untuk pembebanan truk “T”.....	17
❑ Tabel 2.6Faktor beban untuk beban trotoir.....	18
❑ Tabel 2.7Faktor beban untuk beban angin	19
❑ Tabel 2.8Faktor beban untuk gaya rem.....	20
❑ Tabel 2.9 Kombinasi beban	20
❑ Tabel 2.10 faktor reduksi kekuatan, ϕ untuk keadaan batas ultimit.....	26
❑ Tabel 2.11 Tabel Muller Breslaw	40

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR

❑ Tabel 4.1 Momen Maksimum.....	55
❑ Tabel 4.2 Luas Bidang Terkena Angin	119

BAB V PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan salah satu sarana transportasi yang sangat penting bagi masyarakat pada saat ini. Dimana dengan adanya jembatan dapat menjadi penghubung antara satu daerah dengan daerah lainnya, dengan adanya jembatan dapat membantu lancarnya perekonomian, memperlancar aktifitas yang dilakukan oleh pemerintahan, pertukaran kebudayaan, dll.

Penulis dalam tugas akhir ini memilih meredesain jembatan senyuir di kecamatan muara ancalong kutai timur menjadi jembatan rangka baja tipe Baltimore truss yang pada dasarnya sama dengan truss Pratt. Tetapi perbedaannya truss Baltimore memiliki batang diagonal tambahan di bagian bawah section untuk mencegah gaya tekan (kompresi) dan dapat mengontrol terjadinya defleksi dan juga Baltimore truss ini menunjukkan desain yang sederhana dan sangat kuat.

Oleh karena metode LRFD merupakan metode yang lebih rasional dari pada ASD maka penulis ingin menyusun tugas akhir ini dengan menggunakan metode LRFD. Berdasarkan tinjauan di atas , maka penulis menyusun tugas akhir dengan judul” **Alternatif Desain bangunan Atas Jembatan Tipe Trough Baltimore Truss Dengan Menggunakan**

Metode LRFD Pada jembatan Senyur Kecamatan Muara Ancalong Kutai Timur”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada perencanaan struktur atas jembatan rangka baja tipe trough Baltimore truss ini adalah :

- Berapa tebal plat lantai pada jembatan?
- Berapa jumlah tulangan yang terdapat pada plat lantai jembatan?
- Berapa dimensi baja WF untuk gelegar memanjang jembatan?
- Berapa dimensi baja WF untuk gelegar melintang jembatan?
- Berapa dimensi baja WF untuk gelegar induk jembatan?
- Berapa dimensi baja untuk ikatan angin jembatan?
- Berapa nilai kapasitas perletakan sendi dan rol pada jembatan?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari meredesain jembatan senyur di kecamatan muara ancalong menjadi tipe Baltimore adalah adalah merencanakan struktur atas jembatan rangka baja tipe trough Baltimore truss berdasarkan data-data yang didapat dari hasil survey lebar jembatan, dan panjang jembatan dengan menggunakan metode LRFD dan dibantu dengan program bantu teknik sipil seperti SAP 2000 atau STAAD PRO.

Tujuan dari perencanaan jembatan tipe Baltimore Truss ini adalah :

- Untuk mengetahui tebal plat lantai jembatan?

- Untuk mengetahui jumlah tulangan plat lantai jembatan
- Untuk mengetahui dimesi baja WF untuk gelegar memanjang?
- Untuk Mengetahui dimensi baja WF untuk gelegar melintang ?
- Untuk Mengetahui dimesnsi baja WF untuk gelegar induk ?
- Untuk Mengetahui dimensi baja untuk ikatan angin?
- Untuk Mengetahui nilai kapasitas perletakan sendi dan rol pada jembatan?

1.4 Batasan Masalah

Dalam skripsi ini penulis hanya membahas konstruksi perencanaan jembatan baja tipe through Baltimore truss dari bagian atas saja yaitu yang meliputi perencanaan:

- ✓ perencanaan pelat lantai kendaraan
- ✓ perencanaan gelegar memanjang
- ✓ perencanaan gelegar melintang
- ✓ perencanaan gelegar induk
- ✓ perencanaan sambungan
- ✓ perencanaan perletakan

Adapun peraturan peraturan yang dipakai yang digunakan:

- ✓ RSNI – T 03 – 2005 Standar Perencanaan baja pada jembatan.

- ✓ RSNI – T 02 – 2005 Standar Perencanaan pembebanan pada jembatan.
- ✓ RSNI – T 12 – 2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang dipakai penulis yaitu perhitungan struktur bangunan atas Jembatan Senyur Kecamatan Muara Ancalong, Kutai Timur yaitu meliputi :

- Perhitungan pelat lantai kendaraan
- Perhitungan gelagar memanjang dan melintang
- Perhitungan sambungan gelagar memanjang melintang
- Perhitungan gelagar induk
- Dimensi batang tarik dan batang tekan gelagar induk
- Perhitungan baut pada setiap join gelagar induk serta kontrol pelat simpul
- Perhitungan ikatan angin
- Perhitungan perletakan jembatan
- Gambar hasil perhitungan struktur atas jembatan secara keseluruhan

BAB II

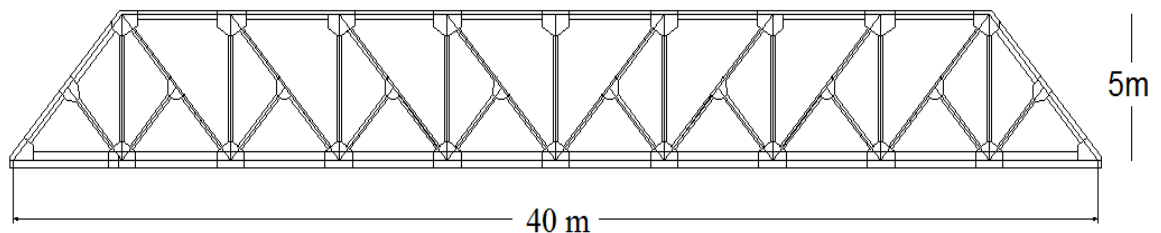
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja merupakan jembatan yang ringan dibandingkan dengan jenis jembatan yang lain seperti jembatan balok, jembatan baja dinding penuh, jembatan lengkung, dan lain lain.

Jembatan tipe Baltimore Truss merupakan tipe jembatan yang hampir mirip dengan jembatan tipe Truss Pratt namun pada jembatan baltimore terdapat simpul yang terdiri dari 5 batang yang lebih bagus dalam hal distribusi gaya dan juga pada bagian section bawah terdapat batang tambahan yang dapat memperkecil atau memperhalus defleksi.

Berikut ini adalah jembatan tipe Baltimore Truss :



Gambar 2.1 jembatan tipe Baltimore Truss

2.1.1 Bagian-bagian Jembatan

Dalam penulisan tugas akhir ini hanya membahas struktur atas jembatan, berikut ini merupakan bagian bagian jembatan yang terdapat pada struktur atas jembatan :

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

2.2 Definisi Struktur Bangunan Atas Jembatan Rangka

Struktur atas jembatan adalah bagian dari elemen – elemen konstruksi yang dirancang untuk memindahkan beban – beban yang diterima oleh lantai jembatan hingga ke perletakan, sedangkan lantai jembatan adalah bagian jembatan yang langsung menerima beban lalu lintas kendaraan dan jalan kaki (stryuk dan van deer veen, jembatan, 1995 : 18).

Jenis bangunan atas ditentukan berdasarkan :

- I. Bentang yang sesuai dengan perlintasan jalan, sungai atau keadaan lokasi jembatan
- II. Panjang bentang optimum untuk menekan biaya konstruksi total

- III. Pertimbangan yang terkait dengan pelaksanaan bangunan bawah dan pemasangan bangunan atas untuk mencapai nilai yang ekonomis.
- IV. Pertimbangan segi pandang estetika

Bangunan atas jembatan rangka umumnya terdiri dari:

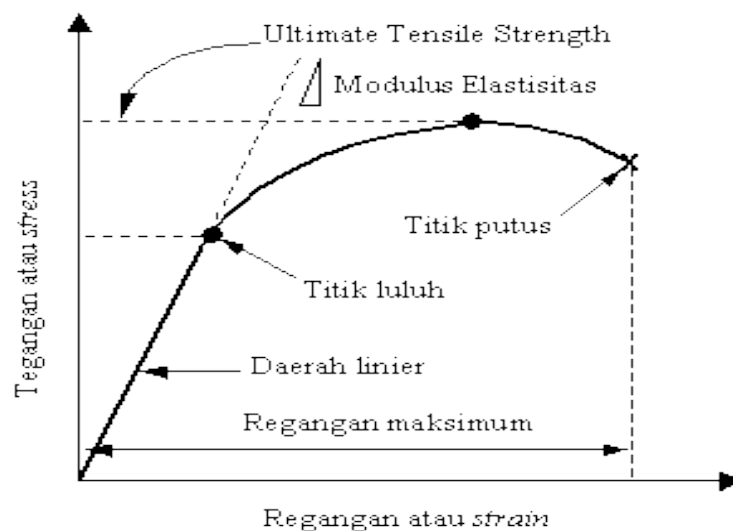
- I. Gelegar induk yang terbentang dari tumpu ke titik tumpu
- II. Konstruksi tumpuan di atas pangkal jembatan
- III. Konstruksi dari lantai kendaraan
- IV. Pertambahan melintang dan pertambahan memanjang (stryk dan van deer veen, jembatan, 1995 : 19)

2.3 Definisi Metode Desain Faktor Beban Dan Tahanan (LRFD)

Batang struktur rangka harus memiliki kekuatan dan ketahanan yang cukup sehingga dapat berfungsi selama umur layanan struktur tersebut. Dalam mendesain batang Tarik baja harus memberikan keamanan dan menyediakan cadangan kekuatan yang diperlukan untuk menanggung beban layanan, yakni harus memiliki kemampuan terhadap kemungkinan kelebihan beban atau kekurangan kekuatan. Kelebihan beban dapat terjadi akibat perubahan fungsi balok, terlalu rendahnya taksiran atas efek- efek beban karena penyederhanaan yang berlebihan dalam analisis strukturnya dan akibat variasi dalam prosedurnya konstruksinya

Pada saat ini perkembangan dari desain struktur baja telah bergeser menuju prosedur desain yang lebih rasional dan berdasarkan konsep probabilitas. Konsep desain mpertama kali diadopsi oleh America Institute of Steel Construction

(AISC). Desain ini memberikan keamanan struktur yang menjamin penghematan secara menyeluruh dengan memperlihatkan variabel variabel desain yaitu factor beban dan ketahanan struktur dengan Menggunakan criteria probalistic. Metode ini dikenal dengan desain factor beban dan tahanan (load and resistance factor desain) atau metode LRFD, namun di Indonesia kebanyakan digunakan desain tegangan ijin, Alloweble Stress Design (metode ASD). Metode ASD menitik beratkan pada beban layanan (beban kerja) dan tegangan yang dihitung secara elastic dengan cara membandingkan tegangan terhadap harga batas yang diijinkan



Gambar 2.2 grafik tegangan regangan

Rasionalitas metode LRFD selalu menarik atau cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila dibandingkan dengan metode ASD dalam mengkombinasikan beban hidup dan beban mati. (Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Dengan LRFD*, 2008).

2.4 Faktor beban dan kekuatan

Faktor beban dan kekuatan meliputi faktor reduksi kekuatan, ϕ diambil dari nilai-nilai yang dapat dilihat pada Tabel.

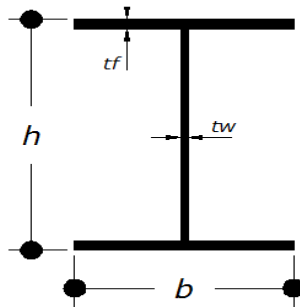
Tabel 2.1 Faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan, ϕ
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
Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0,75

(Sumber : RSNI T – 03 – 2005 halaman 10)

2.5 Desain Penampang

Dalam pengerjaan tugas akhir redesain jembatan ini penulis menggunakan baja jenis WF untuk merencanakan gelagar memanjang, melintang dan induk.



Gambar 2.3 Profil WF

2.6 Studi Kepustakaan

Peraturan – peraturan yang dipakai yaitu :

- RSNI – T 03 – 2005 Standar Perencanaan baja pada jembatan.
- RSNI – T 02 – 2005 Standar Perencanaan pembebanan pada jembatan.
- RSNI – T 12 – 2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan.

2.7 Bahan-Bahan Yang Digunakan

Bahan – bahan yang digunakan dalam perencanaan bangunan atas jembatan

Senyur sebagai berikut :

1. Baja

- Mutu baja yang digunakan untuk struktur rangka adalah baja profil WF dengan $E = 200000 \text{ Mpa}$, $G = 80000 \text{ Mpa}$, $\mu = 0,3$
- Mutu baja yang digunakan untuk penulangan plat kaki lantai kendaraan dan penulangan lainnya adalah baja mutu $f_y = 390 \text{ Mpa}$.

2. Beton

- Kuat mutu beton (f_c') yang dipakai adalah 35 Mpa .

Tabel 2.2 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

(Sumber : RSNI T – 03 – 2005 halaman 8)

2.8 Plat jembatan

a. Plat lantai

1. Tebal pelat lantai

Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum (t_s), yang memenuhi kedua ketentuan sebagai berikut:

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq (100 + 40.L)$$

Dimana :

L = bentang dari pelat lantai antara tumpuan dan t_s dalam mm

(RSNI T – 12 – 2004 hal 38)

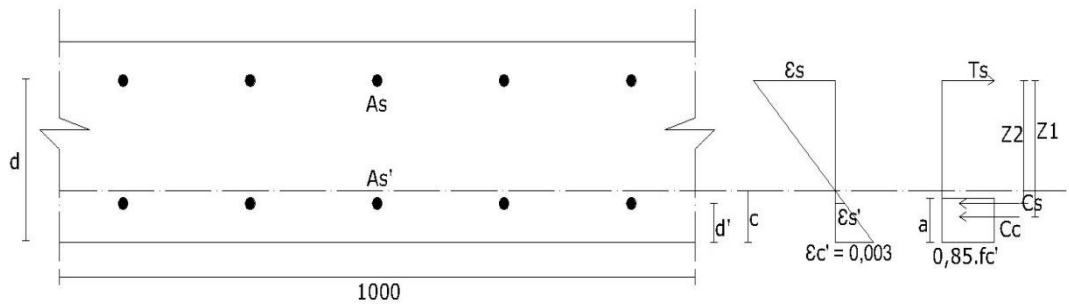
b. Penulangan plat lantai

Mu didapat dengan menggunakan software Staad Pro

d = tebal plat lantai – selimut beton – $\frac{1}{2}$ D tulangan

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

Untuk perhitungan tulangan rangkap



$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot x b} \dots\dots\dots(2.1)$$

Tegangan tekan pada serat beton:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \dots\dots\dots(2.2)$$

Tegangan tekan pada serat baja:

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 \cdot f_c) \dots\dots\dots(2.3)$$

Kekuatan momen yang terjadi:

$$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Kekuatan momen rencana:

$$M_r = \phi \cdot M_n, \text{ dimana } \phi = 0,8 \dots\dots\dots(2.5)$$

Kekuatan momen rencana ϕM_n harus lebih besar atau sama dengan momen luar rencana (M_u).

$$M_r = \phi M_n > M_u$$

c. Perencanaan balok

- Kontrol kekakuan sebelum komposit

$$M_{total} = M_{DLmax} + M_{profilmax}$$

$$M_n = z_x \cdot f_y$$

Cek apakah $M_{total} < \phi M_n$, jika ya maka dimensi gelagar aman.....

- Kontrol kekuatan sesudah komposit

$$M_{total} = M_{DLmax} + M_{LLmax} + M_{profilmax}$$

$$M_n = C_c \left(\frac{d}{2} + t - \frac{a}{2} \right)$$

Cek apakah $M_{total} < \phi M_n$, jika ya maka dimensi gelagar aman.....

- Geser

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \dots\dots\dots(2.6)$$

Cek apakah $V_{total} < \phi V_n$, jika ya maka dimensi gelagar aman terhadap geser.

(RSNI T – 12 – 2004 hal 51)

Karena PNA berada pada pelat lantai kendaraan, maka gaya geser total adalah:

$$T_{max} = A_s \cdot f_y \cdot \frac{hs}{ds} \leq 4$$

Kekuatan satu konektor stud

$$Q_u = 0,0005 \cdot A_{st} \cdot f_c' \cdot E_c$$

Jumlah konektor stud

$$Q_u = 0,0005 \cdot A_{st} \cdot \sqrt{f'c' \cdot E_c}$$

Jarak memanjang antara penghubung tidak boleh lebih besar dari :

600 mm, $2 \cdot h_f$ dan $4 \cdot H_s$

(RSNI T – 12 – 2004 hal 69)

2.9 Pembebanan

Perencanaan pembebanan jembatan ini menggunakan peraturan yang dikeluarkan Oleh Dirjen Bina Marga Pekerjaan Umum Yaitu RSNI T -02-2005. Dimana di dalam peraturan ini mencakup semua beban beban, gaya dan aksi yang terdapat pada jembatan

Beban-beban yang dipakai dalam perhitungan adalah :

2.9.1 Beban Primer

Beban primer adalah beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Beban primer terdiri dari :

a. **Beban mati**

Adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya. Penentuan beban mati termasuk digunakan nilai berat isi untuk bahan bangunan tersebut, yaitu

Tabel 2.3 berat isi untuk beban mati

Bahan	Kerapatan massa (kg/m ³)
Campuran aluminium	2720
Lapisan permukaan beraspal	2240
Besi tuang	2700
Timbunan tanah dipadatkan	760
Kerikil dipadatkan	1920 – 2320
Aspal beton	2244
Beton ringan	1250 – 2000
beton	2240 – 2560
Beton prategang	2560 – 2640
Baja	7850
Beton bertulang	2400 – 2600

(Sumber : RSNI T – 02 – 2005 halaman 11)

b. **Beban Hidup**

Adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan. Beban hidup yang bekerja pada jembatan yang ditinjau dibagi dalam dua macam :

1. Beban lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban terbesar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Beban terbesar merata BTR mempunyai intensitas q Kpa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut :

$$L \leq 30 \text{ m} ; q = 9,0 \text{ Kpa} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$L \geq 30 \text{ m} ; q = 9,0 \left(0,5 \frac{15}{L} \right) \text{ Kpa} \dots\dots\dots(2.8)$$

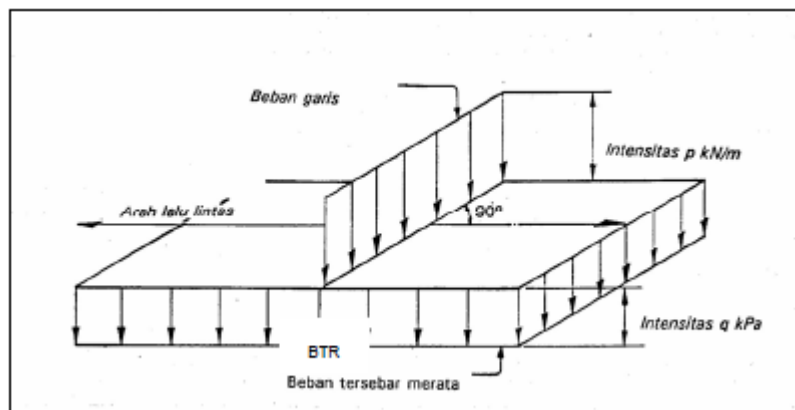
Dimana :

$$1 \text{ Kpa} = 100 \text{ kg/m}^2$$

(Sumber : RSNI T – 02 – 2005 halaman 16)

Beban garis (BGT) dengan intensitas p KN/m harus ditempatkan tegak lurus dari arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas $p = 49$ KN/m.

Beban “D” harus ditempatkan pada jalur lalu lintas rencana yang berdekatan untuk lebar jalan lebih besar 5,5 m dan bekerja dengan intensitas 100% selebar 5,5 dan sisa lebar jalan bekerja 50%.



Gambar 2.4 Beban “D”

Tabel 2.4 Faktor beban untuk beban lajur “D”

Jangka Waktu	Faktor Beban
Transien	1,8

(Sumber : RSNI T – 02 – 2005 halaman 17)

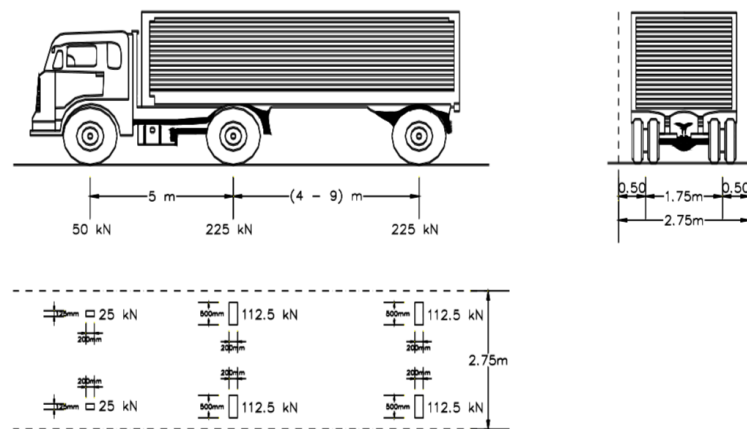
2. Beban Truk “T”

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam Gambar 2.6. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Tabel 2.5 Faktor beban akibat pembebanan truk

Jangka Waktu	Faktor Beban	
Transien	$K_{s;;TT};$	$K_{u;;TT};$
	1,0	1,8

(sumber : RSNI T – 02 – 2005 halaman 22)



Gambar 2.5. Pembebanan Truk “T”

3. Beban Trotar

Konstruksi trotora haru diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar 500 kg/m². Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan harus direncanakan untuk memikul beban per m² dari luas yang dibebani.

Tabel 2.6 Faktor beban untuk beban trotoir

Jangka Waktu	Faktor Beban
Sementara	2,0

(Sumber : RSNI T – 02 – 2005 halaman 12)

2.9.2 Beban Sekunder

Beban sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalau diperhitungkan dalam perhitungantegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk kedalam beban sekunder adalah :

a. Beban Angin

Gaya nominal ultimate dan gaya layanan jembatan akibat angin tergantung dari kecepatan angin rencana sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

V_w = kecepatan angin rencana (m/det) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_w = koefisien seret (untuk bangunan atas rangka $C_w = 1,2$)

A_b = luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

Apabila suatu kendaraan yang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai pada rumus :

$$T_{ew} = 0,0012 C_w (V_w^2)$$

Tabel 2.7 Faktor beban untuk beban angin

Jangka Waktu	Faktor Beban
Sementara	1,2

(Sumber : RSNI T – 02 – 2005 halaman 12)

b. Gaya Rem

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memnuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dalam satu jurusan.

Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

Tabel 2.8 Faktor beban untuk gaya rem

Jangka Waktu	Faktor Beban
Transien	1,8

(Sumber : RSNI T – 02 – 2005 halaman 25)

2.9.3 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 2.9. Kombinasi beban

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
Arus/ hanyutan/ hidro/ daya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-

Tegangan berlebihan yang di perbolehkan ros	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

(RSNI-T-02-2005, *Pembebanan untuk Jembatan*; hal.54)

Keterangan :

- 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.
- 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.

2.10 Teori Desain Struktur Baja

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. Stabilitas batang tarik

Berdasarkan beba tarik yang bekerja, mutu baja dan jenis profil, dapat ditentukan profil yang kuat namun cukup hemat. Proses pemilihan ukuran profil seperti dimaksudkan diatas dinamakan perencanaan batang tarik.

Perencanaan batang tarik yang baik harus ditinjau dari beberapa segi yakni:

1. Tegangan (Stress)

Ukuran profil harus dipilih sedemikian rupa sehingga tegangan yang terjadi kurang atau sama dengan tegangan tarik ijin. Dari perbandingan tegangan tarik ijin dapat diketahui hemat tidaknya sebuah perencanaan. Semakin dekat dengan tegangan yang terjadi dengan tegangan ijinnya, maka perencanaan semakin ekonomis .

2. Pelayanan (Serviceability)

Struktur tidak diperkenankan menunjukkan perilaku yang mengawatirkan pemakai, misalnya defleksi yang berlebihan, bergetarnya elemen struktur oleh kendaraan yang bergetar dan sebagainya. Dalam hal ini kelangsinganya harus dibatasi.

3. Sifat Keliatan (Ductility)

Hal ini merupakan persyaratan yang sangat penting. Tanpa daktilitas yang baik tidak akan terjadi distribusi yang menyebabkan hitungan menjadi sederhana khususnya pada perencanaan plastis. Sifat ini diketahui dari percobaan tarik.

4. Ketahanan (Durability)

Ketahanan dari cuaca panas dan dingin, korosi atau suhu yang meningkat perlu diperhatikan. Khusus untuk batang tarik, stabilitas (stability) tidak perlu ditinjau karena baik local buckling maupun torsional buckling, tidak mungkin terjadi pada batang ini.

Persyaratan keamanan struktur yang diberikan dalam LRFD adalah (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 95)

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

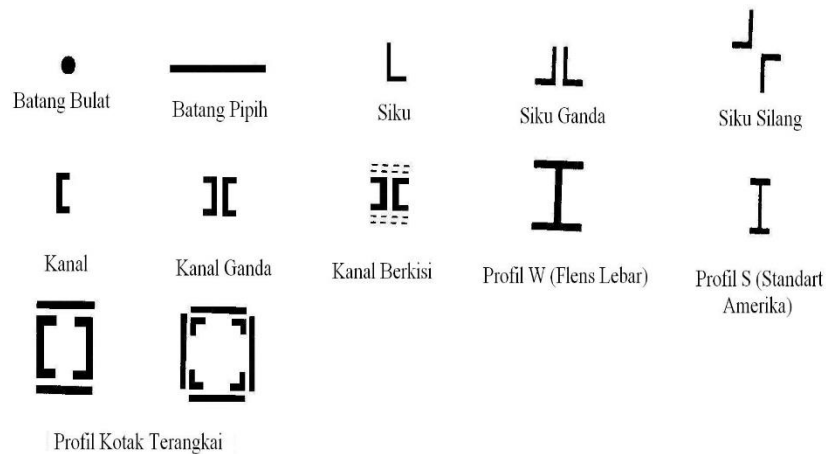
ϕ_t = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tarik

T_u = beban terfaktor pada batang tarik

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

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g = 0,90 \cdot F_y \cdot A_g \dots\dots\dots(2.11)$$



Gambar 2.6 Penampang lintang batang- batang tarik

((Sumber : *Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD* : Agus Setiawan, halaman. 79)

b. Stabilitas batang tekan

Batang tekan merupakan batang dari suatu rangka batang yang menerima tekan searah panjang batang. Beban yang cenderung membuat batang bertambah pendek akan menghasilkan tegangan tekan pada batang tersebut. Pada rangka batang, umumnya batan tepi atas adalah batang tekan.

Batang tekan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga menjamin stabilitasnya (tidak ada bahaya tekuk). Persyaratan kekuatan dalam desain faktor dan resistensi menurut LRFD adalah (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342)

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

ϕ_c = 0,85; factor resistensi untuk batang tekan

P_n = kekuatan nominal batang tekan

P_u = beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 340) sebagai berikut :

1. Untuk $\lambda_c \leq 1,5$

$$F_{cr} = (0,658\lambda^2 c) F_y \dots\dots\dots(2.14)$$

2. Untuk $\lambda_c \geq 1,5$

$$F_{cr} = \left(\frac{0,887}{\lambda^2 c} \right) f_y \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk memberikan keamanan batang dari bahaya tekuk maka LRFD memberikan spesifikasi tersendiri untuk parameter kerampingan (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 338)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

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

$$K = \text{factor panjang efektif}$$

$$L = \text{panjang batang}$$

$$r = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I}{Ag}} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$r_y = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$r_x = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I_x}{Ag}} \dots\dots\dots(2.19)$$

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja

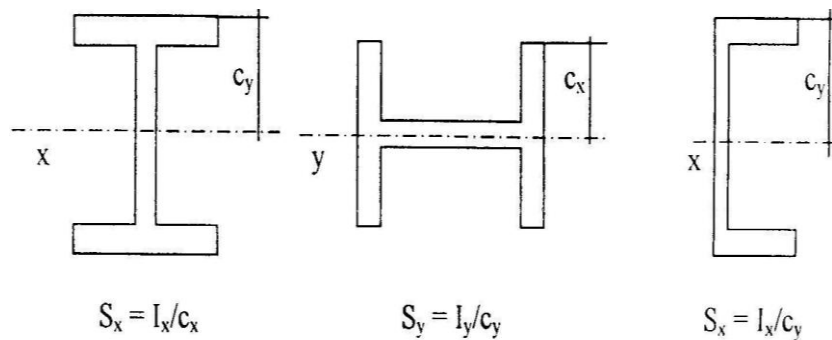
Tabel 2.10 Faktor reduksi kekuatan, ϕ untuk keadaan batas ultimit

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan, ϕ
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 penetrasi sebagian	0,75

(Sumber: RSNI T-03-2005 halaman 10)

c. Stabilitas 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, sehingga tegangan dihitung sebagai berikut :



Gambar 2.7 Penampang batang lentur

$$f = \frac{M_{xx}}{S_x} = \frac{M_{yy}}{S_y} \dots\dots\dots(2.20)$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 421)

Dimana : f = tegangan lentur
 S = modulus elastisitas

2.11 Perencanaan 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.

Beban- beban yang bekerja pada gelagar memanjang adalah :

- a. Beban mati lantai kendaraan

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

b. Beban hidup “D”

Dalam perhitungan kekuatan gelagar-gelagar, beban hidup yang harus dipertimbangkan adalah beban “D” atau beban jalur. Beban “D” terdiri dari beban terbagi rata “q” tanpa koefisien kejutan dan beban garis “P” yang harus dikalikan dengan koefisien kejutan.

Setelah gelagar memanjang ditentukan, maka harus dikontrol terhadap tegangan dan lendutan yang terjadi. Rumus-rumus yang digunakan untuk kontrol tegangan dan lendutan adalah :

- Lendutan (Buku teknik Sipil, hal 48)

$$f_{ada} = \frac{5 \cdot Qu \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$$

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi

q = beban mati (kg/cm)

L = panjang gelagar (cm)

I_x = momen inersia (cm⁴)

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

$$f = \frac{1}{240} \cdot L \quad (\text{Laboratorium mekanika struktur, pusat penelitian antar universitas}$$

bidang ilmu rekayasa, institute teknologi bandung, 2000 hal 15 dari 184)

2.12 Perencanaan 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 dan berat sendiri gelagar melintang.

b. Beban hidup

Beban yang harus diperhitungkan yaitu beban “D” yang terdiri dari beban terbagi rata “q” tanpa koefisien kejut dan beban garis “P” yang harus dikalikan dengan koefisien kejut.

Setelah gelagar melintang ditentukan, maka harus dikontrol terhadap tegangan dan lendutan yang terjadi. Rumus-rumus yang digunakan untuk kontrol tegangan dan lendutan adalah :

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

$$f = \frac{1}{240}.L \text{ (Laboratorium mekanika struktur, pusat penelitian antar universitas}$$

bidang ilmu rekayasa, institute teknologi bandung, 2000 hal 15 dari 184)

Untuk Lendutan Yang terjadi didapatkan dari program bantu StaadPro 2007.

2.13 Perencanaan Gelagar Induk

Setelah gelagar melintang dan gelagar memanjang ditentukan maka didapatkan dimensi gelagar induk, dan harus dikontrol terhadap tegangan dan lendutan yang terjadi. Rumus-rumus yang digunakan untuk kontrol tegangan dan lendutan adalah :

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

$$f = \frac{1}{800}.L$$

Untuk Lendutan Yang terjadi didapatkan dari program bantu StaadPro 2007.

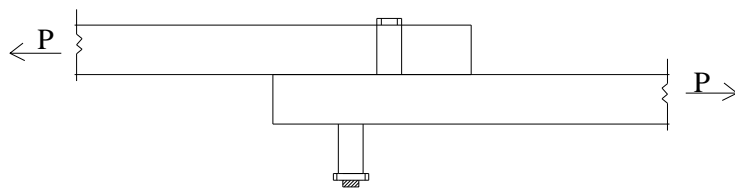
(RSNI T- 03 – 1729 – 2005 hal.10)

2.14 Perencanaan Sambungan

2.14.1 Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir Bidang Geser

Kekuatan ϕR_n , berdasarkan kekuatan geser penyambung tanpa ada ulir pada bidang geser menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_{ub}) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot F_{ub}) \cdot m \cdot A_b \quad \dots\dots\dots(2.21)\end{aligned}$$



Gambar 2.8. Kegagalan geser baut tanpa ulir

Dimana :

ϕ = 0,65, suatu harga yang dipilih untuk mengkalibrasi

F_{ub} = kekuatan tarik bahan baut (120 ksi untuk baut A325, 150 ksi untuk baut A490)

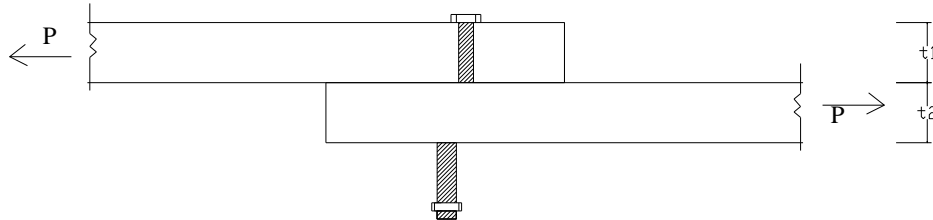
m = banyaknya bidang geser yang terlibat

A_b = luas penampang lintang pada arah melintang tangkai tak berulir dari baut tersebut.

2.14.2 Kekuatan Geser Desain Ada Ulir Pada Bidang Geser

Kekuatan desain ϕR_n bila terdapat ulir pada bidang geser menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,45 \cdot F_{ub}) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,45 \cdot F_{ub}) \cdot m \cdot A_b \quad \dots\dots\dots(2.22) \end{aligned}$$



Gambar 2.9. Kegagalan geser baut ada ulir

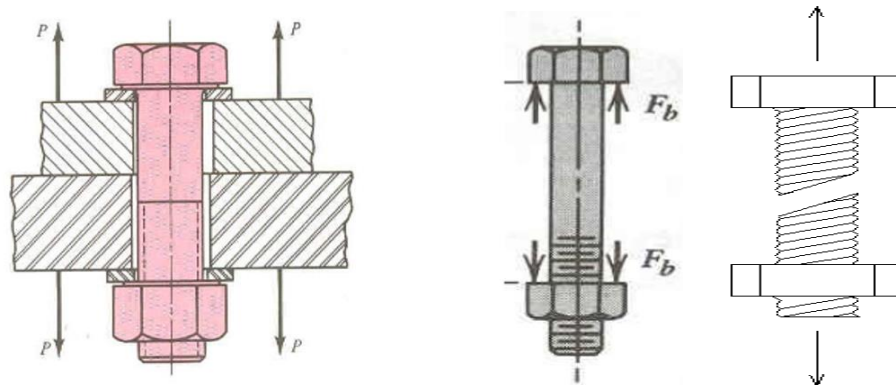
2.14.3 Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tarik penyambung menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot F_{ub} (0,75 \cdot A_b) \\ &= 0,75 \cdot F_{ub} (0,75 \cdot A_b) \end{aligned}$$

Atau :

$$\phi R_n = 0,75 \cdot (0,75 \cdot F_{ub}) \cdot A_b \quad \dots\dots\dots(2.23)$$



Gambar 2.10. Kegagalan tarik baut

Dimana :

$\phi = 0,75$, suatu harga untuk bentuk kegagalan tarik

F_{ub} = kekuatan tarik bahan baut (120 ksi untuk baut A325, 150 ksi untuk baut A490)

A_b = luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang berulir.

2.14.4 Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tumpu pada lubang baut menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) dibagi menjadi beberapa kategori :

1. Untuk kondisi biasa (lubang standar atau lubang beralur pendek, jarak ujung tidak krang 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 :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

ϕ = 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang

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 :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana : ϕ = 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang

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

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

Dimana :

ϕ = 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang

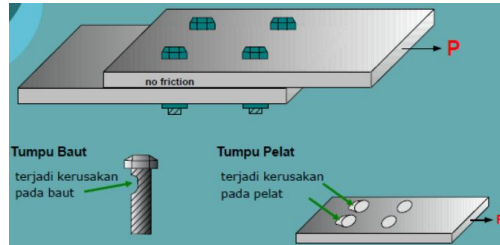
L = jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggiran bagian yang disambung

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

$\phi = 0,75$, harga untuk baut terhadap sisi lubang



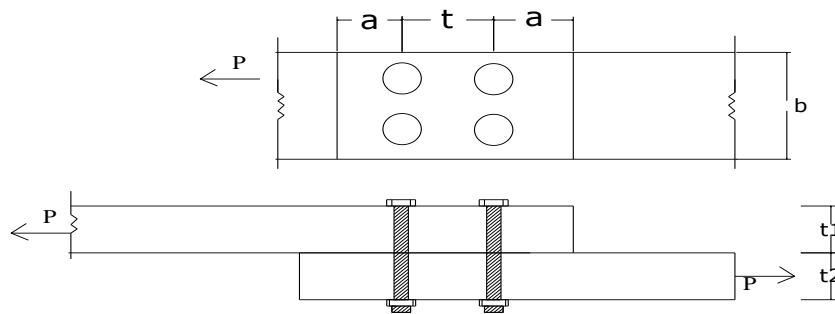
Gambar 2.11. Kegagalan tumpu baut ada ulir

2.14.5 Jarak minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya

Untuk jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas

berdekatan: $L > \frac{Rn}{Fu.t}$ (2.27)

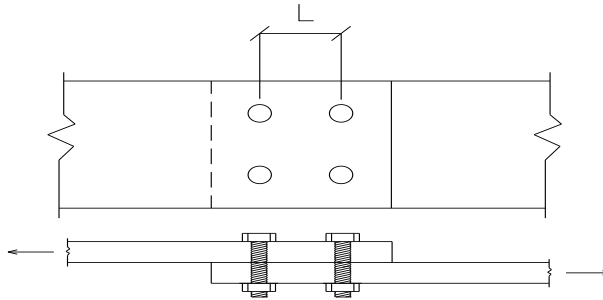
(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 135)



Gambar 2.12. Jarak baut dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan

Dan kemudian penambahan radius $db/2$ lubang baut kepersamaan tersebut akan memberikan jarak minimum dari pusat ke pusat :

Jarak antar baut $\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2}$ (2.28)



Gambar 2.13. Jarak baut dari pusat sampai kepusat

Karena R_n pada persamaan ini merupakan kekuatan nominal yang disyaratkan, yang sama dengan beban factor P , yang bekerja pada satu baut dibagi dengan faktor resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} + \frac{D_b}{2} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

$\phi = 0,75$, harga untuk kegagalan tarik atau sisi lubang pada pelat

$P =$ beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

$F_u =$ kekuatan tarik dari bahan pelat

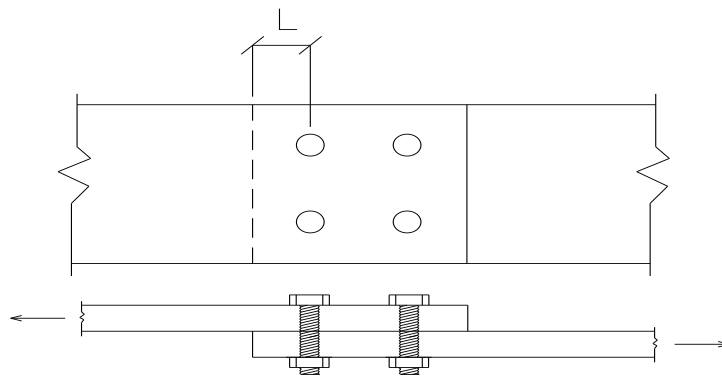
$D_b =$ diameter lubang baut

Jarak minimum baut dalam satu garis lebih disukai sebesar 3 x diameter baut dan tidak boleh kurang dari 2 2/3 x diameter baut.

2.14.6 Jarak Ujung minimum Pada Arah Transmisi Gaya

Jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas

berdekatan :
$$L \geq \frac{Rn}{F_{u.t}} \dots\dots\dots(2.30)$$



Gambar 2.14. Jarak ujung baut

(Sumber CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 135)

Bila kekuatan nominal yang disyaratkan adalah beban terfaktor dibagi dengan faktor resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_{u.t}} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

ϕ = 0,75, harga untuk kegagalan tarik atau sisi lubang pada pelat

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

F_u = kekuatan tarik dari bahan pelat

t = ketebalan pelat

2.14.7 Menentukan tebal plat simpul (t)

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \dots\dots\dots(2.32)$$

(Struktur Baja Desain dan Perilaku I, Charles G. Salmon & John E. Johnson : hal. 135

Dimana:

P = beban terfaktor (cm)

ϕ = factor retesistensi (0,75)

F_u = kekuatan tarik dari bahan pelat (kg/cm²)

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)

Kontrol pelat simpul LRFD

Menghitung kekuatan nominal pelat :

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,90 \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,75 \dots\dots\dots(2.34)$$

diambil yang terkecil – menentukan : $\phi \cdot T_n \geq T_u$

(Struktur Baja Desain dan Prilaku I, Charles G.Salmon & John E.Johnson ;
hal:40)

Dimana :

ϕ = factor resistensi untuk jarak tepi baut = 0,75

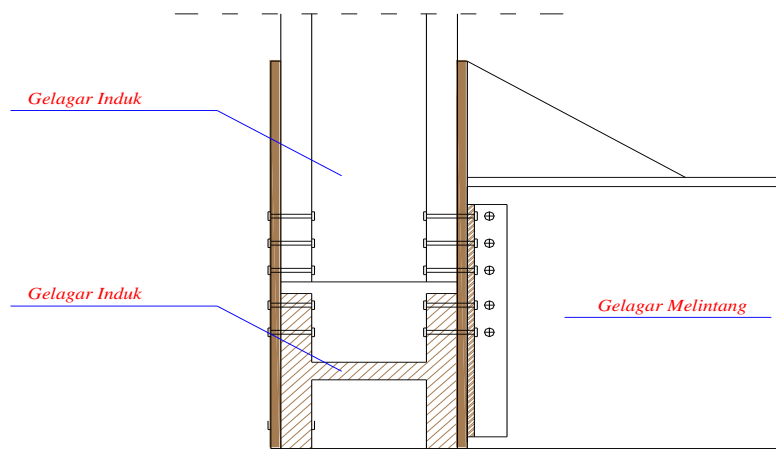
F_u = kekuatan tarik dari bahan pelat (kg/cm²)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm²)

A_e = luas efektif antara batang tarik (cm²)

T_n = kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_u = kekuatan tarik Dari bahan pelat (kg/cm²).



Gambar 2.15 Sambungan gelagar melintang dan induk

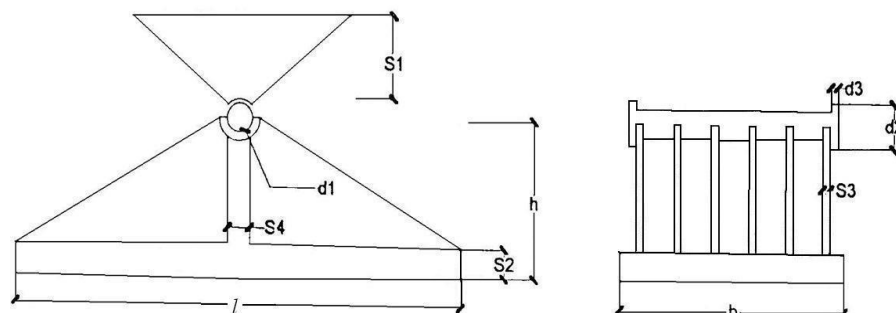
2.15 Ikatan Angin

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.

2.16 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.

2.16.1 Perletakan Sendi



Gambar 2.16 Konstruksi Perletakan Sendi

Untuk menghitung perletakan sendi digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

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

Dimana :

Pu = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

Fy = Mutu baja st 52 = 240 Mpa = 2400 kg/cm²

- Selanjutnya untuk ukuran S₂, S₃, h dan W dapat direcanakan dengan melihat tabel Muller Breslaw, sebagai berikut :

Tabel 2.11 Tabel Muller Breslaw

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

Sumber : 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 $S_5 = h/4$

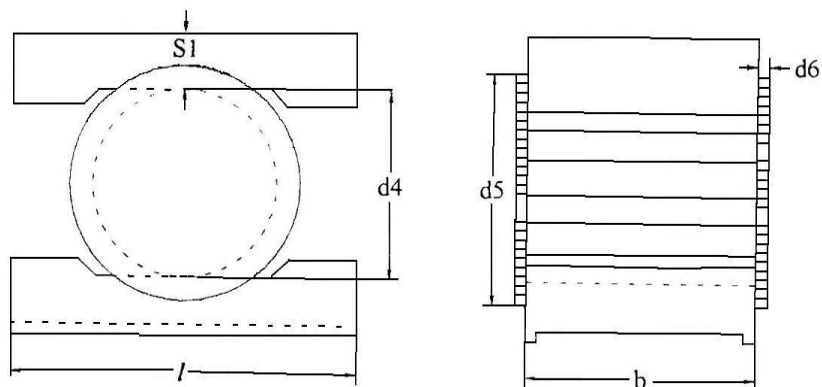
$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot P_u \cdot \ell \rightarrow W = \frac{M_{\max}}{\phi \cdot f_y}$$

- Jari- Jari garis tengah sendi

$$r = \frac{1}{2} \cdot d_1$$

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

2.16.2 Perletakan Rol



Gambar 2.17 Konstruksi Perletakan Rol

Untuk menghitung perletakan rol digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40$$

Dimana :

$$L = \text{Panjang jembatan (m)}$$

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}}$$

Dimana :

P_u = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

F_y = Mutu baja Bj 50 = 249 Mpa = 2900 kg/cm²

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

- Jari- Jari garis tengah rol

$$r = \frac{1}{2} \cdot d_4$$

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

- Diameter rol

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{\ell \cdot \phi \cdot \sigma_y} \rightarrow \sigma_y = \text{tegangan tarik putus baja}$$
$$= 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Baja A529)}$$

- Tinggi total rol

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6$$

- Tebal bibir rol

d_6 = diambil sebesar 2,5 cm

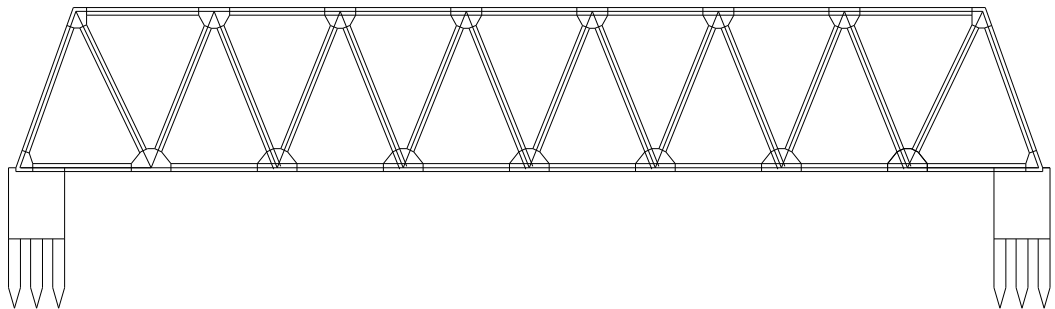
BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Data Teknis Proyek

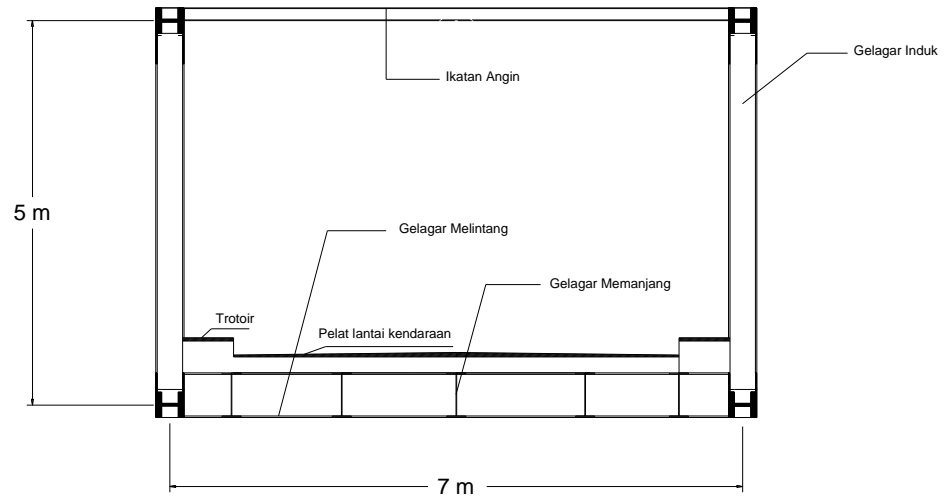
- Nama Proyek : Jembatan Senyur
- Lokasi : Kec. Muara Ancalong, Kalimantan Timur
- Panjang Jembatan : 40 m
- Lebar Jembatan : 7 m
- Tinggi Jembatan : 5 m

3.2 Gambar Jembatan Senyur

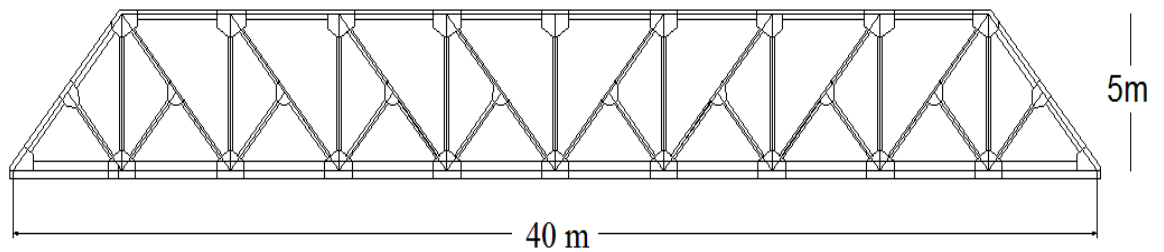


Gambar 3.1 Jembatan Warren Truss

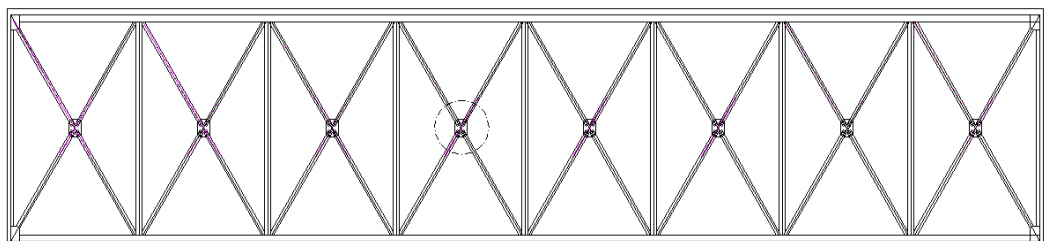
3.3 Gambar Jembatan Baltimore Truss



Gambar 3.2 Tampak Melintang Jembatan



Gambar 3.3 Jembatan Baltimore Truss



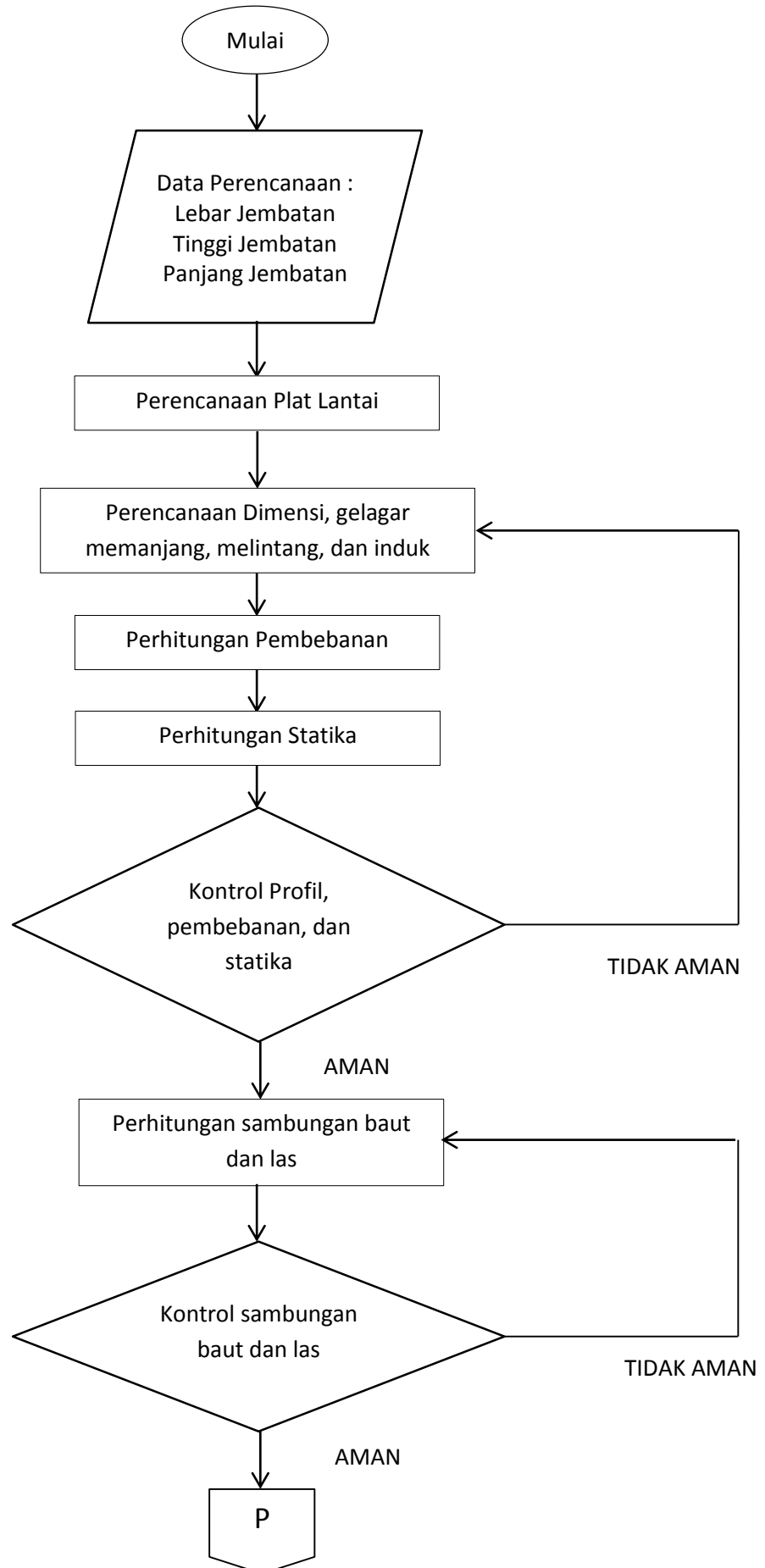
Gambar 3.4 Tampak Atas Jembatan Baltimore Truss

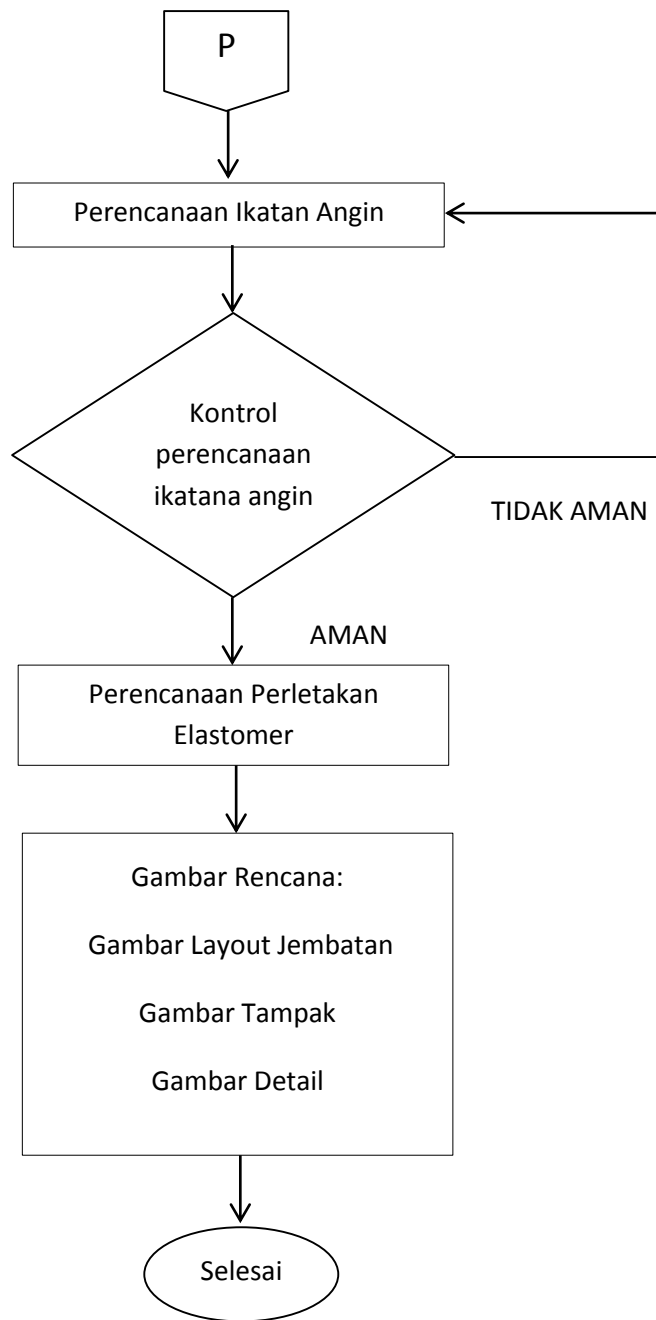
3.4 Metode Pelaksanaan Jembatan

Pelaksanaan pemasangan jembatan rangka baja ini menggunakan metode kantilever dengan komponen pemasangan sebagai berikut :

- a. Persiapan Daerah Perakitan dan Pendukung
 - Daerah Perakitan
 - Penopang Tumpuan Sementara
 - Penopang Bentang Pemberat
- b. Bentang Pemberat dan Penghubung (Link Set)
- c. Peralatan Pemasangan
 - Bentang rangka pemberat sama seperti bentang jembatan yang dipasang
 - Perangkat penghubung (Link Set)
 - Dongkrak Hidrolik
 - Satu Set alat Kerja
- d. Pengangkutan keluar dan Pengangkatan
 - Crane ringan
 - Kabel yang tergantung di antara kepala jembatan
 - Peluncuran komponen di atas gelagar memanjang yang telas selesai
- e. Perakitan
- f. Tinggi Krib Kayu
- g. Pekerjaan Lantai

2.17 Diagram Alir





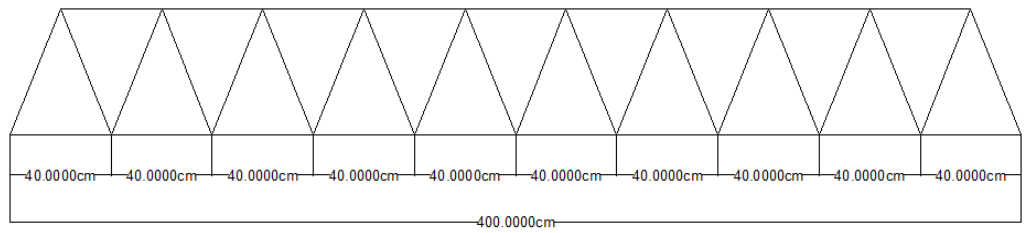
BAB IV

PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN

4.1 Data Teknis Proyek

Data Umum Jembatan:

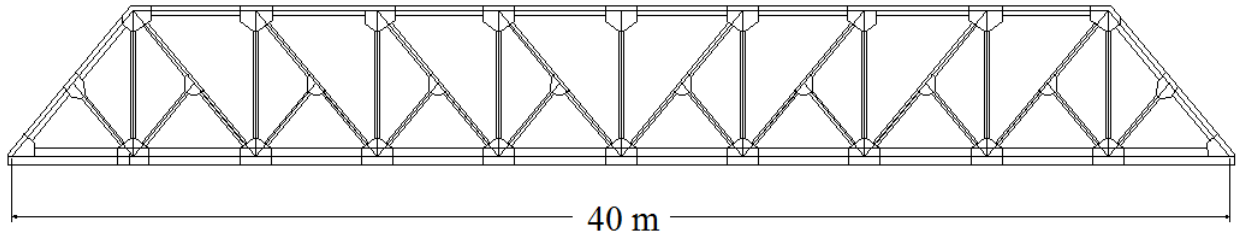
- Nama Proyek : Jembatan Senyuir
- Lokasi : Kec. Muara Ancalong, Kalimantan Timur
- Fungsi bangunan : Jembatan
- Panjang bangunan : 40 m
- Lebar lantai kendaraan : 7 m
- Lebar Trotoir : 2 x 0,50 m
- Tipe Jembatan : Rangka Baja Tipe Span Truss
- Jarak Antar Gel. Melintang : 4 m
- Jarak Antar Gel. Memanjang : 1,5 m
- Mutu baja : U-39
: 390 Mpa = $390 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$
- Mutu Beton (f_c') : 35 Mpa
- $E = 4700 \sqrt{f_c'}$: $4700\sqrt{35}$
: $2,781 \times 10^4 \text{ Mpa}$



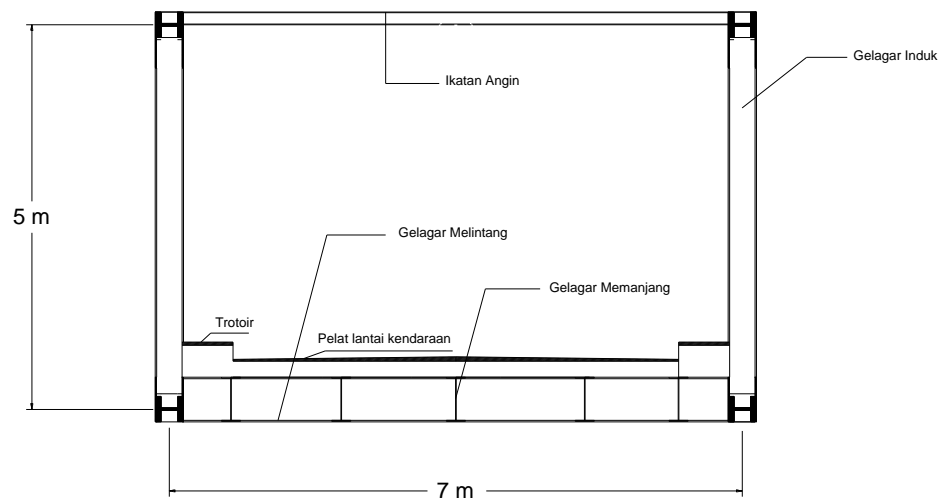
Gambar4.1 potongan memanjang jembatan Type Span Truss

Rencana Modifikasi Jembatan:

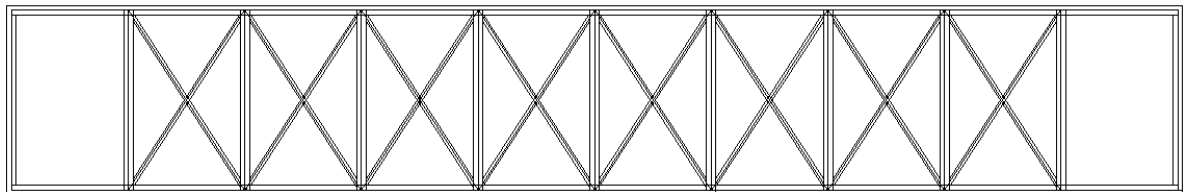
- Nama Proyek : Jembatan Senyuir
- Lokasi : Kec. Muara Ancalong, Kalimantan Timur
- Fungsi bangunan : Jembatan
- Panjang bangunan : 40 m
- Lebar lantai kendaraan : 7 m
- Lebar Trotoir : 2 x 0,50 m
- Tipe Jembatan : Rangka Baja Tipe Baltimore Truss
- Jarak Antar Gel. Melintang : 4 m
- Jarak Antar Gel. Memanjang : 1,5 m
- Mutu baja : U-39
: 390 Mpa = $390 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$
- Mutu Beton (f_c') : 35 Mpa
- $E = 4700 \sqrt{f_c'}$: $4700\sqrt{35}$
: 23452,953 Mpa



Gambar 4.2 Jembatan Baltimore Truss



Gambar 4.3 Tampak Melintang Jembatan



Gambar 4.4 Tampak Atas Jembatan

4.2 Data Pembebanan

a) Lapisan aspal lantai kendaraan

- Tebal Aspal = 0.05 meter
- Berat jenis aspal = 2240 kg/m^3 (*RSNI T-02-2005, hal : 11*)
- Faktor beban $K_{uMS} = 1.3$ (*RSNI T-02-2005, hal : 10*)

b) Plat beton lantai trotoar

- Tebal plat beton = 0.55 meter
- Berat jenis beton bertulang = 2400 kg/m^3 (*RSNI T-02-2005, hal : 11*)
- Faktor beban $K_{uMS} = 1.3$ (*RSNI T-02-2005, hal : 10*)

c) Plat beton lantai kendaraan

- Tebal plat beton = 0.25 meter
- Berat jenis beton bertulang = 2400 kg/m^3 (*RSNI T-02-2005, hal : 11*)
- Faktor beban $K_{uMS} = 1.3$ (*RSNI T-02-2005, hal : 10*)

d) Air hujan

- Tebal air hujan = 0.05 meter
- Berat jenis beton bertulang = 1000 kg/m^3 (*RSNI T-02-2005, hal : 11*)
- Faktor beban $K_{uMS} = 2.0$ (*RSNI T-02-2005, hal : 10*)

e) Steel Deck

- Tebal steel deck = 0.76 mm
- Berat stell deck (0,76 mm) = 8.48 kg/m^2
- Faktor beban $K_{uMS} = 1.1$ (*RSNI T-02-2005, hal : 10*)

4.3 Perhitungan Plat lantai kendaraan

4.3.1 Perhitungan Pembebanan

a. Plat lantai kendaraan (diambil pias 1 meter)

Beban Mati (qd)

- Berat sendiri lantai kendaraan = $0,25 \times 1 \times 2400 \times 1.3 = 780 \text{ kg/m}$
 - Berat aspal = $0,05 \times 1 \times 2240 \times 1.3 = 145.6 \text{ kg/m}$
 - Berat steel deck (0.76 mm) = $8.48 \times 1 \times 1.1 = 9,328 \text{ kg/m}$
 - Berat air hujan = $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2.0 = 100 \text{ kg/m} +$
- $Qd1 = 1034,928 \text{ kg/m}$

Beban Hidup (ql)

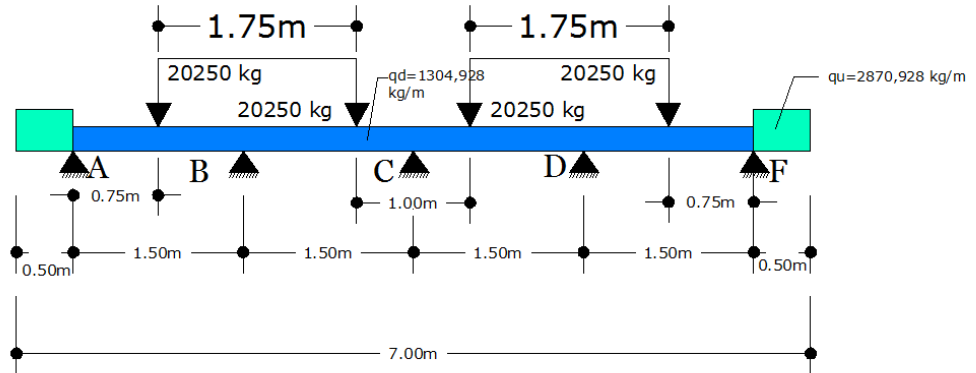
- Muatan "T" yang bekerja pada lantai kendaraan adalah tekanan gandar
= $225 \text{ kN} = 22500 \text{ kg}$, atau tekanan roda = $112.5 \text{ kN} = 11250 \text{ kg}$ (RSNI
T-02-2005, hal : 22)
- Faktor beban = 1.8 (RSNI *T-02-2005, hal : 22*)
- Maka $P = 1.8 \times 11250 = 20250 \text{ kg}$

b. Trotoar

Beban Mati (qd)

- Berat sendiri lantai trotoar = $0,55 \times 1 \times 2400 \times 1.3 = 1716 \text{ kg/m}$
 - Berat tegel + spesi = $0,05 \times 1 \times 2240 \times 1.3 = 145,6 \text{ kg/m}$
 - Berat steel deck (0.76 mm) = $1 \times 8.48 \times 1.1 = 9,328 \text{ kg/m}$
 - Berat air hujan = $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2.0 = 100 \text{ kg/m} +$
- $Qd_2 = 1970,928 \text{ kg/m}$

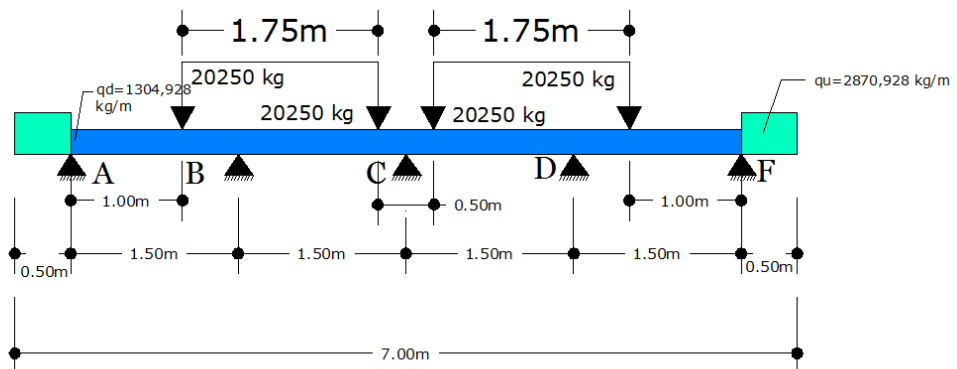
Kondisi II



Gambar 4.6 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro 2007).

Kondisi III



Gambar 4.7. Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro 2007).

Tabel 4.1 Momen Maksimum

Kondisi	Momen Tumpuan	Momen Lapangan
1	4412,1	5496,8
2	4318,8	5555,8
3	3612,1	4487,5

4.4 Penulangan Pelat Lantai

Dengan penulangan statika menggunakan software STAAD PRO 2007 didapat momen maximum pada kondisi 1

Kontrol momen negatif (-)

$$M_{max} = 55,558 \text{ kN.m}$$

$$\text{Jadi, } \mu_u = 55.558.000 \text{ Nmm}$$

Direncanakan tulangan D13

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

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

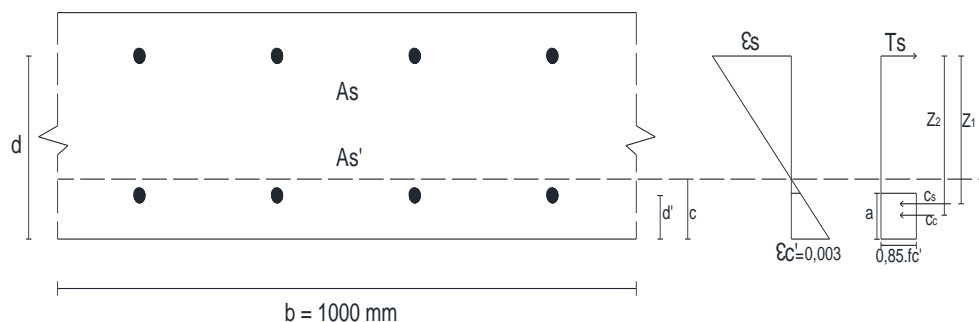
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

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

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

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral $> d'$:



$$fs' = \frac{c-d'}{c} \times \varepsilon c' \times Es = \frac{c-d'}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{c-d'}{c} \times 600$$

$$fs = \frac{d-c}{c} \times \varepsilon c' \times Es = \frac{d-c}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{d-c}{c} \times 600$$

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

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

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

$$\sum H = 0$$

$$Cc + Cs - Ts = 0$$

$$0,85 \cdot fc' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + As' \cdot (fs' - 0,85 \cdot fc') - As \cdot fs = 0$$

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

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

$$= 0$$

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

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

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

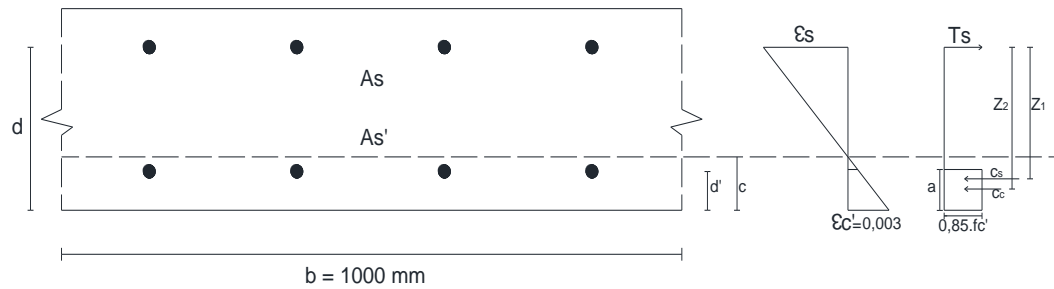
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081c - 99498750 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c1 = 49,229 \text{ mm}$$

$$c2 = -79,926 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \text{ atau } a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 49,229 = 41,845 \text{ mm}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{49,229 - 46,4}{49,229} \times 600 = 34,480 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$$

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

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times 600 = \frac{203,6 - 49,229}{49,229} \times 600 = 1881,464 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$$

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$T_s = A_s \times f_s$$

$$= 663,325 \times 390$$

$$= 258696,75 \text{ Nmm}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
 M_r &> M_u \\
 193,721 \text{ kNm} &> 54,201 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

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

D13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{bagi}}} &= 20\% \cdot A_{S_{\text{perlu}}} \\
 &= 0,2 \cdot 565,2 = 113,040 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$n = \frac{A_{S_{\text{bagi}}}}{A_{S_{\text{ada}}}} = \frac{113,040}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,000 \sim 4 \text{ tulangan}$$

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

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm

Kontrol momen positif (+)

Mmax = 44,121 kN.m (kondisi pembebanan 1)

Jadi, Mu = 44.121.000 Nmm

Direncanakan tulangan D 13

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

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

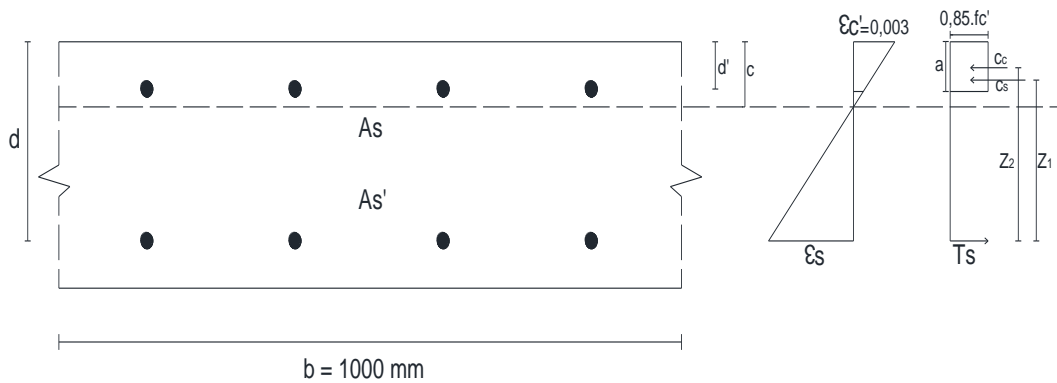
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

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

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

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral > d' :



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

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

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

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

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

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

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

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

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

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

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

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

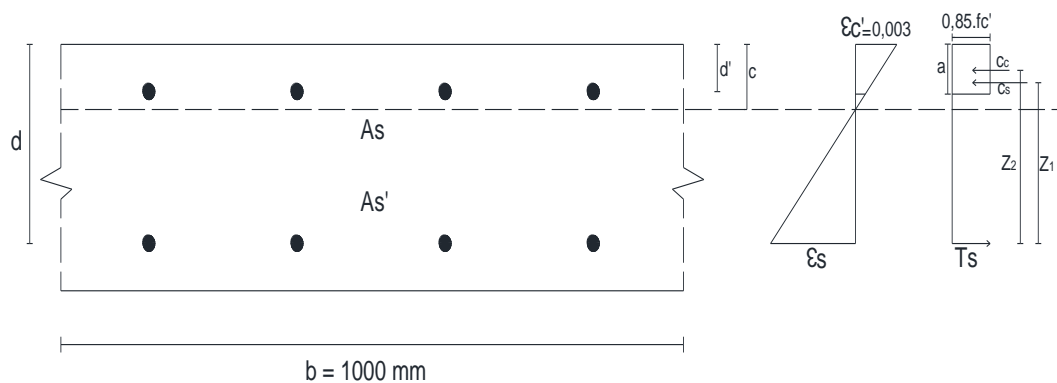
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081c - 99498750 = 0$$

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 :

$$f_s = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{49,229-46,4}{49,229} \times 600 = 34,480 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$$

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

$$f_s' = \frac{d-c}{c} \times 600 = \frac{203,6-49,229}{49,229} \times 600 = 1881,464 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$$

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$T_s = A_s' \times f_s'$$

$$= 663,325 \times 390$$

$$= 258696,75 \text{ Nmm}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Z_2 = d - d'$$

$$= 203,6 - 46,4$$

$$= 157,2 \text{ mm}$$

Karena $a < d$, maka :

$$M_n = C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2$$

$$= (1244888,750 \times 182,678) + (3137,527 \times 157,2)$$

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

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

$$M_r = \Phi \times M_n$$

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

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

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

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

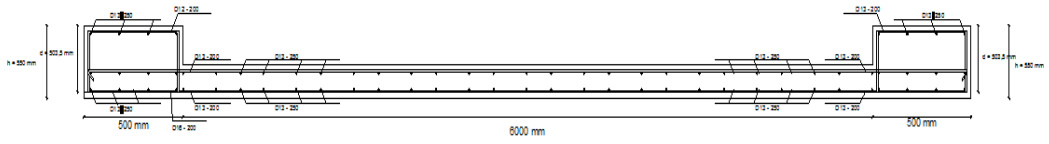
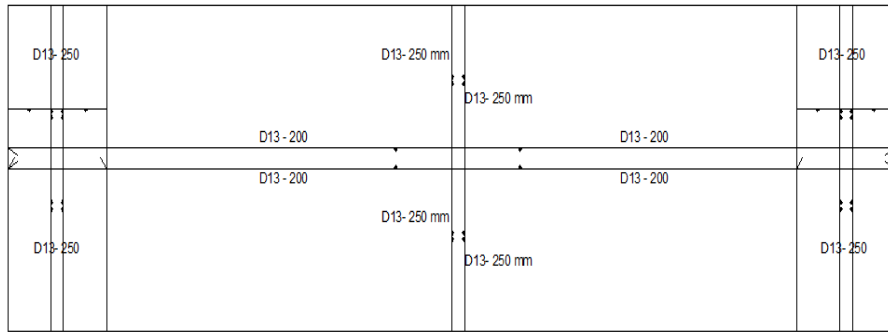
$$= 0,2 \cdot 565,2 = 113,040 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$n = \frac{A_{S_{\text{bagi}}}}{A_{S_{\text{ada}}}} = \frac{113,040}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,000 \sim 4 \text{ tulangan}$$

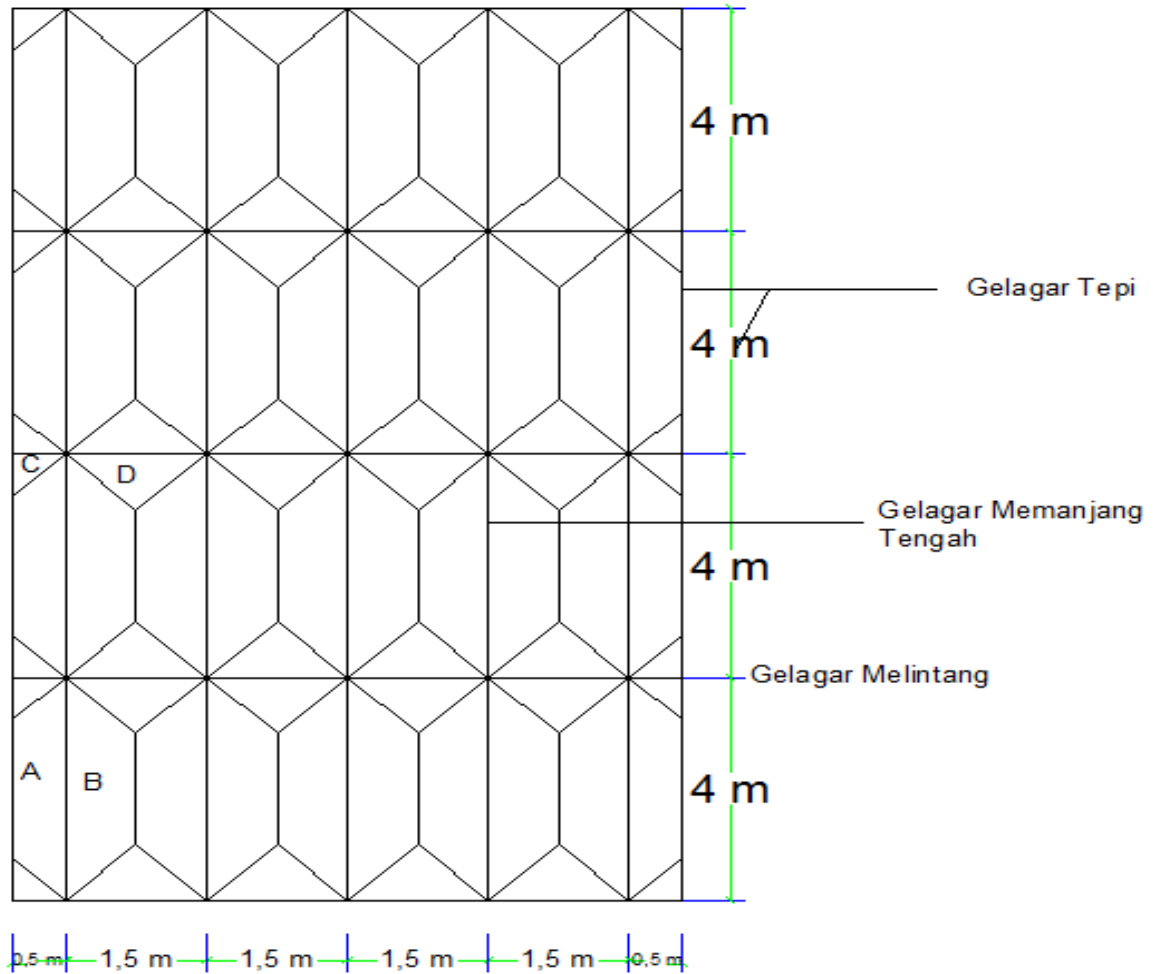
$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm



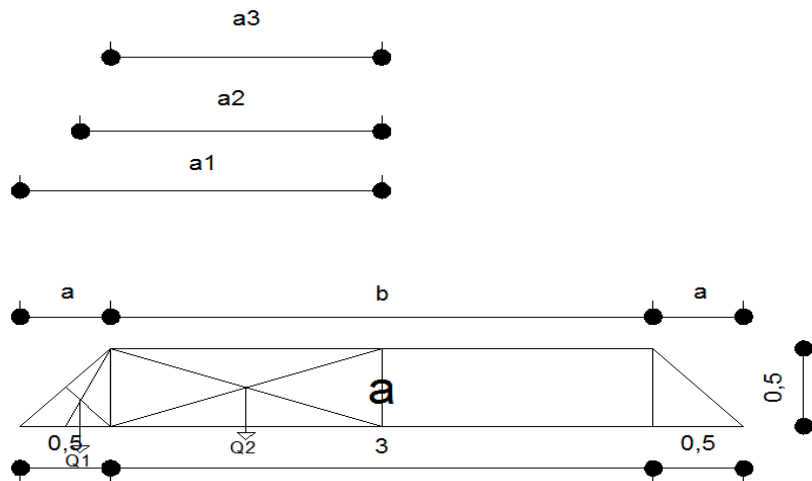
Gambar 4.8. Potongan Melintang Plat Lantai Kendaraan

4.5 Perataan Beban



Gambar 4.9 Perataan Beban

Perataan Beban Tipe a



$$Q_2 = (3/2) \cdot 0,5 = 0,75 \quad a_2 = (1/3 \cdot 0,5 + 1/2 \cdot 3) = 1,6 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2 \quad a_3 = 1/4 \cdot 3 = 0,75 \text{ m}$$

$$= 0,125 + 0,75 = 0,875$$

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

$$= (0,875 \times 2) - [(0,125 \times 1,6) + (0,75 \times 0,75)]$$

$$= 0,9875$$

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

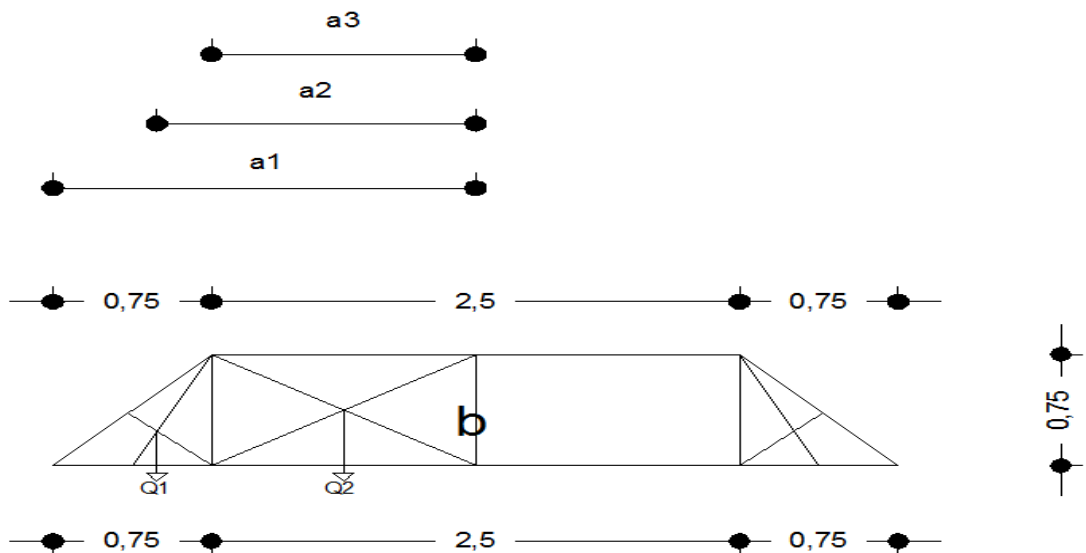
$$= 1/8 \cdot h \cdot 4^2 = 2 h$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$0,9875 = 2 h$$

$$h = 0,4937$$

📌 Perataan Beban Tipe b



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

$$Q_2 = (2,5/2) \cdot 0,75 = 0,9375 \quad a_2 = (1/3 \cdot 0,75 + 1/2 \cdot 2,5) = 1,5 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2 \quad a_3 = 1/4 \cdot 2,5 = 0,625 \text{ m}$$

$$= 0,028125 + 0,9375 = 0,965625$$

$$\begin{aligned} M_1 &= (R_A \times a_1) - [(Q_1 \times a_2) - (Q_2 \times a_3)] \\ &= (0,965625 \times 2) - [(0,028125 \times 1,5) + (0,9375 \times 0,625)] \\ &= 1,429 \end{aligned}$$

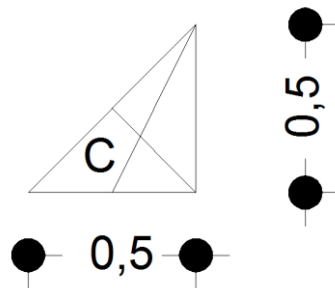
$$\begin{aligned} M_{II} &= 1/8 \cdot h \cdot l^2 \\ &= 1/8 \cdot h \cdot 4^2 = 2 h \end{aligned}$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$1,429 = 2 h$$

$$h = 0,7148 \text{ m}$$

🚧 Perataan Beban Tipe c



$$Q = 1/2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,125$$

$$R_A = R_B = 0,125$$

$$\begin{aligned} M_1 &= (R_A \cdot 1/2 \cdot 0,5) - (Q \cdot 1/3 \cdot 0,25) \\ &= (0,125 \times 1/2 \times 0,50) - (0,125 \times 1/3 \times 0,50) \\ &= 0,0313 - 0,0208 \\ &= 0,0105 \end{aligned}$$

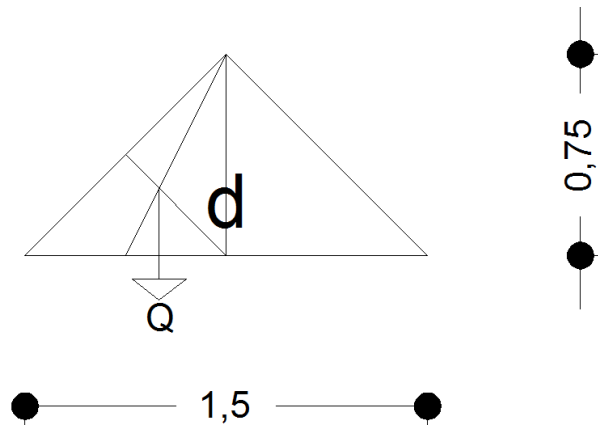
$$\begin{aligned} M_{II} &= 1/8 \cdot h \cdot l^2 \\ &= 1/8 \cdot h \cdot 0,5^2 = 0,0313 h \end{aligned}$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$0,0105 = 0,0313 h$$

$$h = 0,335 \text{ m}$$

✚ Perataan Beban Tipe d



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

$$R_A = R_B = 0,2813$$

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

$$\begin{aligned} M_{II} &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot 1,4^2 = 2 h \end{aligned}$$

$$M_1 = M_{II}$$

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

$$h = 0,49991 \text{ m}$$

4.6. Perencanaan Gelagar Memanjang

- ✓ Jarak gelagar memanjang = 1,5 m
- ✓ Jarak gelagar melintang = 4,0 m
- ✓ Q plat lantai kendaraan = 1034,928 kg/m
- ✓ Q plat trotoir = 1970,928 kg/m

4.6.1 Perhitungan pembebanan

a. Beban Mati

- ✓ Akibat berat lantai trotoir (untuk gelagar tepi) → Line 2

$q_u = (\text{perataan beban tipe A} \times q \text{ plat trotoir}) + (\text{Perataan beban tipe B} \times q \text{ Plat lantai kendaraan})$

$$q_u = (0,4937 \times 1970,928) + (0,7148 \times 1034,928)$$

$$q_u = 1712,814 \text{ kg/m}$$

- ✓ Akibat berat lantai kendaraan (untuk gelagar tengah) → Line 3

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

$$q_u = (2 \times 0,7148 \times 1034,928)$$

$$q_u = 1479,53 \text{ kg/m}$$

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 :

$$L = 40 \text{ m} \rightarrow L \geq 30 \text{ m (RSNI T - 02 - 2005, halaman : 18)}$$

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

$$= 9 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{40} \right) \text{ kPa}$$

$$= 7,87 \text{ kPa} = 787 \text{ kg/m}^2$$

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

$$q = 787 \text{ kg/m}^2$$

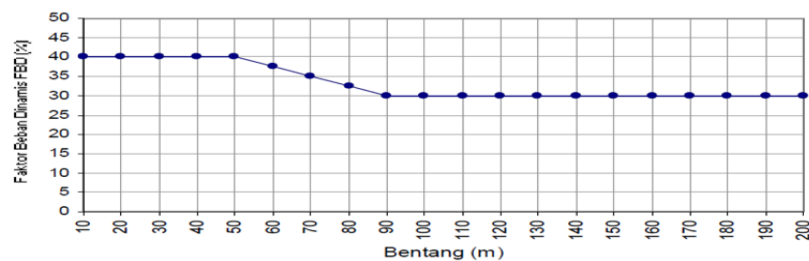
- ✓ Akibat beban garis $P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$; faktor beban 1,8 (RSNI T – 02 – 2005, halaman : 18)

$$P_u = 4900 \times 1,8$$

$$= 8820 \text{ kg/m}$$

- ✓ Faktor beban dinamis / koefisien kejut

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



Utuk $L \leq 50 \text{ m}$, $L = 40$ maka : \longrightarrow FBD = 0,4

Maka : $k = 1 + DLA$

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

Perbandingan beban hidup gelagar :

1) Gelagar tepi

$qL = (\text{beban hidup trotoir} \times \text{tinggi perataan tipe A} \times \text{faktor beban})$

$$= ((500 \times 0,4937) \times 0,7149 \times 1,8) = 317,607 \text{ kg/m}$$

2) Gelagar tengah

$$q_u = \left(\frac{787}{2,75} \right) \times (2 \times \text{perataan tipe B}) \times 1,8$$

$$= \left(\frac{787}{2,75} \right) \times (2 \times 0,7148) \times 1,8$$

$$= 736,42 \text{ kg/m}$$

$$P_u = \left(\frac{8820}{2,75} \right) \times (0,728 + 0,728) \times k$$

$$= 3207,30 \times 1,456 \times 1,40$$

$$= 6537,760 \text{ kg}$$

4.6.2 Perhitungan Statika

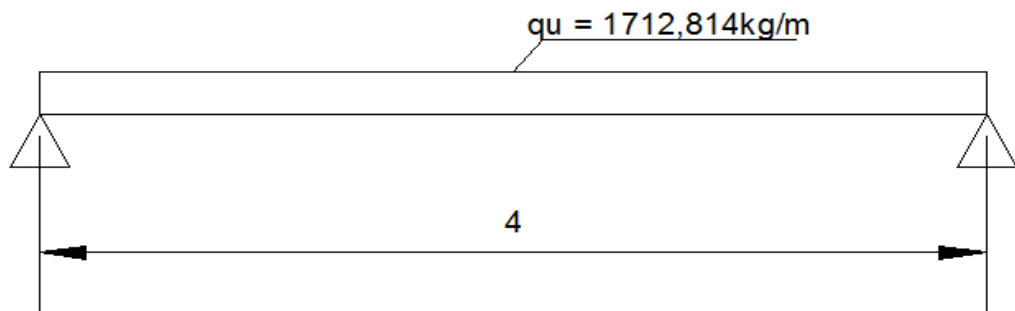
Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar memanjang.

a. Gelagar tepi

✓ Akibat beban mati

q_u = beban mati akibat berat rantai kendaraan untuk gelagar tepi

$$= 1712,814 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 1712,814 \cdot 4,0$$

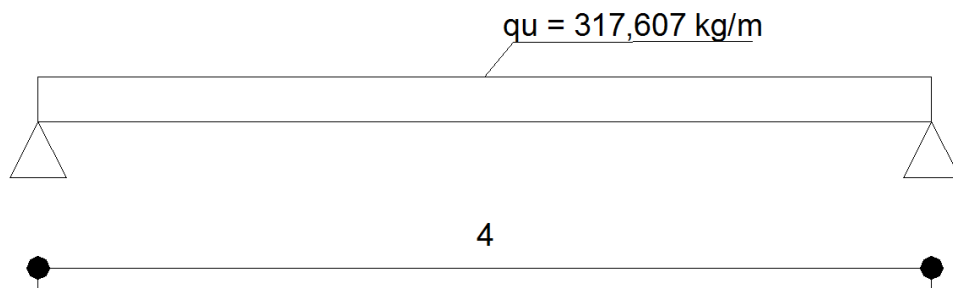
$$= 3425,628 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 1712,814 \cdot 4^2$$

$$= 3425,628 \text{ kgm}$$

✓ Akibat beban hidup



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 317,607 \cdot 4,0$$

$$= 635,214 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 317,607 \cdot 4^2$$

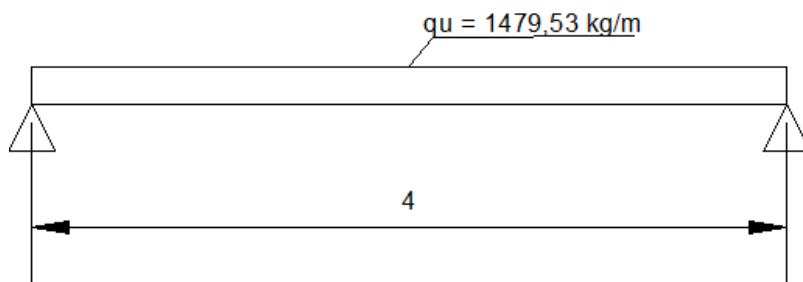
$$= 635,214 \text{ kgm}$$

b. Gelagar tengah

✓ Akibat beban mati

q_u = beban mati akibat berat rantai kendaraan untuk gelagar tengah

$$= 1479,53 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 1479,53 \cdot 4,0$$

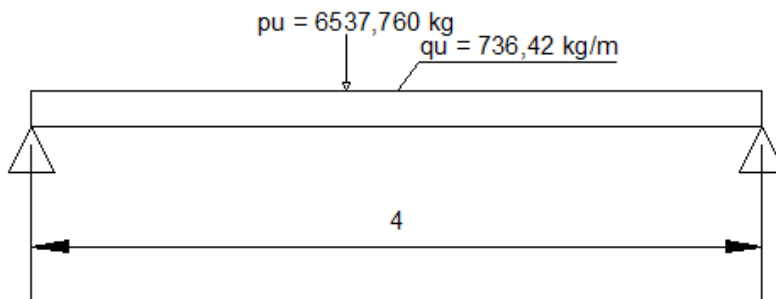
$$= 2959,06 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 1479,53 \cdot 4^2$$

$$= 2959,06 \text{ kgm}$$

✓ Akibat beban hidup



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot [(736,42 \cdot 4,0) + 6537,760]$$

$$= 4741,72 \text{ kg}$$

$$M_u = (\frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2) + (\frac{1}{4} \cdot P_u \cdot l)$$

$$= (\frac{1}{8} \cdot 736,42 \cdot 4^2) + (\frac{1}{4} \cdot 6537,760 \cdot 4)$$

$$= 8010,6 \text{ kgm}$$

Momen total :

$$\begin{aligned} \text{a. Untuk gelagar tepi, } Mu_{\text{tepi}} &= 3425,638 + 635,124 \\ &= 4060,812 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Untuk gelagar tengah, } Mu_{\text{tengah}} &= 2959,06 + 8010,6 \\ &= 10969,66 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Jadi, diambil nilai momen terbesar yaitu $Mu_{\text{tengah}} = 10969,66 \text{ kgm}$.

Gaya Geser Total

$$\text{a. Gelagar tepi, } V_{\text{tepi}} = 3425,638 + 635,214 = 4050,862 \text{ kg}$$

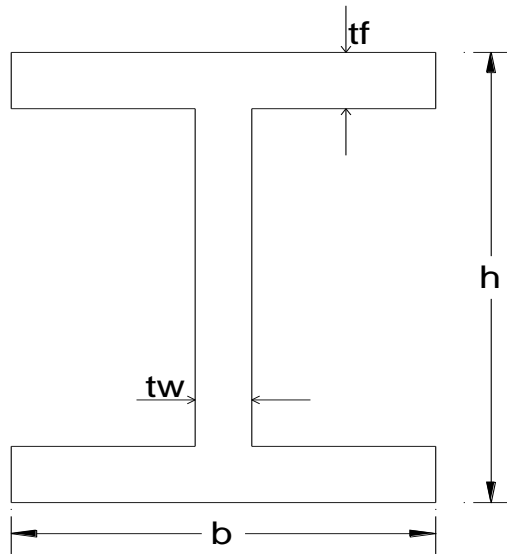
$$\text{b. Gelagar tengah, } V_{\text{tengah}} = 2959,06 + 4741,72 = 7700,78 \text{ kg}$$

Jadi, diambil nilai gaya geser terbesar yaitu $V_{\text{tengah}} = 7700,78 \text{ kg}$

4.6.3 Perencanaan dimensi gelagar memanjang

A. Penentuan dimensi profil gelagar memanjang

Direncanakan baja WF 300 x 150 x 5.5 x 8 (*tabel profil baja WF berdasarkan metode LRFD dan SNI 03 – 1729 – 2002, Penerbit : ITS*)



$G = 32 \text{ kg/m}$	$\sigma = 2900 \text{ kg/cm}^2$
$A = 40,8 \text{ cm}^2$	$h = 298 \text{ mm}$
$I_x = 6320 \text{ cm}^4$	$tw = 5,5 \text{ mm}$
$I_y = 442 \text{ cm}^4$	$tf = 8 \text{ mm}$
$r_x = 12,4 \text{ cm}$	
$r_y = 3,29 \text{ cm}$	
$r = 13 \text{ cm}$	
$Z_x = 313 \text{ cm}^3$	
$Z_y = 59,3 \text{ cm}^3$	
$b = 149 \text{ mm}$	

B. Desain balok

Syarat pemilihan profil berdasarkan metode LRFD

$$M_u \leq \Phi M_n \quad (\text{Sumber : RSNI T - 02 - 2005, halaman : 30})$$

Dimana :

M_u = kuat lentur rencana (kgcm)

M_n = kuat lentur nominal penampang (kgcm)

Φ = faktor reduksi kekuatan batang lentur (0,9)

✓ Mencari nilai M_u

$$M_{u(\text{Profil WF})} = \frac{1}{8} \cdot G \cdot l^2 \cdot \text{faktor beban (untuk baja = 1,1)}$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 32 \cdot 4^2 \cdot 1,1$$

$$= 70,4 \text{ kgm}$$

$$M_u \text{ total} = 70,4 + 10969,66$$

$$= 11040,06 \text{ kgm}$$

$$= 1104006,0 \text{ kgcm}$$

$$M_u = 1104006,0 \text{ kgcm}$$

✓ Kontrol kelangsingan dan kekompakan penampang

Kontrol kelangsingan penampang (Berdasarkan RSNI T - 03 - 2005, hal 31)

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{149}{2 \times 8} = 9,31 \leq \lambda_f = 0,38x \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38x \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{290}} = 10,22 \dots \text{OK}$$

$$\lambda_w = \frac{b}{2t_w} = \frac{149}{2 \times 5,5} = 13,54 \leq \lambda_w = 1,76x \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76x \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{290}} = 47,36 \dots \text{OK}$$

Persyaratan penampang kompak (Berdasarkan RSNI T- 03 - 2005, hal 31) :

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\checkmark \lambda_f \leq \lambda_p = 9,31 \leq 10,2 \dots \text{OK}$$

$$\checkmark \lambda_w \leq \lambda_p = 13,54 \leq 47,36 \dots \text{OK}$$

Penampang Kompak !!!

✚ Perhitungan b_{eff}

$$L = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} < \frac{1}{4} \times 400$$

$$< \frac{1}{4} \times 400$$

$$< 100 \text{ cm}$$

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

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

$$< 150 \text{ cm}$$

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

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

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

Maka dipakai nilai b_{eff} yg terkecil yaitu 100 cm

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

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

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

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

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

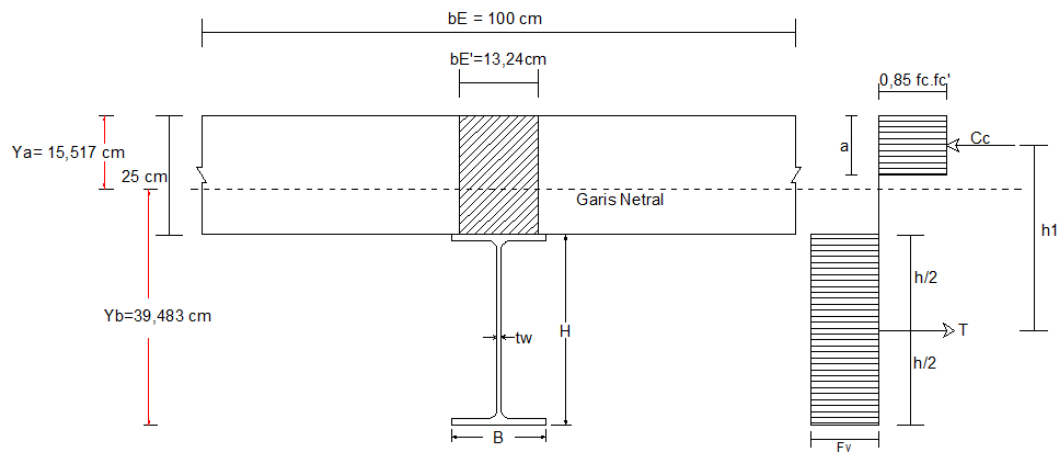
$$n = \frac{2,1 \times 10^5}{2,781 \times 10^4}$$

$$= 7,551$$

$$\frac{b_{eff}}{n} = \frac{100}{7,551}$$

$$= 13,243 \text{ cm}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid III, 1992 : 582)



Gambar 4.10. Penampang Komposit Gelagar Memanjang

NO	Luas penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
1	Beton = 13,243 x 25 = 331,081	$\frac{25}{2} = 12,5$	4137,5
2	Baja = 40,8	$\frac{30}{2} + 25 = 40$	1632
	$\Sigma A = 371,875$		$\Sigma A.Y = 5770,43$

Diukur dari bagian atas plat

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

$$= \frac{5770,43}{371,875}$$

$$= 15,517 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a$$

$$= 25 + 30 - 15,517$$

$$= 39,483 \text{ cm}$$

NO	A (cm ²)	Y (cm)	Io (cm ⁴)	d (cm)	Io+Ad ² (cm ⁴)
1	331,081	$\frac{25}{2} = 12,50$	$\frac{1}{12} \times 13,243 \times 25^3 = 17243,489$	$16,588 - 12,5 = 4,088$	20257,32
2	40,8	$\frac{30}{2} + 25 = 40,3$	6320	$39,483 - (30/2) = 24,48$	30775,94
ΣA =	383,761			Σ Ix =	51033,26

Karena $Y_a = 15,517 \text{ cm} < \text{tebal plat beton}$ maka garis netral terletak pada plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya C = T, maka diperoleh :

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

$$= \frac{4080 \cdot 390}{0,85 \cdot 35 \cdot 1000}$$

$$= 53,48 \text{ mm} < \text{Tebal plat (tc)} = 250 \text{ mm}$$

Karena nilai $a < \text{tebal pelat}$ maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik

$A_s \cdot f_s$ yang timbul pada baja.

✚ Tegangan tekan pada serat beton

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot E$$

$$= 0,85 \times 35 \times 53,48 \times 1000$$

$$= 1591200 \text{ N}$$

✚ Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 4080 \times 290 \\ &= 1183200 \text{ N} \end{aligned}$$

✚ Menghitung kuat lentur nominal balok komposit

$$\begin{aligned} M_n &= a_s \cdot f_y \left(\frac{d}{2} + t - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1183200 \times \left(\frac{300}{2} + 250 - \frac{53,48}{2} \right) \\ &= 441637851,4 \text{ Nmm} \\ &= 4416378,514 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*,
Jilid III, 1992 : 589)

$$M_n \Phi = 4416378,514 \times 0,9 = 3974740,663 \text{ kgcm}$$

$$M_n \Phi = 3974740,663 \text{ kgcm} > M_u = 1106074,0 \text{ kgcm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

✚ Kontrol Geser

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \quad (\text{Sumber : RSNIT - 03 - 2005, halaman : 40}) \\ &= 0,6 \times 2900 \times ((30 - 2.0,8) \times 0,5) \\ &= 24708 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_n = 24708 \text{ kg} > V_u = 7700,78 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK}$$

✚ Kontrol Lendutan

✚ Lendutan ijin

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{1}{240} L \quad (L = 4\text{m} = 400 \text{ cm}) \\ &= \frac{1}{240} \times 400 \end{aligned}$$

$$= 1,6 \text{ cm}$$

✚ Lendutan ada

$$f_{ada} = \frac{5 \cdot Qu \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$$

$$= \frac{5 \times (17,12 + 3,2 + 14,79)400^4}{384 \times 2100000 \times 51033,26} + \frac{6537,766 \times 400^3}{48 \times 2100000 \times 51033,26}$$

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

Kontrol : $f_{ijin} = 0,9 \text{ cm} > f_{ada} = 0,14 \text{ cm} \dots\dots \text{OK!!!}$

✚ Perencanaan *Shear Conector*

Dipakai stud $\Phi = 19,05 \text{ mm}$, $f_y = 350 \text{ mpa}$, $h = 150 \text{ mm}$

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19,05^2$$

$$= 284,878 \text{ mm}^2$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'c}$$

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

$$= 27805,6 \text{ Nmm}$$

✚ Perhitungan Gaya Geser Horizontal (V_h)

$$V_h = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot E$$

$$= 0,85 \times 35 \times 53,48 \times 1000$$

$$= 1591030 \text{ N}$$

$$V_h = C_{max} = 1591030 \text{ N}$$

✚ Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 4080 \times 290 \\ &= 1183200 \text{ N} \end{aligned}$$

$C_{max} = 1591030 \text{ N} > T_{max} = 1183200 \text{ N}$, maka gaya geser yang dipikul oleh konektor geser adalah 1183200N.

✚ Kekutan geser satu stud (Q_n) :

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'_c \cdot E_c} \\ &= 0,5 \times 284,87 \times \sqrt{35 \times 27805,6} \\ &= 140513,12 \text{ N} \end{aligned}$$

✚ Jumlah stud

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{T}{Q_n} = \frac{T}{A_{sc} f_u} \\ &= \frac{210674,88}{140513,12} \\ &= 1,49 \sim 8 \text{ buah (Untuk } \frac{1}{2} \text{ bentang)} \end{aligned}$$

Untuk keseluruhan bentang dipasang 16 buah stud

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Jilid III, 1992 : 595)

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

✓ Jarak minimum longitudinal :

$$\begin{aligned} S_{min} &= 6 \times d = 6 \times 19,05 \\ &= 114 \text{ mm} \\ &= 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

- 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 :

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

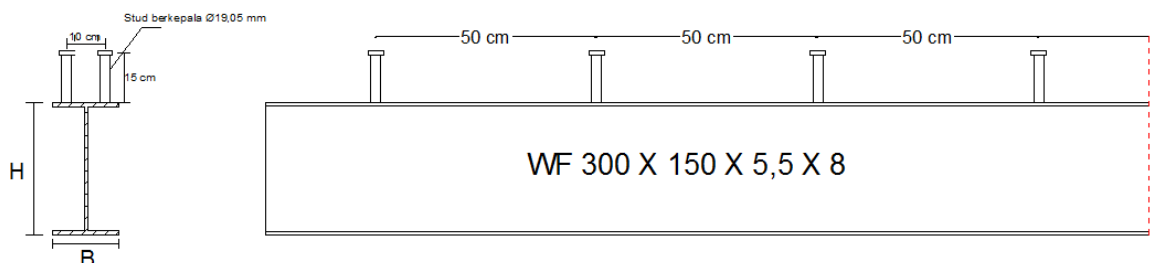
digunakan jarak 10 cm

- Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama
= 20 stud.

$$\text{Jarak antar stud } s = \frac{200}{4} = 50 \text{ cm}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid III, 1992 : 609*)



Gambar 4.11. Penghubung Geser Gelagar Memanjang

4.7 Perhitungan Gelagar Melintang

4.7.1 Pembebanan

1. Beban Mati (qd)

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

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

$$\text{Jarak Gelagar Melintang} = 4 \text{ m}$$

✚ Akibat Berat Trotoar

$$\begin{aligned} q_{d1}^u &= (\text{Perataan beban tipe C x 2}) \times (q \text{ trotoar}) \\ &= (0,335 \times 2) \times (1970,928) \\ &= 1320,521 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

✚ Akibat Berat lantai Kendaraan

$$\begin{aligned} q_{d2}^u &= (\text{perataan tipe D x 2}) \times (q \text{ plat lantai}) \\ &= (0,49991 \times 2) \times (1034,928) \\ &= 1034,741 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

✚ Akibat Beban Profil Memanjang (WF 300 x 150 x 5,5 x 8)

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

$$W = 32 \text{ kg/m}$$

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

$$= 32 \times 4 \times 1,1$$

$$= 140,8 \text{ kg}$$

✚ Akibat Beban Plat Gelagar Memanjang

Factor beban untuk beton cor = 1,3 (karena q beban plat gelagar memanjang sudah dikalikan dengan factor beban cor = 1,3 maka, pekerjaan selanjutnya tidak dikalikan lagi dengan factor beban)

$$\begin{aligned}P_2^u &= (q_d \text{ Plat gelagar memanjang tepi } \times L) \\&= (1712,814 \times 4) \\&= 6851,256 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_3^u &= (q_d \text{ Plat gelagar memanjang tipe 2 } \times L) \\&= (1479,53 \times 4) \\&= 5918,12 \text{ kg}\end{aligned}$$

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 (*Sumber : SNI T 02-2005, halaman 17*)

Dimana : $L = 40 \text{ m} > 30 \text{ m}$

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

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{40}\right) kpa$$

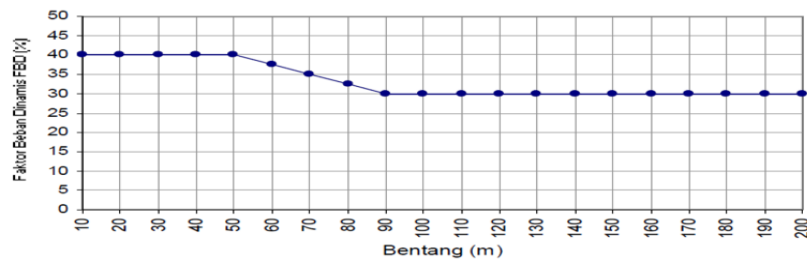
$$q = 7,87kPa = 787kg / m^2$$

$$q_3(100\%) = \frac{787}{2,75} \times (2 \times 0,49991) \times 1,8 \times 100\% = 515,034kg / m$$

$$q_4(50\%) = \frac{787}{2,75} \times (2 \times 0,49991) \times 1,8 \times 50\% = 257,517kg / m$$

✓ Muatan Beban Garis (BGT)

Pajang bentang (L) = 40 m



Gambar 3.15 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

(Sumber : SNI T 02-2005, halaman 25)

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.

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

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

Sehingga akibat beban lajur “ D “

$$q_5 100\% = (515,034 + 4490,182) = 5005,216 \text{ kg / m'}$$

$$q_6 50\% = (251,517 + 2245,091) = 2496,608 \text{ kg / m'}$$

✚ Akibat Muatan Beban Hidup Trotoar

Faktor beban = 1,8 (Sumber : SNI T 02-2005, halaman 27)

$$q = 5 \text{ kpa} = 500 \text{ kg/m}$$

$$q_7'' = 500 \times (2 \times 0,49991) \times 1,8 \times L$$

$$q_7'' = 500 \times 0,99982 \times 1,8 \times 4 = 3599,352 \text{ kg / m}$$

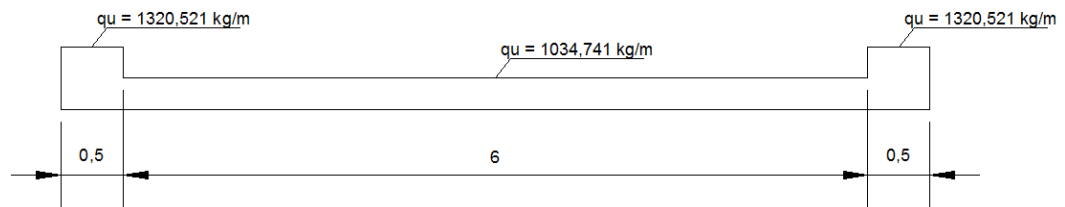
✚ Akibat Beban Truck "T"

Faktor beban = 1,8

$$P_7'' = 11250 \times 1,8 = 20250 \text{ kg}$$

4.7.2 Perhitungan Momen Pada Gelagar Melintang

✚ Akibat Beban mati lantai Kendaraan dan Trotoar



$$RA = (q_1 \times 0,5) + \left(q_2 \times \frac{6}{2} \right)$$

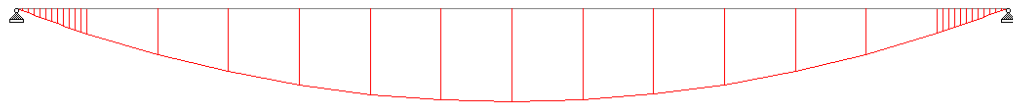
$$= (1320,521 \times 0,5) + (1034,928 \times 3)$$

$$= 3765,039 \text{ kg}$$

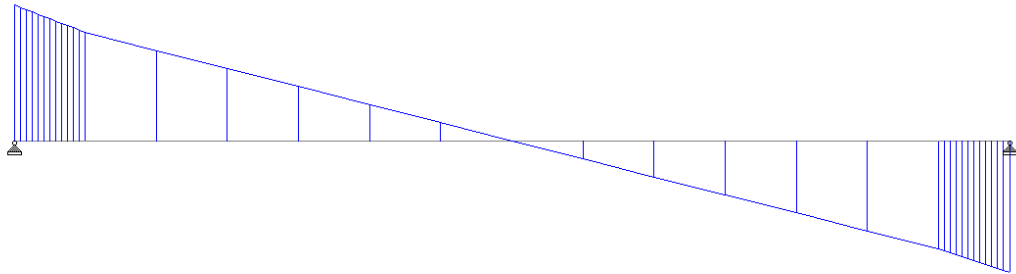
$$M_1 = (RA \times 3,75) - (q_1 \times 3 \times 1,5) - (q_2 \times 0,5 \times 3,25)$$

$$= (3765,039 \times 3,75) - (1034,928 \times 3 \times 1,5) - (1320,521 \times 0,5 \times 3,25)$$

$$= 7315,874 \text{ kgm}$$

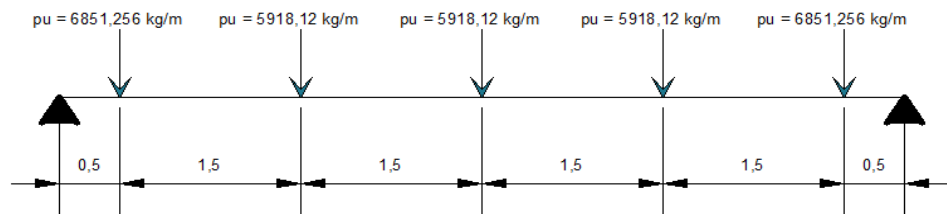


Gambar 4.12. Momen Akibat Beban Mati Lantai Kendaraan dan Trotoar



Gambar 4.13. Gaya Geser Akibat Beban Mati Lantai Kendaraan dan Trotoar

✚ Akibat beban Plat Gelagar Memanjang



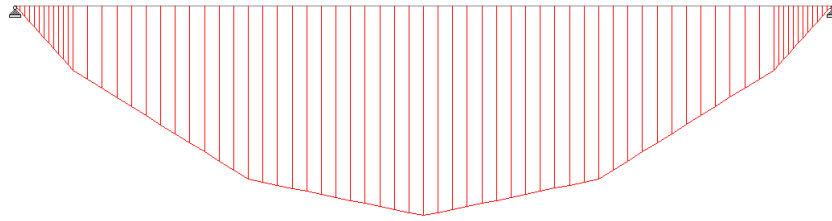
$$RA = \frac{1}{2} \times ((5918,12 \times 3) + (6851,256 \times 2))$$

$$= 15728,436 \text{ kg}$$

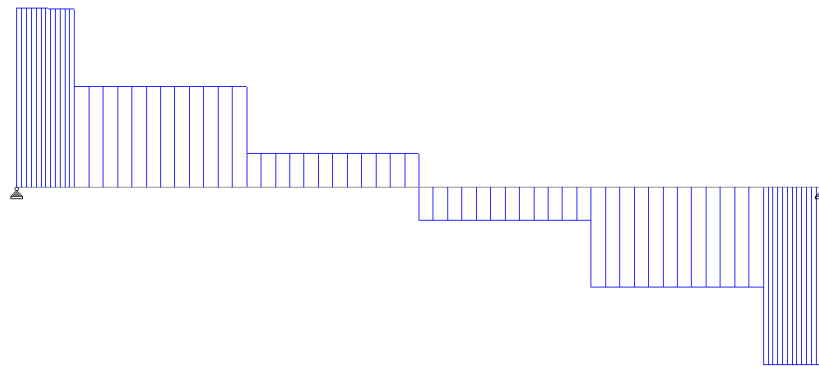
$$M_2 = (RA \times 3,5) - (P_2 \times 3) - (P_1 \times 2,25) - (P_1 \times 0,75)$$

$$= (15728,436 \times 3,5) - (6851,256 \times 3) - (5918,12 \times 2,25) - (5918,12 \times 0,75)$$

$$= 16741,398 \text{ kgm}$$

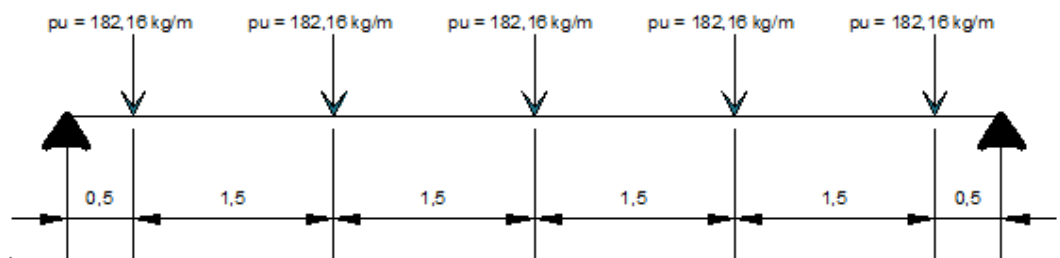


Gambar 4.14. Momen Akibat Beban Plat Gelagar Memanjang



Gambar 4.15. Gaya Geser Akibat Beban Plat Gelagar Memanjang

✚ Akibat berat Gelagar Memanjang



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

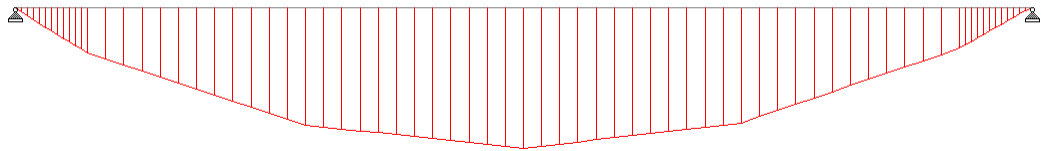
$$= \frac{140,8 \times 5}{2}$$

$$= 350 \text{ kg}$$

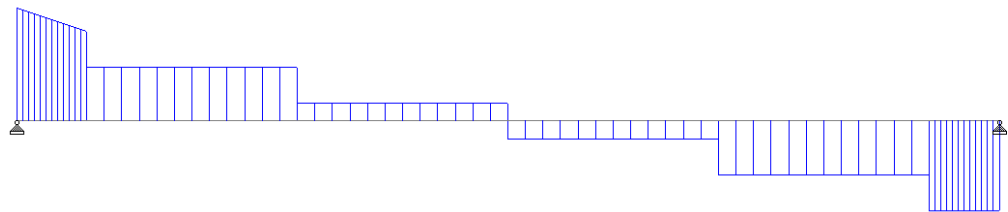
$$M_3 = (RA \times 3,75) - (P_1 \times 3) - (P_1 \times 1,5)$$

$$= (350 \times 3,5) - (140,8 \times 3) - (140,8 \times 1,5)$$

$$= 591,4 \text{ kgm}$$

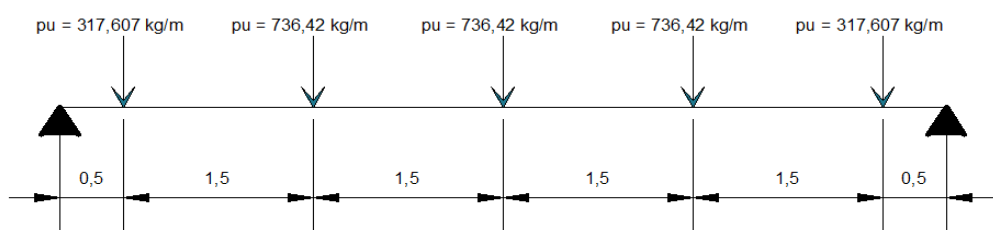


Gambar 4.16. Momen Akibat Berat Gelagar Memanjang



Gambar 4.17. Gaya Geser Akibat Berat Gelagar Memanjang

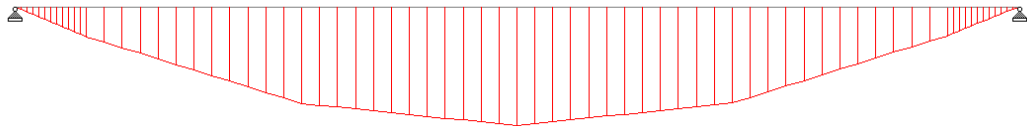
✚ Akibat beban hidup Gelagar Memanjang



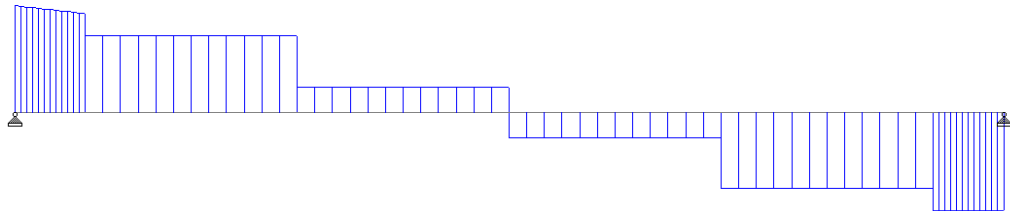
$$RA = \frac{1}{2} \times ((736,42 \times 3) + (317,607 \times 2))$$

$$= 1422,237 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M_4 &= (RA \times 3,5) - (P_2 \times 3) - (P_1 \times 2,25) - (P_1 \times 0,75) \\
 &= (1422,237 \times 3,5) - (317,607 \times 3) - (736,42 \times 2,25) - (736,42 \times 0,75) \\
 &= 1815,75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

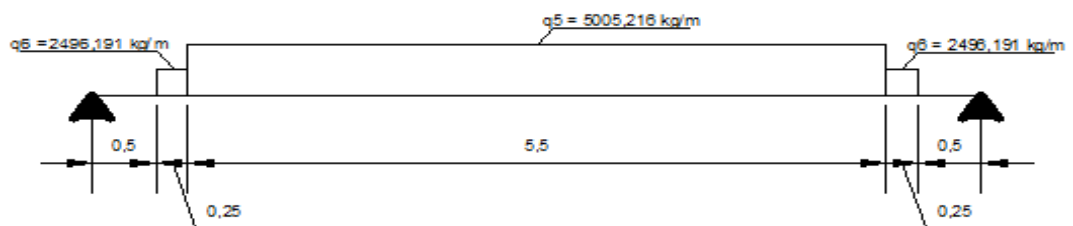


Gambar 4.18. Momen Akibat Beban Hidup Gelagar Memanjang



Gambar 4.19. Gaya Geser Akibat Beban Hidup Gelagar Memanjang

✚ Akibat beban lajur “D”



$$\sum MB = 0$$

$$RA \times 7 - q_5 \times 5,5 \times 3,5 - q_6 \times 0,25 \times 0,625 = 0$$

$$7 RA - 5005,216 \times 5,5 \times 3,5 - 2496,191 \times 0,25 \times 0,625 = 0$$

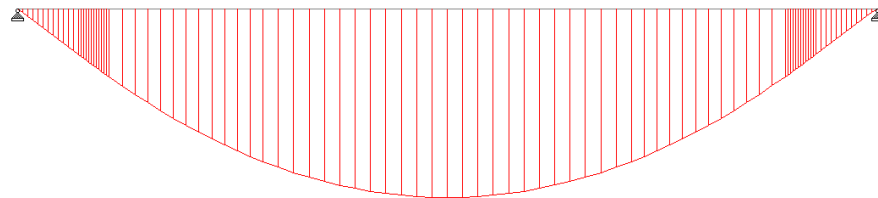
$$7 RA - 96740,44 = 0$$

$$RA = 13820,062 \text{ kg}$$

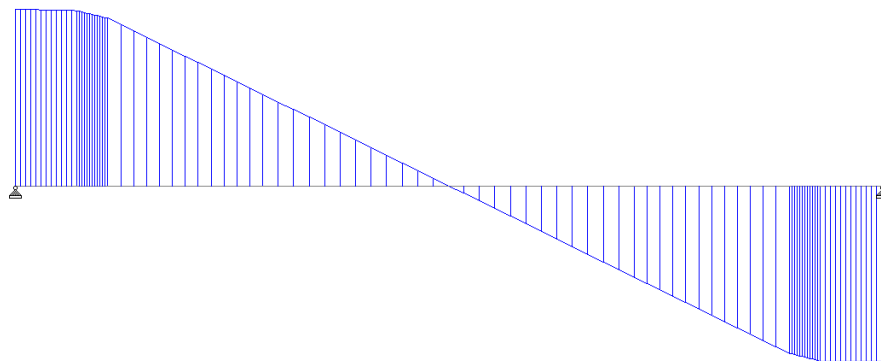
$$M_5 = (RA \times 3,5) - (2496,191 \times 0,25 \times 0,625) - (5005,216 \times 2,75 \times 1,375)$$

$$M_5 = (13820,062 \times 3,5) - (2496,191 \times 0,25 \times 0,625) - (5005,216 \times 2,75 \times 1,375)$$

$$M_5 = 29054,21 \text{ kgm}$$

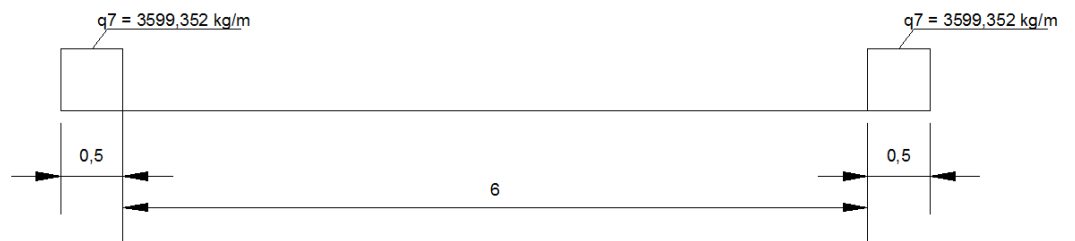


Gambar 4.20. Momen Akibat Beban Lajur "D"



Gambar 4.21. Gaya Geser Akibat Beban Lajur "D"

✚ Akibat muatan Hidup Trotoar

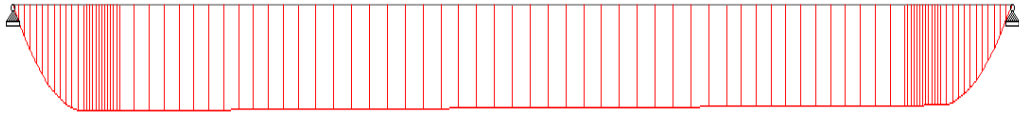


$$\begin{aligned} RA &= q_u \times L \\ &= 3599,352 \times 0,5 \\ &= 1799,676 \text{ kg} \end{aligned}$$

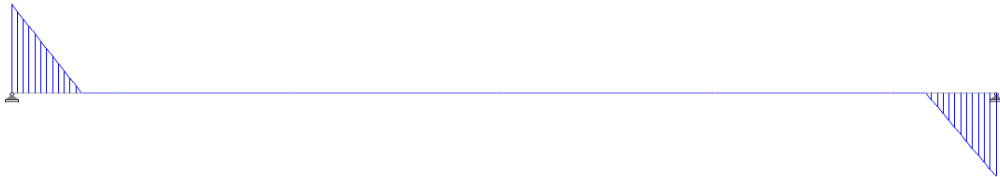
$$M_6 = (RA \times 3,5) - (q_7 \times 0,5 \times 3,25)$$

$$M_6 = (1799,676 \times 3,5) - (3599,344 \times 0,5 \times 3,25)$$

$$= 449,932 \text{ kgm}$$



Gambar 4.22. Momen Akibat Muatan Hidup Trotoar



Gambar 4.23. Gaya Geser Akibat Muatan Hidup Trotoar

Momen akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$M_{max}^u = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6$$

$$= 7315,874 + 16741,398 + 591,4 + 1815,75 + 29054,21 + 449,932$$

$$= 54152,814 \text{ kgm}$$

Gaya geser akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$V_{max}^u = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6$$

$$= 3765,039 + 15728,436 + 350 + 1422,237 + 13820,062 + 1799,676$$

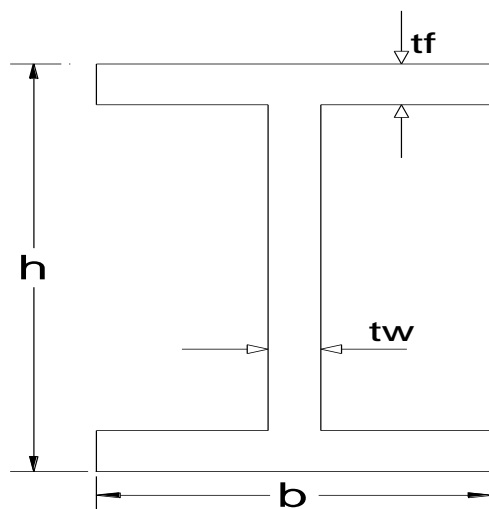
$$= 36885,45 \text{ kg}$$

4.7.3 Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

A. Penentuan dimensi gelagar melintang

Direncanakan profil baja WF 400 X 400 X 18 X 28 (*tabel profil baja WF berdasarkan metode LRFD dan SNI 03 – 1729 – 2002, Penerbit : ITS*)

Mutu baja BJ-50 dengan $f_y = 290 \text{ Mpa} = 2900 \text{ kg/m}^2$



$$W = 232 \text{ kg/m}$$

$$B = 405 \text{ mm}$$

$$r = 22 \text{ mm}$$

$$A = 294,4 \text{ cm}^2$$

$$H = 414 \text{ mm}$$

$$I_x = 92800 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 18 \text{ mm}$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4$$

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

$$Z_x = 4480 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 2900 \text{ cm}^3$$

Tahanan balok dalam desain LRFD harus memenuhi persamaan sebagai

berikut :

$$\phi M_u < \phi M_n \text{ (Sumber : RSNI T – 02 – 2005, halaman : 30)}$$

Dengan : $\phi = 0,90$

Mn = Tahanan momen nominal

Mu = Momen lentur akibat beban terfaktor

$$\begin{aligned}M_{u(\text{Profil WF})} &= \frac{1}{8} \cdot G \cdot l^2 \cdot \text{faktor beban (untuk baja = 1,1)} \\ &= \frac{1}{8} \cdot 232 \cdot 7,0^2 \cdot 1,1 \\ &= 1563,1 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u \text{ total} &= 1563,1 + 54152,814 \\ &= 55715,914 \text{ kgm} \\ &= 5571591,4 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

$$M_u = 5571591,4 \text{ kgcm}$$

Kontrol kelangsingan penampang (Berdasarkan RSNI T – 03 – 2005, hal 31)

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{405}{2 \times 28} = 7,23 \leq \lambda_f = 0,38x \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38x \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{290}} = 10,225 \dots \text{OK}$$

$$\lambda_w = \frac{b}{2t_w} = \frac{405}{2 \times 18} = 11,25 \leq \lambda_w = 1,76x \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76x \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{290}} = 47,361 \dots \text{OK}$$

Persyaratan penampang kompak (Berdasarkan RSNI T– 03 – 2005, hal 31) :

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\checkmark \lambda_f \leq \lambda_p = 7,23 < 10,225 \dots \text{OK}$$

$$\checkmark \lambda_w \leq \lambda_p = 11,25 < 47,361 \dots \text{OK}$$

Karena kontrol kelangsingannya memenuhi syarat, maka penampang dinyatakan kompak.

B. Desain balok komposit

✚ Perhitungan b_{eff}

$$L = 7 \text{ m} = 700 \text{ cm}$$

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

$$\leq \frac{1}{4} \times 700$$

$$\leq 175 \text{ cm} = 175 \text{ cm}$$

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

$$\leq 4,0 \text{ m}$$

$$\leq 400 \text{ cm}$$

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

$$\leq \left(\frac{1}{2} \times 4,0 + \frac{1}{2} \times 4,0 \right)$$

$$\leq 4,0 \text{ m} = 400 \text{ m}$$

Maka dipakai nilai b_{eff} yg terkecil yaitu 175 cm

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

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

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

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

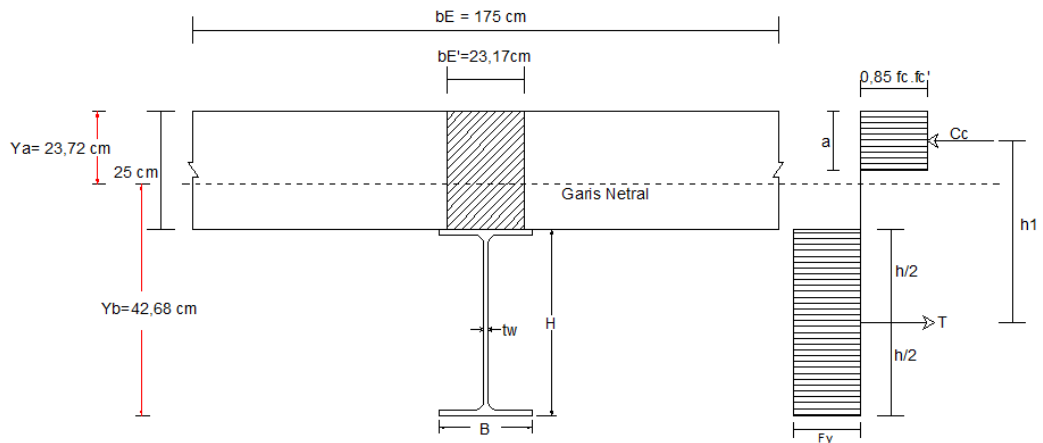
$$= 27805,57498$$

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

$$= 7,5524$$

$$\frac{beff}{n} = \frac{175}{7,5524}$$

$$= 23,17 \text{ cm}$$



Gambar 4.24. Penampang Komposit Gelagar Melintang

NO	Luas penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
1	Beton = 23,17 x 25 = 579,28	$\frac{25}{2} = 12,50$	7240,625
2	Baja = 295,4	$\frac{41,4}{2} + 25 = 45,7$	13499,78
	$\Sigma A = 874,65$		$\Sigma A.Y = 20740,405$

Diukur dari bagian atas plat

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

$$= \frac{20740,405}{874,712}$$

$$= 23,72 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 Y_b &= t + h - Y_a \\
 &= 25 + 41,4 - 23,712 \\
 &= 42,68 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

NO	A (cm ²)	Y (cm)	I _o (cm ⁴)	D (cm)	I _o + Ad ² (cm ⁴)
1	579,28	12,50	$\frac{1}{12} \times 23,17 \times 25^3$ = 30169,27	23,72-12,5 = 11,21	102996,6
2	295,4	45,7	92800	41,4-(50/2) = 21,98	235607,2
	Σ A =874,65				Σ I _x = 338603,8

Karena $Y_a = 23,72 \text{ cm} < \text{tebal plat beton (25 cm)}$ maka garis netral terletak pada plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya C = T, maka diperoleh :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_s}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot e} \\
 &= \frac{29540 \cdot 230}{0,85 \cdot 35 \cdot 175}
 \end{aligned}$$

$$= 221,28 \text{ mm} < \text{Tebal plat (tc)} = 250 \text{ mm}$$

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

✓ Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot E \\
 &= 0,85 \times 35 \times 221,28 \times 1750 \\
 &= 11520600 \text{ N}
 \end{aligned}$$

✓ Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned}T &= A_s \cdot f_y \\ &= 29540 \times 290 \\ &= 8566600 \text{ N}\end{aligned}$$

✚ Menghitung kuat lentur nominal balok komposit

$$\begin{aligned}M_n &= A_s \cdot f_y \left(\frac{d}{2} + t - \frac{a}{2} \right) \\ &= 8566600 \times \left(\frac{414}{2} + 250 - \frac{164,544}{2} \right) \\ &= 32120142581 \text{ Nmm} \\ &= 321201425,81 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

$$M_n \Phi = 321201425,81 \times 0,9 = 28891283,23 \text{ kgcm}$$

$$M_n \Phi = 28891283,23 \text{ kgcm} > M_u = 5571591,4 \text{ kgcm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

✚ Kontrol Geser

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \quad (\text{Sumber : RSNIT - 03 - 2005, halaman : 40}) \\ &= 0,6 \times 2900 \times ((41,4 - 2.1,8) \times 2,8) \\ &= 184161,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_n = 184161,6 \text{ kg} > V_u = 36885,45 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK}$$

✚ Kontrol Lendutan

$$L = 7 \text{ m} = 700 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}f_{ijm} &= \frac{1}{240} \cdot L \\ &= \frac{1}{240} \cdot 700 \\ &= 2,916 \text{ cm}\end{aligned}$$

f ada = (diambil dari analisa program stad pro 2007)

f ada = 27,06 mm 2,706 cm

Kontrol Lendutan

Fijin > fada

2,916 cm > 2,706 cm..... OK

✚ Perencanaan *Shear Conector*

Dipakai stud $\Phi = 19,05$ mm, $f_u = 350$ mpa, $h = 150$ mm

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{1}{4}\pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19,05^2 \\ &= 284,87 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

✚ Perhitungan Gaya Geser Horizontal (Vh)

$$\begin{aligned} V_h &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot E \\ &= 0,85 \times 35 \times 221,28 \times 231,7 \\ &= 1525327,44 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_h = C_{max} = 1525327,44 \text{ N}$$

✚ Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 29540 \times 290 \\ &= 8566600 \text{ N} \end{aligned}$$

$C_{max} = 1525327,44 \text{ N} < T_{max} = 8566600 \text{ N}$, maka gaya geser yang diambil adalah yang terkecil sehingga gaya geser yang dipikul oleh konektor geser adalah $1525327,44 \text{ N}$.

✚ Kekutan geser satu stuud (Q_n) :

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'_c \cdot E_c} \\ &= 0,5 \times 284,87 \times \sqrt{35 \times 27805,6} \\ &= 140513,12 \text{ N} \end{aligned}$$

✚ Jumlah stuud

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{V_h}{Q_n} = \frac{V_h}{A_{sc} \cdot f_u} \\ &= \frac{1525327,44}{140513,12} \\ &= 10,855 \text{ buah} = 14 \text{ buah (untuk } \frac{1}{2} \text{ bentang)} \end{aligned}$$

Untuk keseluruhan bentang dipasang 28 buah stud

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Jilid III, 1992 : 595)

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

✓ Jarak minimum longitudinal :

$$\begin{aligned} S_{min} &= 6 \times d = 6 \times 19,05 \\ &= 114,3 \text{ mm} \\ &= 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

- 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 :

$$\begin{aligned}
 4 \times d &= 4 \times 19,05 \\
 &= 76,2 \text{ mm} \\
 &= 10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

digunakan jarak 10 cm

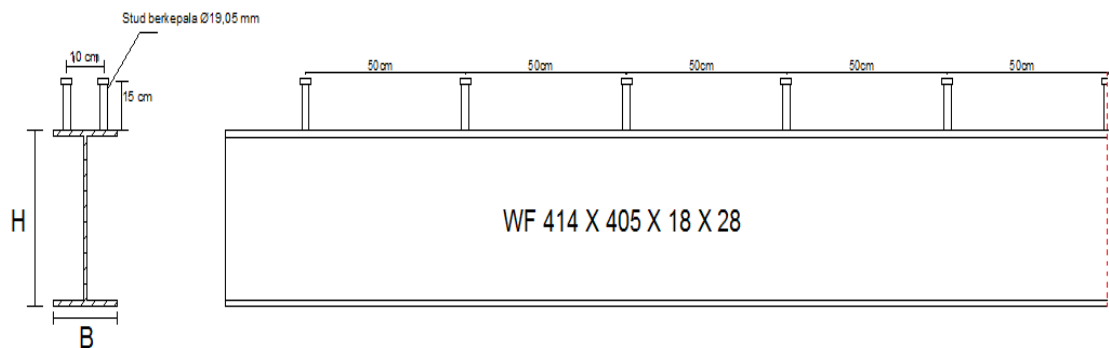
- Daerah lapangan

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

= 7 stud.

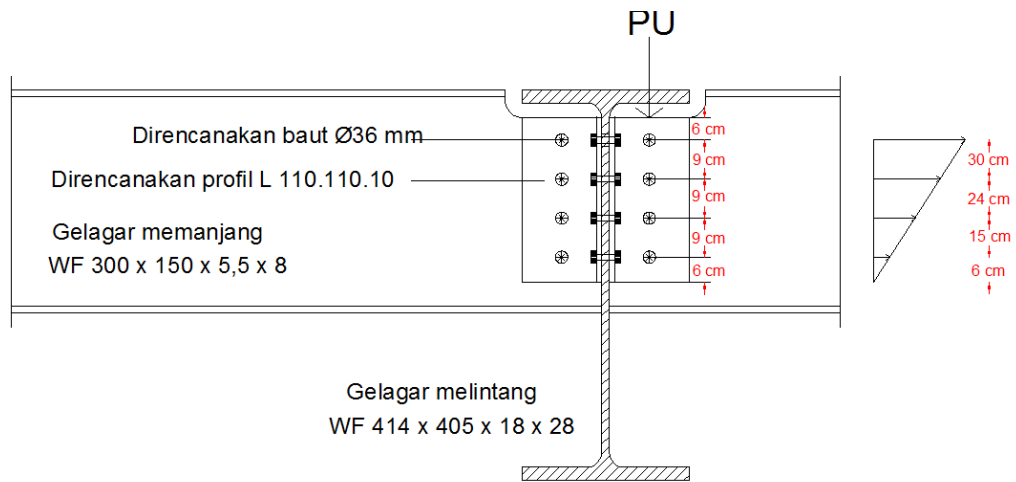
$$\text{Jarak antar stud } s = \frac{350}{7} = 50 \text{ cm}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid III, 1992 : 609*)



Gambar 4.25. Penghubung Geser Pada Gelagar Melintang

4.8 Perencanaan Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



Gambar 4.26. Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

- ✚ Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter nominal (d_f) = 36 mm. kekuatan tarik baut, $F_u^b = 1035 \text{ N/mm}^2$.
- ✚ $P_u = 7700,78 \text{ kg}$ (Diambil dari gaya geser gelagar memanjang tengah)
- ✚ $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_f^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 3,6^2$
 $= 10,1736 \text{ cm}$
- ✚ Sambungan irisan Ganda (pada gelagar 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, hal : 132)

$$\phi = \text{Faktor resistansi} = 0,65$$

$R_n =$ Kekuatan geser desain penyambung (kg)

$F_u^b =$ Kekuatan tarik baut = 10350 kg/cm²

$A_b =$ Luas penampang baut = 10,1736 cm

$m =$ Banyaknya bidang geser yang terlibat = 2

$$\begin{aligned}
\text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\
&= 0,65 \times (0,6 \times 10350) \times 2 \times 10,1736 \\
&= 82131,48 \text{ kg}
\end{aligned}$$

✓ 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 hal : 133)

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

R_n = Kekuatan tarik desain penyambung (kg)

$$\text{Maka } \phi R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b$$

$$= 0,75 \times (0,75 \times 10350) \times 10,1736$$

$$= 59229,428 \text{ kg}$$

✓ 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 hal : 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. 50, $F_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

t = Ketebalan profil disambung yang terkecil (diambil $t = 10\text{mm}$)

d = Diameter baut nominal = 3,6 cm

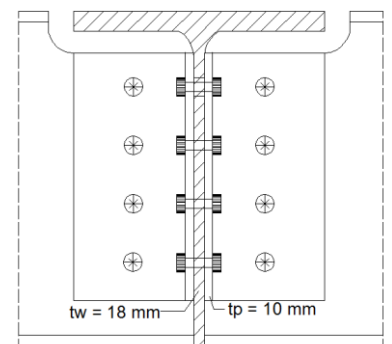
$$\text{Maka } \phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$= 0,75 \times (2,4 \times 3,6 \times 1,0 \times 5000)$$

$$= 32400 \text{ kg}$$

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

$$\phi R_n = 32400 \text{ kg}$$



- ✓ Jumlah baut untuk sambungan (n)

$$n = \frac{P_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{7700,78}{32400}$$

$$= 0,23 = 4 \text{ Buah baut/ baris}$$

- ✓ Jarak minimum dan maksimum baut

- Jarak Minimum

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

$$2,5 \cdot d_f = 2,5 \times 36 = 90 \text{ mm}$$

- Jarak maksimum

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

$$15 t_p = 15 \times 13 = 195 \text{ mm}$$

Diambil jarak minimum antara 90 mm ~ 195 mm = 90 mm

- Jarak tepi minimum

$$1,50 d_f = 1,50 \times 36 = 54 \text{ mm}$$

- 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.

Diambil jarak minimum antara 54 mm ~ 150 mm = 60 mm

- ✓ Ketebalan plat simpul yang digunakan

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$\geq \frac{7700,78 / 4}{0,75 \times 5000 \times 4} = 0,12 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung L 110 × 110 × 10, dengan tebal (t) = 1,0 cm

- ✓ Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung:

$$\phi_t R_{nt} \geq R_{ut}$$

(CG.Salmon J.E Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 199)

Dimana :

$$\phi_t \cdot R_{nt} = \text{Kekuatan geser desain} = 82131,473 \text{ kg}$$

$$R_{ut} = \text{Beban geser terfaktor baut} = R_{ut} = \frac{P_u}{\sum n} \text{ (kg)}$$

$$\phi_t R_{nt} \geq \frac{P_u}{\sum n}$$

$$82131,473 \text{ kg} \geq \frac{7700,78}{8}$$

$$82131,473 \text{ kg} \geq 962,598 \text{ kg} \dots\dots\dots\text{OK}$$

- ✚ Sambungan irisan ganda (pada gelagar memanjang)

- ✓ 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, hal : 132)

ϕ = Faktor resistansi = 0,65

Rn = Kekuatan geser desain penyambung (kg)

F_u^b = Kekuatan tarik baut = 10350 kg/cm²

A_b = Luas penampang baut = 10,1736 cm

m = Banyaknya bidang geser yang terlibat = 2

$$\begin{aligned}\text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot 2 \cdot A_b \\ &= 0,65 \times (0,6 \times 10350) \times 2 \times 10,1736 \\ &= 82131,473 \text{ kg}\end{aligned}$$

✓ 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 hal : 133)

ϕ = Faktor resistensi = 0,75

Rnt = Kekuatan tarik desain penyambung (kg)

$$\begin{aligned}\text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \times (0,75 \times 10350) \times 10,1736 \\ &= 59229,428 \text{ kg}\end{aligned}$$

✓ 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 hal : 134)

ϕ = Faktor resistensi = 0,75

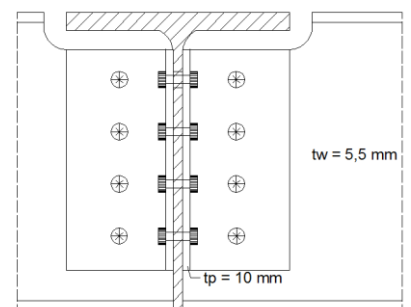
Rn = Kekuatan desain tumpu baut (kg)

F_u = Kekuatan tarik baja yang membentuk bagian yang disambung (Dipakai Baja Bj. 50, $F_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

t = Ketebalan profil disambung yang terkecil (digunakan profil WF gelagar memanjang = 5,5 mm)

d = Diameter baut nominal = 3,6 cm

$$\begin{aligned}\text{Maka } \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 3,6 \times 0,55 \times 5000) \\ &= 17820 \text{ kg}\end{aligned}$$



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

$$\phi R_n = 17820 \text{ kg}$$

- ✓ Jumlah baut untuk sambungan (n)

$$n = \frac{P_u}{\phi \cdot R_n}$$
$$= \frac{7700,78}{17820}$$

$$= 0,433 = 4 \text{ Buah baut}$$

- ✓ Jarak minimum dan maksimum baut

- Jarak Minimum

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

$$2,5 \cdot d_f = 2,5 \times 36 = 90 \text{ mm}$$

- Jarak maksimum

Jarak maksimum antara pusat pengencang harus nilai terkecil dari 15

t_p (di mana t_p adalah tebal pelat lapis tertipis didalam sambungan) atau

200 mm

$$15 t_p = 15 \times 5 = 75 \text{ mm}$$

Diambil jarak minimum antara $75 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$

- Jarak tepi minimum

$$1,50 d_f = 1,50 \times 36 = 54 \text{ mm}$$

- 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.

Diambil jarak minimum antara 54 mm ~ 150 mm = 60 mm

- Ketebalan plat simpul yang digunakan

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$\geq \frac{7700,78 / 4}{0,75 \times 5000 \times 4} = 0,1283 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung L 110 × 110 × 10

- Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung:

$$\phi_t R_{nt} \geq R_{ut}$$

(CG.Salmon J.E Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 199)

Dimana :

$$\phi_t \cdot R_{nt} = \text{Kekuatan geser desain} = 82131,473 \text{ kg}$$

$$R_{ut} = \text{Beban geser terfaktor baut} = R_{ut} = \frac{P_u}{\sum n} \text{ (kg)}$$

$$\phi_t R_{nt} \geq \frac{P_u}{\sum n}$$

$$82131,473 \text{ kg} \geq \frac{7700,78}{4}$$

$$82131,473 \text{ kg} \geq 1925,195 \text{ kg} \dots\dots\dots\text{OK}$$

4.9 Perencanaan Gelagar Induk

4.9.1 Perhitungan pembebanan

A. Beban mati

- ✚ Berat sendiri gelagar induk (faktor beban = 1,1)

$$\begin{aligned}G_1 &= (20 + 3 \cdot L) \cdot B \cdot L \\ &= (20 + 3 \times 40) \times 7 \times 40 \times 1,1 = 43120 \text{ kg}\end{aligned}$$

- ✚ Berat sendiri gelagar memanjang, (faktor beban = 1,1)

Dipakai profil WF 300.150.5,5.8 ($G = 32 \text{ kg/m}$)

$$\begin{aligned}G_2 &= (n \times G \times L \times 1,1) \quad n = \text{jumlah gelagar memanjang} \\ &= (5 \times 32 \times 40 \times 1,1) \\ &= 7040 \text{ kg}\end{aligned}$$

- ✚ Berat sendiri gelagar melintang, (faktor beban = 1,1)

Dipakai profil WF 500.200.10.16 ($G = 89,7 \text{ kg/m}$)

$$\begin{aligned}G_3 &= (n \times G \times L \times 1,1) \quad n = \text{jumlah gelagar melintang} \\ &= (11 \times 89,7 \times 7 \times 1,1) \\ &= 7597,59 \text{ kg}\end{aligned}$$

- ✚ Berat lantai kendaraan (faktor beban = 1,3)

Tebal (t) = 2,5 mm = 0,25 cm

$$\begin{aligned}G_4 &= (t \times b \times L \times q \times 1,3) \\ &= (0,25 \times 6 \times 40 \times 2400 \times 1,3) \\ &= 187200 \text{ kg}\end{aligned}$$

- ✚ Berat lantai trotoir (faktor beban = 1,3)

Tebal (t) = 5,5 mm = 0,55 cm

$$G_5 = (t \times 2b \times q \times L \times 1,3)$$

$$= (0,55 \times (2 \times 0,5) \times 2400 \times 40 \times 1,3) = 68640 \text{ kg}$$

✚ 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

$$\begin{aligned} G_6 &= (q_u \times n \times L \times 1,1) \times 2 \\ &= (5,08 \times 2 \times 40 \times 1,1) \times 2 \\ &= 894,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Berat sendiri ikatan angin atas, (faktor beban = 1,1)

$$\begin{aligned} G_7 &= (n \cdot a) \times L \times a \\ &= (8 \times 7) \times 40 \times 7 \times 1,1 = 17248 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Berat sendiri ikatan angin bawah, (faktor beban = 1,1)

$$\begin{aligned} G_8 &= (n \times a) \times L \times a \\ &= (10 \times 7) \times 40 \times 7 \times 1,1 = 21560 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Berat sendiri aspal, (faktor beban = 1,3)

$$\begin{aligned} G_9 &= (t \times b \times L \times q) \\ &= (0,05 \times 6) \times 40 \times 2240 \times 1,3 = 34944 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi berat total :

$$\begin{aligned} G^u_{\text{total}} &= G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7 + G_8 + G_9 \\ &= 43120 + 7040 + 7597,59 + 187200 + 68640 + 894,08 + \\ &\quad 17248 + 21560 + 34944 \\ &= 388243,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

$$G = \frac{G_{\text{total}}}{2} = \frac{388243,67}{2} = 194121,835 \text{ kg}$$

✚ Beban mati ,yang diterima tiap titik buhul :

$$P_1 = \frac{G}{10} = \frac{194121,835}{10} = 19412,1835 \text{ kg}$$

✚ Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi :

$$P_2 = \frac{P_1}{2} = \frac{19412,835}{2} = 9706,09 \text{ kg}$$

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) = 40 m, maka intensitas beban terbagi rata dapat dihitung menggunakan rumus dengan factor beban (1,8) sebagai berikut :

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

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{40}\right) kpa$$

$$q = 7,87 kPa = 787 \text{ kg} / m^2$$

$$\text{Beban } 100 \% , q = \frac{787}{2,75} \times 5,5 \times 1,8 \times 100\%$$

$$= 2833,2 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban } 50 \% , q &= \frac{787}{2,75} \times 2 \times 0,25 \times 1,8 \times 50\% \\ &= 64,39 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Maka:

- Beban yang diterima gelagar induk sepanjang $L = 40 \text{ m}$ adalah :

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{(q_{100\%} + q_{50\%})}{\Sigma \text{titikbuhul}} \times L \\ &= \frac{(2833,2 + 64,39)}{2} \times 40 \\ &= 57951,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban hidup yang diterima tiap titik buhul tengah

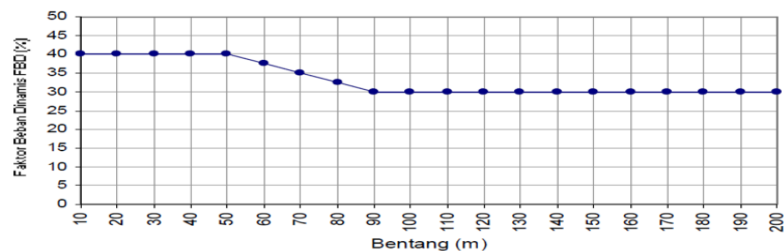
$$Q_u = \frac{Q_t}{\Sigma \text{titik buhul}} = \frac{57951,8}{9} = 6439,08 \text{ kg}$$

- Beban hidup yang diterima tiap titik buhul tepi

$$Q_u = \frac{Q_u}{2} = \frac{6439,08}{2} = 3219,54 \text{ kg}$$

✓ 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 $L = 40 \text{ m}$, dapat diperoleh dari grafik FBD berikut ini.



Berdasarkan grafik tersebut diatas, maka besarnya nilai FBD untuk panjang bentang (L) = 40 m adalah = 0,4.

$$K = 1 + \text{FBD}$$

$$= 1 + 0,4 = 1,4$$

- Beban garis P = 4900 kg/m

$$P^u = 4900 \times 1,8 = 8820 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u (100\%) = \frac{8820}{2,75} \times 5,5 \times 1,4 \times 100\% = 24696,000 \text{ kg}$$

$$P_1^u (50\%) = \frac{8820}{2,75} \times 2 \times 0,25 \times 1,4 \times 50\% = 1122,545 \text{ kg}$$

- Beban hidup yang diterima Gelagar Induk :

$$P_t = \frac{P_1^u + P_2^u}{\Sigma \text{titikbuhul}} \times L$$

$$= \frac{24696 + 1122,545}{2} \times 50$$

$$= 645463,625 \text{ kg}$$

- Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$P_u = \frac{P_t}{\Sigma \text{titikbuhultengah}}$$

$$= \frac{645463,625}{11}$$

$$= 58678,511 \text{ kg}$$

- Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tepi :

$$P_u = \frac{P_u}{\Sigma \text{titikbuhultengah}}$$

$$= \frac{58678,511}{2}$$

$$= 29339,256 \text{ kg}$$

- Beban terpusat total akibat beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$P_{\text{tengah}} = 6439,08 + 58678,511$$

$$= 65117,591 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tepi}} = \frac{65117,591}{2}$$

$$= 32558,7955 \text{ kg}$$

🚦 Beban hidup trotoar

Berdasarkan SNI T 02-2005, hal 27. Beban hidup trotoir diambil sebesar 5 kPa = 500 kg/m² dengan faktor beban sebesar 1,8.

$$\checkmark P = 500 \times 2 \times 0,5 \times 40 \times 1,8$$

$$= 36000 \text{ kg}$$

- ✓ Beban hidup trotoar yg dipikul oleh tiap gelagar induk:

$$P_t = \frac{P_{\text{total}}}{2} \quad (2 = \text{jumlah gelagar induk})$$

$$= \frac{36000}{2}$$

$$= 18000 \text{ kg}$$

- ✓ Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$P_u = \frac{P_{tl}}{10}$$

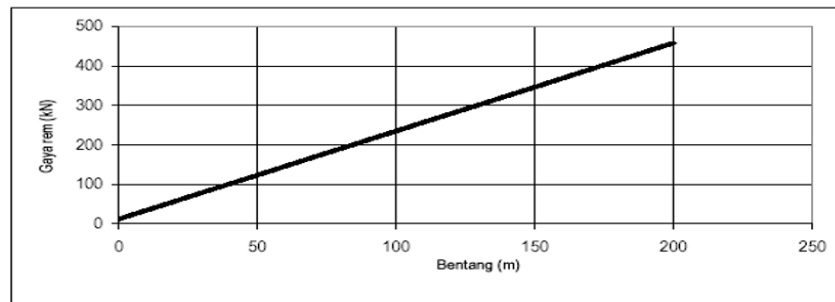
$$= \frac{18000}{10} = 1800 \text{ kg}$$

✓ Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tepi :

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{P_d}{2} \\ &= \frac{1800}{2} \\ &= 900 \text{ kg} \end{aligned}$$

🚦 Gaya rem

Berdasarkan RSNI T – 02 – 2005 halaman 26, besarnya nilai gaya rem tergantung pada panjang bentang jembatan (L) dengan faktor beban 1,8.



Berdasarkan grafik diatas, untuk jembatan dengan bentang $L = 40 \text{ m}$, maka gaya rem sebesar $= 100 \text{ kN} = 10000 \text{ kg}$.

– Gaya rem yang dipikul tiap gelagar induk :

$$\begin{aligned} P_R &= \frac{P}{2} \times 1,8 \\ &= \left(\frac{10000}{2} \right) \times 1,8 \\ &= 9000 \text{ kg} \end{aligned}$$

– Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned} P_1^u &= \frac{P_R}{10} \\ &= \frac{9000}{10} = 900 \text{ kg} \end{aligned}$$

– Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tepi :

$$P_2^u = \frac{P_1^u}{2}$$

$$= \frac{900}{2}$$

$$= 450 \text{ kg}$$

✚ Beban Angin

Pada sisi kendaraan yang terkena angina

$$T_{ew2} = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b$$

Dimana :

V_w = Kecepatan angin rencana (m/dt) untuk keadaan batas yang ditinjau .(30 m/dtk)

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, karena jembatan rangka luas ekuivalen dianggap 30% dari luas yang dibatasi oleh batang-batang terluar.

Beban angin jembatan tergantung pada kecepatan angin rencana :

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

- Lendutan Gelagar induk

f_{ada} = (diambil dari analisa program stad pro 2007)

$$f_{ada} = 19,25 \text{ mm}$$

$$L = 40\text{m} = 4000\text{cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{800}$$

$$\frac{4000}{800}$$

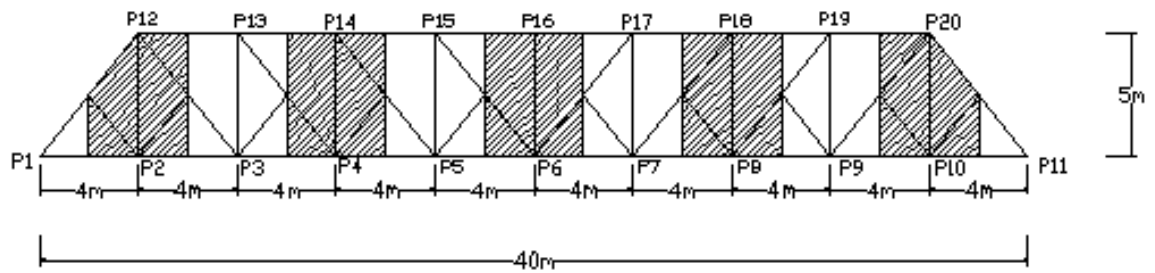
$$= 5 \text{ cm}$$

Kontrol :

$$F_{\text{ijin}} > F_{\text{ada}}$$

$$5 \text{ cm} > 4,6958 \text{ cm} \dots\dots \text{Aman}$$

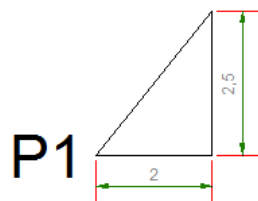
Luas beban tekanan angin :



Gambar 4.27. Luas Beban Yang Terkena Angin

Gaya yang terjadi pada setiap titik :

- Titik P₁

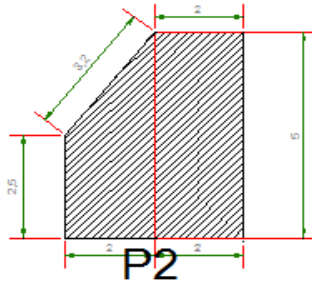


$$P_1 = P_{11} = \text{Luas daerah A}$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \times 2,5$$

$$= 2,5 \text{ m}^2$$

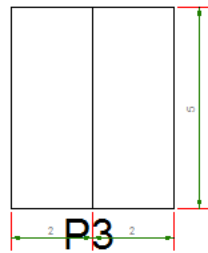
- Titik P₂



$P_2 = P_{12} = P_{10} = P_{20} = \text{Luas daerah B}$

$$= \left(\frac{(2,5 + 5)}{2} \times 2 \right) + (2 \times 5) = 17,5 \text{ m}^2$$

- Titik P₃



$P_3 = P_{13} = P_4 = P_{14} = P_5 = P_{15} = P_6 = P_{16} = P_7 = P_{17} = P_8 = P_{18} = P_9 =$

$P_{19} = \text{Luas daerah C}$

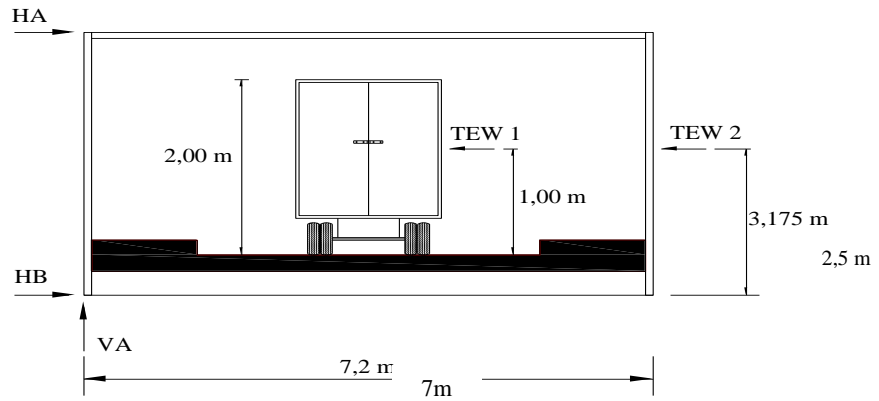
$$= 4 \times 5$$

$$= 20 \text{ m}^2$$

Tabel 4.2 Luas bidang terkena angin

AREA	LUAS (M²)	AREA	LUAS (M²)
P ₁	2,500	P ₁₁	2,500
P ₂	17,5	P ₁₂	17,5
P ₃	20	P ₁₃	20
P ₄	20	P ₁₄	20
P ₅	20	P ₁₅	20
P ₆	20	P ₁₆	20
P ₇	20	P ₁₇	20
P ₈	20	P ₁₈	20
P ₉	20	P ₁₉	20
P ₁₀	17,5	P ₂₀	17,5

- Total luas bidang (Ab) yang terkena angin adalah 355 m²
- Luas bidang (Ab) = 355 m² × 30%
= 106,5 m²
- $Tew_1 = 0.0012 \times Cw \times (Vw)^2 \times Ab$
= 0.0012 × 1,2 × (30)² × 106,5
= 138,024 kN
= 13802,4 kg



Gambar 4.28. Rangka yang Terkena Angin

Pada sisi rangka yang terkena angin

$$\begin{aligned}
 - \text{Tew}_2 &= 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \\
 &= 0.0006 \times 1,2 \times (30)^2 \times 106,5 \\
 &= 69,012 \text{ kN} \\
 &= 6901,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban angin yang diterima oleh gelagar induk :

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \\
 R_A \times b - \text{T}_{EW1} \times a_1 - \text{T}_{EW2} \times a_2 &= 0 \\
 R_A \times 7 - 13802,4 \times 1 - 6901,2 \times 2,5 &= 0 \\
 R_A &= \frac{(13802,4 \times 1) + (6901,2 \times 2,5)}{7} \\
 &= \frac{31055,4}{7} = 4436,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban angin yang diterima tiap titik buhul tengah :

$$P_t = \frac{R_A}{\Sigma \text{titik buhul}} = \frac{4436,48}{10} = 443,65 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tepi (ujung):

$$P_u = \frac{P_t}{2} = \frac{443,65}{2} = 221,825 \text{ kg}$$

a) Beban angin yang diterima ikatan angin atas

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_B &= 0 \\
 (H_A \times 5) - (\text{T}_{EW1} \times 1) - (\text{T}_{EW2} \times 2,5) \\
 (H_A \times 5) - (13802,4 \times 1) - (6901,2 \times 2,5)
 \end{aligned}$$

$$H_A = \frac{31055,4}{5} = 6211,08 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tengah :

$$P_{At} = \frac{H_A}{\Sigma \text{ titik buhul}} = \frac{6211,08}{8} = 776,385 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tepi :

$$P_{Au} = \frac{P_{At}}{2} = \frac{776,385}{2} = 388,192 \text{ kg}$$

b) Beban angin yang diterima ikatan angin bawah

$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + H_B - T_{EW1} - T_{EW2} = 0$$

$$6211,08 + H_B - 13802,4 - 6901,2 = 0$$

$$H_B = 14492,52 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tengah :

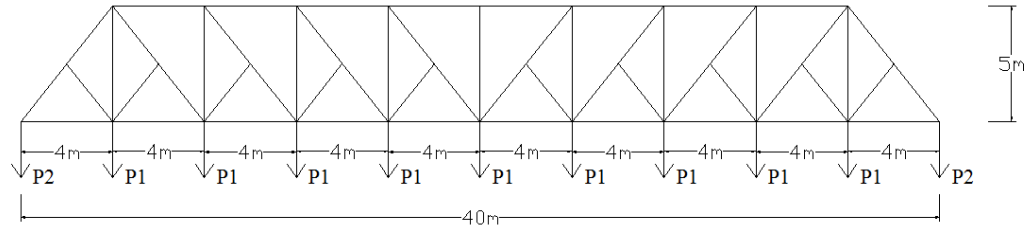
$$P_{At} = \frac{H_b}{\Sigma \text{ titik buhul}} = \frac{14492,52}{10} = 1449,252 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul ujung :

$$P_{Au} = \frac{P_{At}}{2} = \frac{1449,252}{2} = 724,626 \text{ kg}$$

4.9.2 Perhitungan Statika

A. Skema pembebanan akibat beban mati

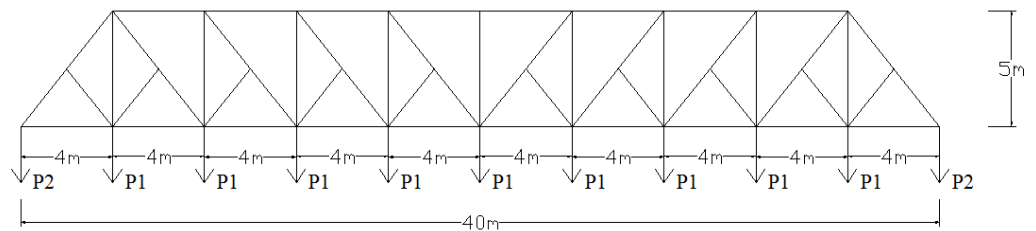


$$P_{1(\text{tengah})} = 19412,1835 \text{ kg}$$

$$P_{2(\text{tepi})} = 9706,09 \text{ kg}$$

B. Skema pembebanan akibat beban hidup

🚧 Akibat beban lajur D

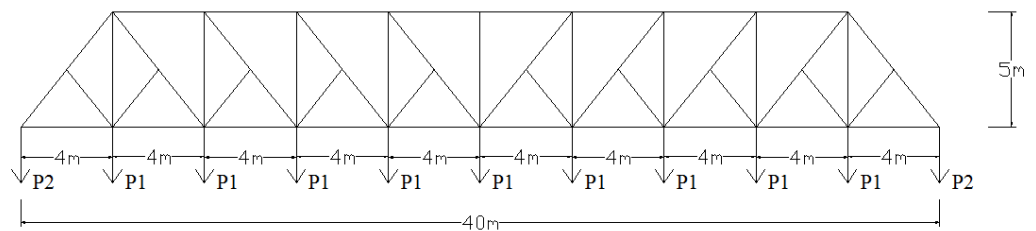


$$P_{1(\text{tengah})} = 6439,08 \text{ kg}$$

$$P_{2(\text{tepi})} = 3219,54 \text{ kg}$$

C. Skema pembebanan akibat beban Garis

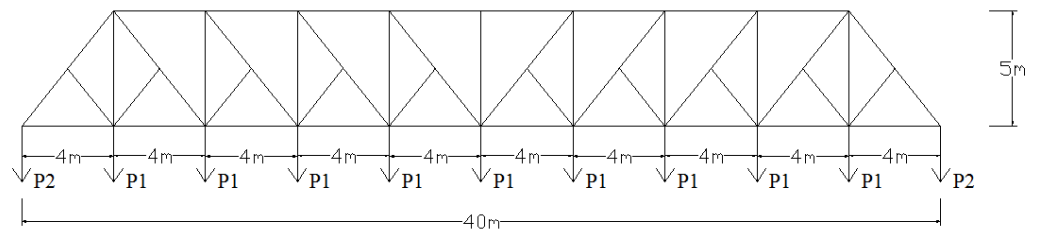
🚧 Akibat Garis



$$P_{1(\text{tengah})} = 65117,591 \text{ kg}$$

$$P_{2(\text{tepi})} = 32558,7955 \text{ kg}$$

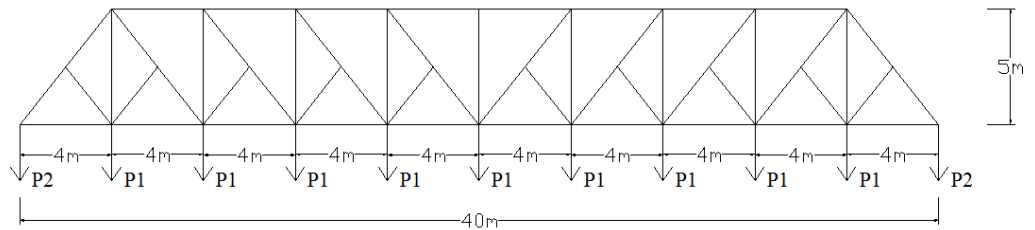
✚ Akibat beban hidup trotoar



$$P_{1(\text{tengah})} = 1800 \text{ kg}$$

$$P_{2(\text{tepi})} = 900 \text{ kg}$$

✚ Akibat gaya rem

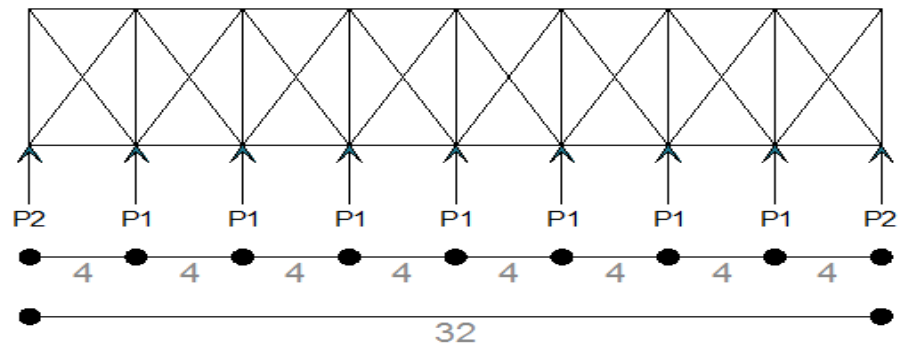


$$P_{1(\text{tengah})} = 900 \text{ kg}$$

$$P_{2(\text{tepi})} = 450 \text{ kg}$$

✚ Akibat beban angin

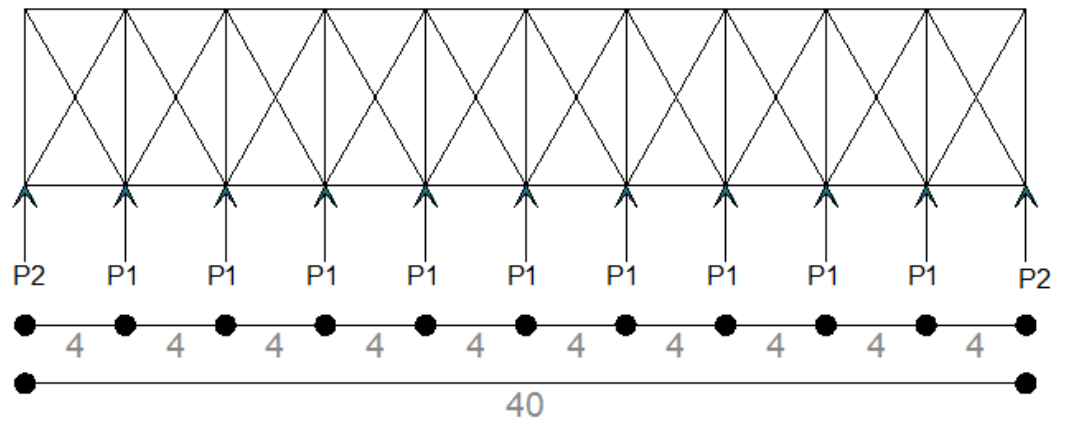
✓ Akibat beban angin atas



$$P_{1(\text{tengah})} = 776,385 \text{ kg}$$

$$P_{2(\text{tepi})} = 388,192 \text{ kg}$$

✓ Akibat beban angin bawah



$$P_{1(\text{tengah})} = 1449,252 \text{ kg}$$

$$P_{2(\text{tepi})} = 724,626 \text{ kg}$$

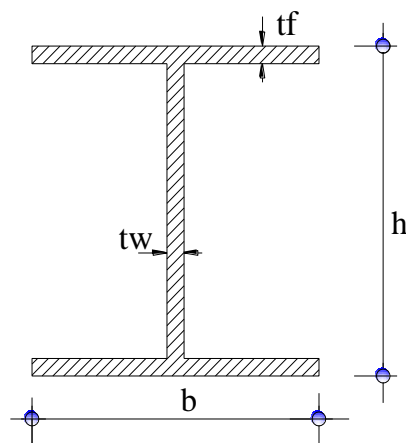
4.10 Perencanaan Dimensi Profil Gelagar Induk

4.10.1 Perhitungan dimensi batang (Tekan /Compression)

❖ Batang nomor 552 (Tekan /Compression)



Dimensi Batang Profil WF 400 x 408 x 21 x 21



Gambar 4.29. Profil WF 400 x 408 x 21 x 21

Factor beban untuk baja = 1.10

$A = 197 \text{ cm}^2$ $H = 400 \text{ mm}$ $B = 408 \text{ mm}$

$I_x = 70900 \text{ cm}^4$ $tw = 21 \text{ mm}$

$I_y = 26200 \text{ cm}^4$ $tf = 21 \text{ mm}$

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarka LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

Dimana :

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

P_n = kekuatan nominal batang tekan

P_u = beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

(CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, 1992 : 342)

Dari hasil analisa STAAD PRO 2007 didapat gaya aksial terfaktor

$$P_u = 431966,01 \text{ kg}$$

➤ Menghitung radius girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}}$$

$$= \sqrt{\frac{70900}{197.000}}$$

$$= 18.971 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$= \sqrt{\frac{23800}{197.000}}$$

$$= 10.991 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}} \\ &= \frac{1 \times 400}{10.991} \times \sqrt{\frac{2900}{3.14^2 \times 2100000}} \\ &= 0.431 \text{ cm cm}\end{aligned}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992
hal. 338)

Dimana :

$\frac{K.L}{r}$	= rasio kerampingan efektif
K	= factor panjang efektif sendi- sendi = 1
L	= panjang batang yang ditinjau (cm)
ry	= radius girasi arah sumbu y
rx	= radius girasi arah sumbu x
Fy	= 2900 kg/cm ²
I	= momen inersia
Es	= modulus elastisitas baja 2,1 x 10 ⁶ kg/cm ² = 2,1 x 10 ⁵ Mpa

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr) (plastis)

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

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{(0,431^2)}) \times 2900$$

$$F_{cr} = 2683,06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka : } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$0.85 \times 2683,06 \times 197 = 449278,397$$

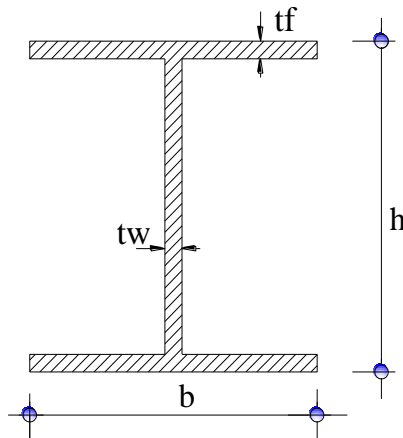
$$449278,397 \geq 431966,01 \dots \dots \dots \text{Profil aman} \dots \dots \dots$$

4.10.2 Perencanaan Dimensi Batang Tarik (Tension)

1. Batang no 560 (Tension)



Dimensi batang profil WF 400 x 408 x 21 x 21



Gambar 4.30. Profil WF 400 x 408 x 21 x 21

Factor beban untuk baja = 1.10

$$A = 197 \text{ cm}^2 \qquad H = 400 \text{ mm} \qquad B = 408 \text{ mm}$$

$$I_x = 70900 \text{ cm}^4 \qquad tw = 21 \text{ mm}$$

$$I_y = 26200 \text{ cm}^4 \qquad tf = 21 \text{ mm}$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_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 STAAD PRO 2007 didapat gaya aksial terfaktor

$$T_u = 336818,6 \text{ kg}$$

➤ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau

$$r = \text{radius girasi terkecil } r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I,

1992 hal. 92)

Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{70900}{197.000}} \\ &= 18,971 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{26200}{197}} \\ &= 11,532 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

$$= \frac{400}{11,532}$$

$$= 34,685 \leq 300$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

➤ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diameter 7/8 inchi = 2,22 cm

Diameter lubang (db) = 2,222 cm + 0,1 = 2,322 cm

Luas nominal plat :

$$A_n = A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens})$$

$$= 197 - (2.322 \times 1.10)$$

$$= 194,4 \text{ cm}^2$$

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
hal. 86)

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$A_c = U \cdot A_n$$

$$= 0.85 \times 194,4$$

$$= 165,27 \text{ cm}^2$$

➤ Kontrol kekuatan desain

- **Didasarkan pada pelepasan 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 :

φ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan (0.90)

F_y = Tegangan leleh baja = 2900 kg/cm²

A_g = Luas penampang bruto

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0.90 \times 2900 \times 197.000 \geq 336818,6$$

$$514170 \text{ kg} \geq 336818,6 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots \text{Profil Aman} \dots\dots\dots$$

- **Didasarkan pada retakan penampang bersih :**

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_t \cdot A_c = 0.75 \times F_u \cdot A_c$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

φ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan (0.75)

F_u = Kekuatan tarik baja struktur = 5000 kg/cm²

A_c = Luas bersih efektif antar batang tarik

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_c \geq T_u$$

$$0.75 \times 5000 \times 162,916 \geq 336818,6$$

$$610935,375 \text{ kg} \geq 336818,6 \text{ kg}$$

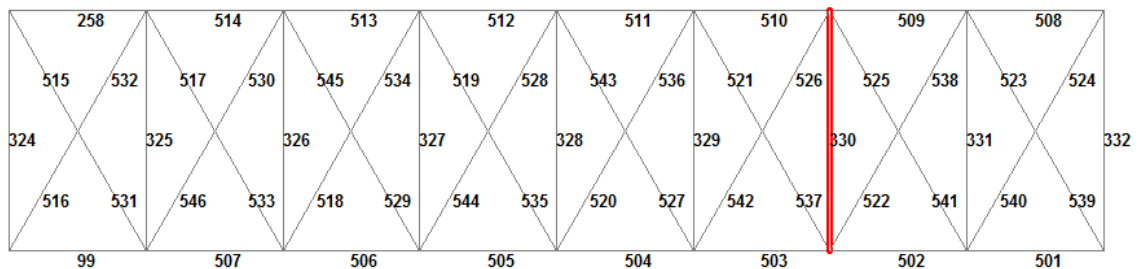
dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang

lebih kecil yaitu :

$$514170 \text{ kg} \geq 336818,6 \text{ kg} \dots\dots (\text{Profil aman}) \dots\dots \text{Ok}$$

4.11 Perencanaan Dimensi Ikatan Angin

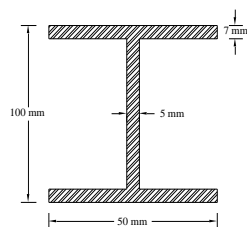
4.11.1 Perencanaan Dimensi Batang Vertikal



Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terbesar pada batang 320

yaitu $P_u = 9653,97 \text{ kg}$

Dimensi batang digunakan profil WF 200 x 200 x 8 x 12



$$A = 49,9 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 4720 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1600 \text{ cm}^4$$

$$L = 700 \text{ cm}$$

Gambar 4.31. Profil WF 200 x 200 x 8 x 12

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

a. Menghitung Radius Girasi (r)

(CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 hal : 92)

Dimana:

I_x = Momen inersia arah x (cm^3)

I_y = Momen inersia arah y (cm^3)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^3)

r_x = Radius girasi arah x

r_y = Radius girasi arah y

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{4720}{63,53}} = 8,61 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{1600}{63,53}} = 5,02 \text{ cm}$$

b. Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}} \quad (\text{CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal$$

: 338)

Dimana :

K = Faktor panjang efektif = 0,5

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm)

F_y = Tegangan leleh baja = 2900 kg/cm²

E = Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6$ kg/cm²)

λ_c = Parameter kerampingan

r = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{0,5 \times 700}{6,353} \sqrt{\frac{2900}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 0,65 \text{ cm}$$

c. Menghitung tegangan Kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \Rightarrow F_{cr} = \left[\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right] \times F_y$$

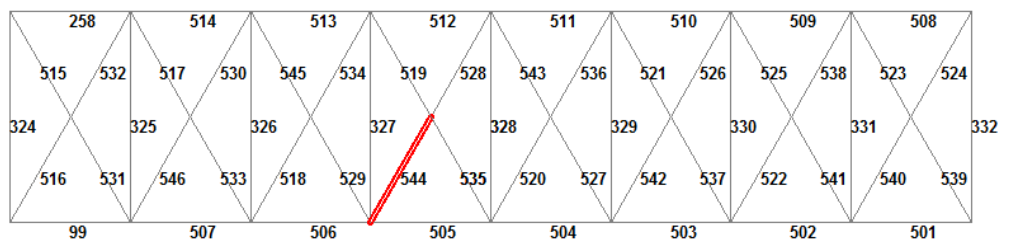
$$F_{cr} = \left[\frac{0,887}{0,65^2} \right] \times 2900 = 6088,28 \text{ kg/cm}^2$$

Maka : $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$0,85 \times 6088,28 \times 63,53 \geq 9653,97\text{kg}$

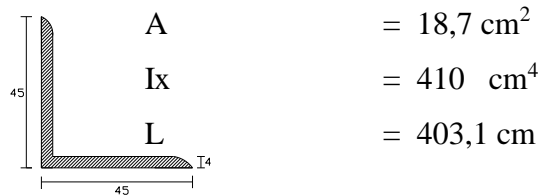
$328770,16 \text{ kg} \geq 9653,97\text{kg} \dots\dots\dots (\text{Profil aman})$

4.11.2 Perencanaan Dimensi Batang Diagonal (Tekan)



Dari hasil analisa STAAD.Pro didapat gaya aksial tarik terbesar pada batang 544 yaitu $P_u = 7926,64 \text{ kg}$

Dimensi batang digunakan profil L 120 x 120 x 8



Gambar 4.32. Profil Siku L 120.120.8

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

a. Menghitung Radius Girasi (r)

(CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 hal : 92)

Dimana:

- I_x = Momen inersia arah x (cm³)
- I_y = Momen inersia arah y (cm³)
- A_g = luas bruto penampang lintang (cm³)
- r_x = Radius girasi arah x

r_y = Radius girasi arah y

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{410}{18,76}} = 4,67 \text{ cm}$$

b. Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}} \quad (\text{CG.Salmon JE,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal$$

: 338)

Dimana :

K = Faktor panjang efektif = 0,5

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm)

F_y = Tegangan leleh baja = 2900 kg/cm²

E = Modulus elastisitas baja (2,1 x 10⁶ kg/cm²)

λ_c = Parameter kerampingan

r = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{0,5 \times 403,1}{4,67} \sqrt{\frac{2900}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 0,52 \text{ cm}$$

c. Menghitung Tegangan Kritis Penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \Rightarrow F_{cr} = \left[\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right] \times F_y$$

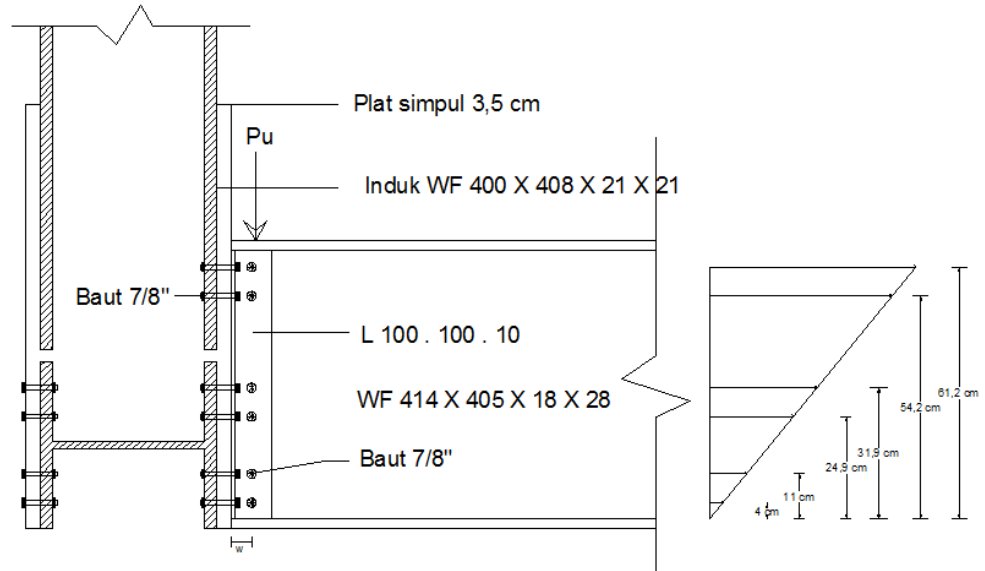
$$F_{cr} = \left[\frac{0,887}{0,52^2} \right] \times 2900 = 9512,94 \text{ kg/cm}^2$$

Maka : $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$$0,85 \times 9512,94 \times 18,7 \geq 7926,64 \text{ kg}$$

$$151208,18 \text{ kg} \geq 7926,64 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{Profil aman})$$

4.12 Perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Melintang



Gambar 4.33. Sambungan Gelagar Induk dan gelagar Melintang

✚ Direncanakan menggunakan baut A490 Ø 7/8"

$$\text{Ø Baut} = 7/8'' = 2,222 \text{ cm}$$

$$\text{Ø lubang (db)} = 2,222 + 0,1 = 2,322 \text{ cm}$$

$$F_u^b = \text{kuat tarik bahan baut} = 150 \text{ Ksi} = 1034,25 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ Ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = \text{Tegangan putus minimum} = 500 \text{ Mpa, Bj 50}$$

$$Luas Ab = \frac{1}{4} \times \eta \times 22,22^2 = 387,577 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan profil L 100.100.10 untuk irisan Tunggal dan Ganda.

✚ Besarnya gaya geser yang bekerja pada gelagar (Pu)

$$P_u = 36885,45 \text{ kg (Vu Total gelagar melintang)}$$

4.12.1 Sambungan irisan Ganda (melintang)

✓ **Kekuatan tarik desain baut**

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132)

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(0,75.Fu^b).Ab \\ &= 0,75.(0,75.1034,25).387,577 \\ &= 225478,976N \\ &= 22547,8976 kg\end{aligned}$$

✓ **Kekuatan geser desain baut**

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132)

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan ganda, sehingga $m = 2$

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(0,60.Fu^b).m.Ab \\ &= 0,65.(0,60.1034,25).2.387,577 \\ &= 312682,73N \\ &= 31268,273 kg\end{aligned}$$

✓ **Kekuatan tumpu desain baut**

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu ($t_w = 1,8 \text{ cm}$).

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(2,4.d.t.Fu^p) \\ &= 0,75.(2,4.22,22.18.500) \\ &= 359964 \text{ N} \\ &= 35996,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

✓ **Kekuatan nominal**

$$\begin{aligned}Tn &= 0,60.Fy.A_{ug} \\ &= 0,60 \times 2900.(1,8.(40 - 2 \times 2,8)) \\ &= 107740,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$Tn. \phi = 107740,8 \cdot 0,9 = 96966,72 \text{ kg} > Pu = 36885,45 \text{ kg}$$

A_{ug} = Luas badan gelagar yang bersangkutan

✓ **Momen ultimit**

$$\begin{aligned}Mu &= Pu \cdot w \\ &= 36885,45 \cdot 5,5 \\ &= 202869,975 \text{ kg}\end{aligned}$$

✓ **Jarak Baut :**

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 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

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 202869,975}{22547,8976 \times 7}}$$

$$n = 2,78 \approx 6 \text{ buah}$$

✓ **Ketebalan plat yang digunakan adalah :**

syarat

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$1 \geq \frac{36885,45 / 6}{0,75 \times 2900 \times 7} = 0,4 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.10 dengan tebal 1 cm.

✓ **Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan baut penyambung**

✓ **Kekuatan tarik desain \geq beban tarik terfaktor baut :**

$$\phi_t \cdot R_{nt} \geq R_{ut}$$

Dimana :

$\phi_t \cdot R_{nt}$ = kekuatan tarik desain

R_{ut} = beban tarik terfaktor baut

$$R_{ut} = \frac{M_u \times y}{\sum y^2} = \frac{202869,975 \times 61,2}{(4^2 + 11^2 + 24,9^2 + 31,9^2 + 54,2^2 + 61,2^2)} = 1467,96 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot R_n \geq R_{ut}$$

$$22547,8976 \text{ kg} \geq 1467,96 \text{ kg} \quad (\text{aman})$$

✓ **Kekuatan geser desain \geq beban geser terfaktor baut :**

$$\phi_v \cdot R_{nv} \geq R_{uv}$$

Dimana :

$\phi_v \cdot R_{nv}$ = kekuatan geser desain = 31258,273 kg

R_{uv} = Beban geser terfaktor

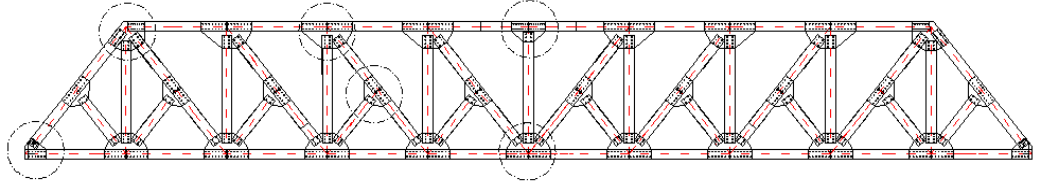
$$R_{uv} = \frac{P_u}{\sum n} = \frac{36885,45}{12} = 3073,78 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi_v \cdot R_{nv} \geq R_{uv}$$

$$31268,273 \geq 3073,78 \text{ kg} \quad (\text{aman})$$

4.13 Sambungan Batang pada Gelagar Induk WF 400 × 408 × 21 × 21



Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter nominal ($d_f = 7/8''$)

= 2,222 cm. kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$.

Diameter lubang ($d_b = 2,222 \text{ cm} + 0,1 = 2,322 \text{ cm}$)

✚ Luas baut (A_b)

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_f^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,222^2 \\ &= 3,876 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

✚ 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

$$\phi = \text{Faktor resistansi} = 0,65$$

$$R_n = \text{Kekuatan geser desain penyambung (kg)}$$

$$F_u^b = \text{Kekuatan tarik baut} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_b = \text{Luas penampang baut} = 3,876 \text{ cm}^2$$

$$m = \text{Banyaknya bidang geser yang terlibat} = 1$$

$$\text{Maka } \phi R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \times (0,6 \times 10342,5) \times 1 \times 3,876$$

$$= 15634,1367 \text{ kg}$$

✓ 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*

$$\phi = \text{Faktor resistensi} = 0,75$$

$$R_n = \text{Kekuatan desain tumpu baut (kg)}$$

$$F_u = \text{Kekuatan tarik baja yang membentuk bagian yang disambung}$$

(Dipakai Baja Bj. 50, $F_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

$$t = \text{Ketebalan flens} = 2,10 \text{ cm}$$

$$d = \text{Diameter baut nominal} = 2,322 \text{ cm}$$

$$\text{Maka } \phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

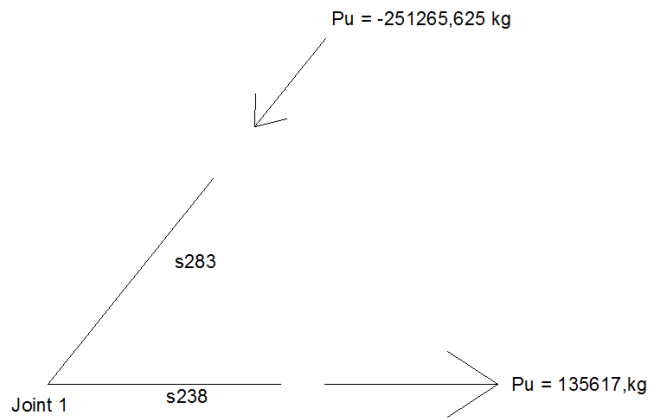
$$= 0,75 \times (2,4 \times 2,322 \times 2,10 \times 5000)$$

$$= 43885,8 \text{ kg}$$

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



$$S283 = 251265,625 \text{ kg}$$

$$S238 = 135617,17 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan pada batang no. 283

$$NS_{283} = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{251265,625}{15634,1367} = 16,07 \sim 24 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 4 cm

✓ Ketebalan plat yang digunakan

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal :
135)

$$3 \geq \frac{251265,625 / 24}{0,75 \times 5000 \times 4} = 0,69$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,69$, maka dipakai plat penyambung dengan

ketebalan 3,0 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2,222) \text{ s/d } (7 \times 2,222)$$

$$= 6,666 \text{ cm s/d } 15,554 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

✓ Jumlah baut yang diperlukan pada batang no. 238 (Batang tarik)

$$NS_{238} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{135617,71}{15634,1367} = 8,67 \sim 24 \text{ baut}$$

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

✓ Ketebalan plat yang digunakan

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal :

135)

$$3 \geq \frac{135617,71 / 24}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,3$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,3$, 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 238)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 50, $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 22,22 \text{ mm}$

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 3 \times 84,7 = 254,1 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\ &= 254,1 - ((3 \times 2,322) \times 3) \\ &= 233,202 \text{ cm} \end{aligned}$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$An \times Ya = \left(84,7 \times 3 \times \frac{84,7}{2}\right) - (2,322 \times 3 \times 20,1) - (2,322 \times 3 \times 22,2)$$

$$233,202 \times Ya = (11460,762) - (140,016) - (154,645)$$

$$Ya = \frac{11166,101}{233,202} = 46,27 \text{ cm}$$

$$Yb = 84,7 - 46,27 = 38,43 \text{ cm}$$

✓ Batang No 283

$$P_{283} = \frac{251265,62}{2} = 106821,2 \text{ kg}$$

$$D_{283} = 106821,2 \cos 26$$

$$= -96010,25 \text{ kg}$$

$$N_{283} = 106821,2 \sin 26$$

$$= -46827,33 \text{ kg}$$

✓ Batang No 238

$$P_{238} = \frac{135617,718}{2} = 58093,15 \text{ kg}$$

$$D_{238} = 58093,15 \cos 26$$

$$= 52213,777 \text{ kg}$$

$$N_{238} = 58093,15 \sin 26$$

$$= - 25466,36 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ total} &= D 283 + D 238 \\
 &= -96010,25 + 52213,777 \\
 &= -43796,473 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u \text{ total} &= N 283 + N 238 \\
 &= -48267,38 - 25466,36 \\
 &= -73733,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned}
 M_u &= (D283 \times Z1) - (D238 \times Z2) \\
 &= (-96010,25 \times 26,1) - (52213,777 \times 16,2) \\
 &= -3351730,712 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 84,7^2 = 3587,045 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{73733,74}{233,202} + \frac{3351730,712}{3587,045} \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

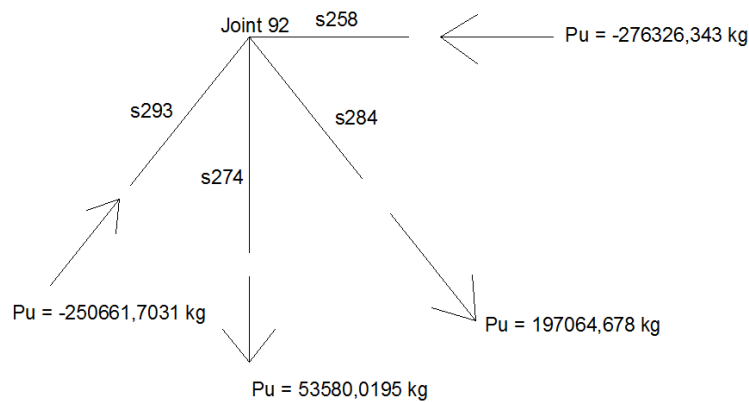
$$F_{cr} = 1239,96 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{43796,473}{233,202} = 181,501 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_R = \sqrt{1239,96^2 + 181,501^2} = 1257,444 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

OK

2. Joint 92



$$S_{293} = 250661,7 \text{ kg} \quad S_{284} = 197064,67 \text{ kg}$$

$$S_{274} = 53580,02 \text{ kg} \quad S_{258} = 276326,34 \text{ kg}$$

✚ Batang nomor 293 = 258

$$NS_{293} = NS_{258} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{276326,34}{15609,935} = 17,7 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{276326,34}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,46$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,46$, 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 274

$$NS_{274} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{53580,02}{15609,935} = 3,43 \sim 12 \text{ baut}$$

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

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{53580,01 / 12}{0,75 \times 5000 \times 3} = 0,24$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,24$, 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 284

$$NS_{284} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{197064,67}{15609,935} = 10,76 \sim 16 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{197064,67}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,65$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} = 0,65$, 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 92

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 92)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 50, $f_y = 2900$ kg/cm²

Diameter lubang 7/8" = 22,22 mm

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 92,4 = 277,2 \text{ cm}$$

Dimana : t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$A_n = A_g - ((n \times d) \times t)$$

$$= 277,2 - ((3 \times 2,322) \times 3)$$

$$= 256,302 \text{ cm}$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(92,4 \times 3 \times \frac{92,4}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 21,1) - (2,322 \times 3 \times 20,1)$$

$$256,302 \times Y_a = (12806,64) - (146,98) - (140,02)$$

$$Y_a = \frac{12519,64}{256,302} = 48,84 \text{ cm}$$

$$Y_b = 92,4 - 53,368 = 43,552 \text{ cm}$$

✓ Batang No 293

$$P_{293} = \frac{250661,703 \text{ l}}{2} = 106821,195 \text{ kg}$$

$$D_{293} = 106821,195 \cos 6$$

$$= -106236,01 \text{ kg}$$

$$N_{293} = 106821,195 \sin 6$$

$$= 11165,86 \text{ kg}$$

✓ Batang No 274

$$P_{274} = \frac{53580,02}{2} = 24291,415 \text{ kg}$$

$$D_{274} = 24291,415 \cos 33$$

$$= -20372,49 \text{ kg}$$

$$N_{274} = 24291,415 \sin 33$$

$$= -13229,83 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{293} + D_{274}$$

$$= -106236,01 + (-13229,83)$$

$$= -119465,84 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_{293} + N_{274}$$

$$= 11165,86 + (-119465,84)$$

$$= -108299,98 \text{ kg}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{293} \times Z_1) - (D_{274} \times Z_2)$$

$$= (-106236,01 \times 20,1) - (-20372,49 \times 21,1)$$

$$= -1705484,262 \text{ kgcm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 92,4^2 = 4268,88 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

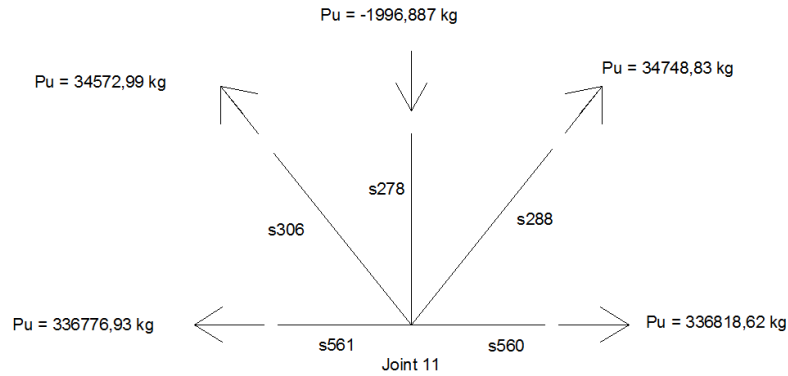
$$F_{cr} = \frac{108299,98}{256,302} + \frac{1705484,262}{4268,88} \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 822,06 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{119465,84}{256,302} = 466,11 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_R = \sqrt{822,06^2 + 466,11^2} = 945,01 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

3. Joint 11



$$S_{561} = 336776,93 \text{ kg} \quad S_{560} = 336818,62 \text{ kg} \quad 288 = 34748,839 \text{ kg}$$

$$S_{278} = 1996,887 \text{ kg} \quad S_{306} = 34572,99 \text{ kg}$$

🚦 Batang nomor 561 = 560

$$NS_{561} = NS_{560} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{336818,62}{15609,935} = 21,577 \sim 28 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{336818,62 / 28}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,64$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,64$, 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 306 = 288

$$NS_{288} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{34748,839}{15609,935} = 2,22 \sim 12 \text{ baut}$$

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

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{34748,839 / 12}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,15$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,15$, 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 278

$$NS_{278} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{1996,887}{15609,935} = 0,127 \sim 16 \text{ baut}$$

$$\text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} = 1,5 d \text{ s/d } 3 d$$

$$= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22)$$

$$= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{1996,887 / 16}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,0065$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,065$, 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 = 10 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 50, $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 22,22 \text{ mm}$

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 104,1 = 312,3 \text{ cm}$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$A_n = A_g - ((n \times d) \times t)$$

$$= 312,3 - ((4 \times 2,322) \times 3)$$

$$= 285,036 \text{ cm}$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(104,1 \times 3 \times \frac{104,1}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 20,3) - (2,322 \times 3 \times 21,1)$$

$$285,036 \times Y_a = (16255,215) - (141,41) - (14,69)$$

$$Y_a = \frac{14830,115}{285,036} = 52,02 \text{ cm}$$

$$Y_b = 104,1 - 52,02 = 52,08 \text{ cm}$$

✓ Batang No 288

$$P_{288} = \frac{34748,839}{2} = 17374,42 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{288} &= 17374,42 \cos 18 \\ &= 16524,05 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{288} &= 17374,42 \sin 18 \\ &= 5368,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Batang No 560

$$P_{560} = \frac{336818,62}{2} = 168409,31 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{560} &= 168409,31 \cos 34 \\ &= 139617,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{560} &= 168409,32 \sin 34 \\ &= -94173,29 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ total} &= D_{288} + D_{560} \\ &= 16524,05 + 139617,64 \\ &= 156141,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_u \text{ total} &= N_{288} + N_{560} \\ &= 5368,99 + (-94173,29) \\ &= -88804,30 \text{ kg} \end{aligned}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned} M_u &= (D_{288} \times Z_1) - (D_{560} \times Z_2) \\ &= (16524,05 \times 31,1) - (139617,64 \times 20,3) \\ &= -2320340,137 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 104,1^2 = 5418,405 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

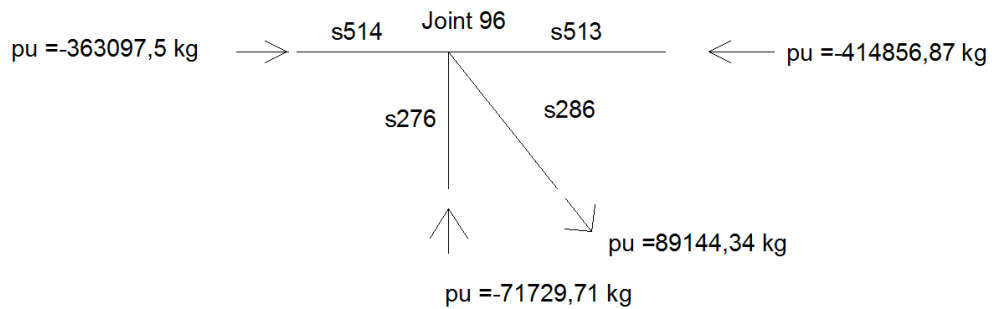
$$F_{cr} = \frac{77649,24}{285,036} + \frac{2320340,137}{5418,405} \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 700,65 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{156141,69}{285,036} = 547,79 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_R = \sqrt{700,65^2 + 547,79^2} = 889,37 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

4. Joint 96



$$S514 = 363097,5 \text{ kg} \quad S513 = 414856,87 \text{ kg}$$

$$S276 = 71729,71 \text{ kg} \quad S286 = 89144,34 \text{ kg}$$

🚦 Batang nomor 514 = 513

$$NS_{514} = NS_{513} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{414856,87}{15609,935} = 26,57 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{414856,87}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,69$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,69$, 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 276

$$NS_{276} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{71729,71}{15609,935} = 4,595 \sim 16 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{71729,71 / 16}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,239$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,239$, 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 286

$$NS_{286} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{89144,34}{15609,935} = 5,71 \sim 12 \text{ baut}$$

$$\text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} = 1,5 d \text{ s/d } 3 d$$

$$= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22)$$

$$= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{89144,34 / 12}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,396$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi F_u L} = 0,396$, 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

✚ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 96

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 96)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 50, $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 22,22 \text{ mm}$

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 98,3 = 294,9 \text{ cm}$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$A_n = A_g - ((n \times d) \times t)$$

$$= 294,9 - ((3 \times 2,322) \times 3)$$

$$= 274,002 \text{ cm}$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(98,3 \times 3 \times \frac{98,3}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 20,5) - (2,322 \times 3 \times 7,2)$$

$$274,002 \times Y_a = (14494,335) - (142,803) - (50,1552)$$

$$Y_a = \frac{14301,37}{247,002} = 57,899 \text{ cm}$$

$$Y_b = 98,3 - 57,8996 = 40,400 \text{ cm}$$

✓ Batang No 513

$$P_{513} = \frac{414856,87}{2} = 207428,435 \text{ kg}$$

$$D_{513} = 207428,435 \cos 17$$

$$= -198364,79 \text{ kg}$$

$$N_{513} = 207428,435 \sin 17$$

$$= 60646,205 \text{ kg}$$

✓ Batang No 286

$$P_{286} = \frac{89144,34}{2} = 44572,17 \text{ kg}$$

$$D_{286} = 44572,17 \cos 68$$

$$= -16697,02 \text{ kg}$$

$$N_{286} = 44572,17 \sin 62$$

$$= -41326,59 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{513} + D_{286}$$

$$= -198364,79 + (-16697,02)$$

$$= -241239,77 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_{513} + N_{286}$$

$$= 60646,205 + (-41326,59)$$

$$= 19319,615 \text{ kg}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{513} \times Z_1) - (D_{286} \times Z_2)$$

$$= (-198364,79 \times 37,4) - (-16697,02 \times 33,3)$$

$$= -6862832,38 \text{ kgcm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 98,3^2 = 4831,445 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Z_x} \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

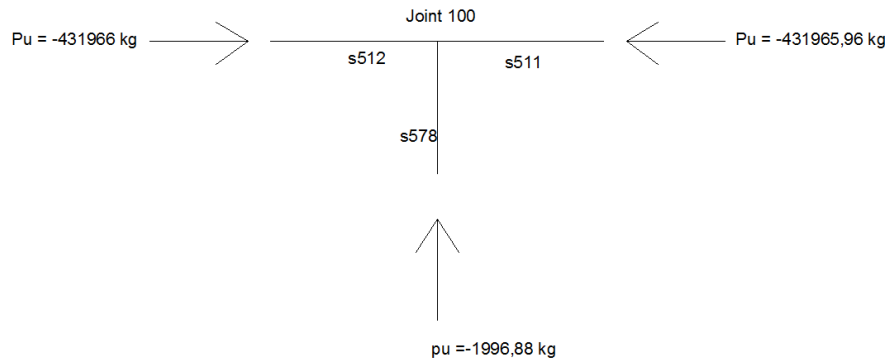
$$F_{cr} = \frac{19319,615}{274,002} + \frac{6862832,38}{4831,445} \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 1490,96 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_v = \frac{Vu}{An} = \frac{241239,77}{274,002} = 880,4 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$F_R = \sqrt{1490,96^2 + 880,4^2} = 1731,49 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

5. Joint 11



$$S512 = 431966 \text{ kg} \quad S511 = 431965,96 \text{ kg}$$

$$S578 = 1996,88 \text{ kg}$$

✚ Batang nomor 512 = S511

$$NS_{512} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{431966}{15609,935} = 27,67 \sim 32 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{431966 / 32}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,71$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,71$, 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 578

$$NS_{578} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{1996,88}{15609,935} = 0,127 \sim 12 \text{ baut}$$

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

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{1996,88 / 12}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,087$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,087$, 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 100

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 100)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 50, $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 22,22 \text{ mm}$

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 3 \times 104,6 = 313,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\ &= 313,8 - ((3 \times 2,322) \times 3) \\ &= 297,834 \text{ cm} \end{aligned}$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(104,6 \times 3 \times \frac{104,6}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 25,9) - (2,322 \times 3 \times 22,2)$$

$$297,834 \times Ya = (16411,74) - (180,42) - (154,65)$$

$$Ya = \frac{16076,67}{297,834} = 53,978 \text{ cm}$$

$$Yb = 104,6 - 53,978 = 50,622 \text{ cm}$$

✓ Batang No 511

$$P511 = \frac{431965,96}{2} = 215982,98 \text{ kg}$$

$$D511 = 215982,98 \cos 39$$

$$= 167850,31 \text{ kg}$$

$$N511 = 215982,98 \sin 39$$

$$= 135922,4934 \text{ kg}$$

✓ Batang No 578

$$P578 = \frac{1996,88}{2} = 998,44 \text{ kg}$$

$$D578 = 998,44 \cos 51$$

$$= 628,33 \text{ kg}$$

$$N578 = 998,44 \sin 51$$

$$= -768,07 \text{ kg}$$

$$Vu \text{ total} = D 511 + D578$$

$$= 167850,31 + 628,33$$

$$= 168478,64 \text{ kg}$$

$$Nu \text{ total} = N 511 + N 578$$

$$= 167850,31 + (-768,07)$$

$$= 167082,24 \text{ kg}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned} Mu &= (D511 \times Z1) - (D578 \times Z2) \\ &= (167850,31 \times 28,1) - (628,33 \times 22,2) \\ &= -4703644,785 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times 3 \times 104,6^2 = 5470,58 \text{ cm}$$

$$Fcr = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Zx} \leq Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

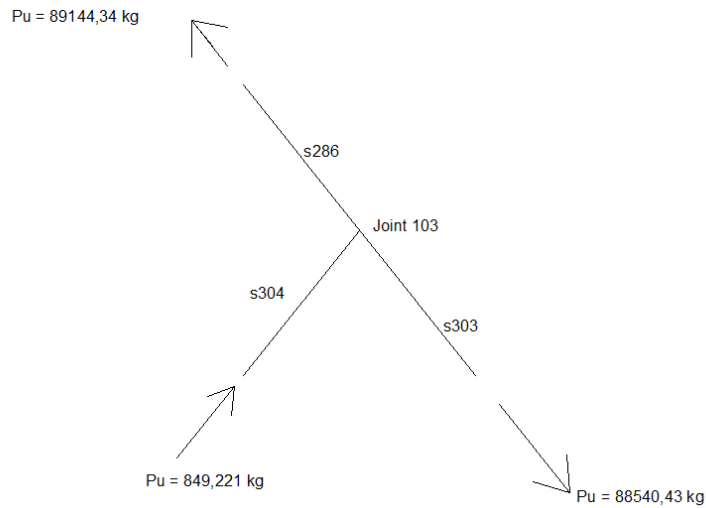
$$Fcr = \frac{167082,24}{297,834} + \frac{4703644,785}{5470,58} \leq Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = 1420,79 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$Fv = \frac{Vu}{An} = \frac{168478,64}{297,834} = 565,68 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$FR = \sqrt{1420,79^2 + 565,68^2} = 1529,26 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

6. Joint 103



$$S286 = 89144,34 \text{ kg}$$

$$S303 = 88540,43 \text{ kg}$$

$$S304 = 849,221 \text{ kg}$$

✚ Batang s286=s303

$$NS_{286} = \frac{Pu}{\phi R_n} = \frac{89144,34}{15609,935} = 5,711 \sim 10 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$t \geq \frac{88540,43 / 10}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,47$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,47$, 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 304

$$NS_{304} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{849,221}{15609,935} = 0,05 \sim 8 \text{ baut}$$

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

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{849,221 / 8}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,056$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,056$, 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 303

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 303)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 50, $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 22,22 \text{ mm}$

Luas penampang plat

✓ Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 3 \times 93,00 = 279 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

✓ Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\ &= 279 - ((3 \times 2,322) \times 3) \\ &= 258,102 \text{ cm} \end{aligned}$$

✓ Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(93 \times 3 \times \frac{93}{2} \right) - (2,322 \times 3 \times 21,0) - (2,322 \times 3 \times 12,4)$$

$$258,102 \times Ya = (12973,5) - (146,286) - (86,378)$$

$$Ya = \frac{12740,836}{258,102} = 49,36 \text{ cm}$$

$$Yb = 93 - 49,36 = 43,63 \text{ cm}$$

✓ Batang No 304

$$P304 = \frac{849,211}{2} = 424,555 \text{ kg}$$

$$D304 = 849,211 \cos 44$$

$$= -610,87 \text{ kg}$$

$$N304 = 849,211 \sin 44$$

$$= 598,91 \text{ kg}$$

✓ Batang No 303

$$P303 = \frac{88540,43}{2} = 44270,215 \text{ kg}$$

$$D303 = 44270,215 \cos 34$$

$$= -33912,95 \text{ kg}$$

$$N303 = 44270,215 \sin 34$$

$$= -2856,345 \text{ kg}$$

$$Vu \text{ total} = D304 + D303$$

$$= -610,87 + (-33912,95)$$

$$= -34523,82 \text{ kg}$$

$$Nu \text{ total} = N304 + N303$$

$$= 598,91 + (-2856,345)$$

$$= -2257,435 \text{ kg}$$

✚ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned} Mu &= (D303 \times Z1) - (D3 \times Z2) \\ &= (-610,87 \times 37) - (-33912,95 \times 22,6) \\ &= 743830,48 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times 3 \times 93^2 = 4324,5 \text{ cm}$$

$$Fcr = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Zx} \leq Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

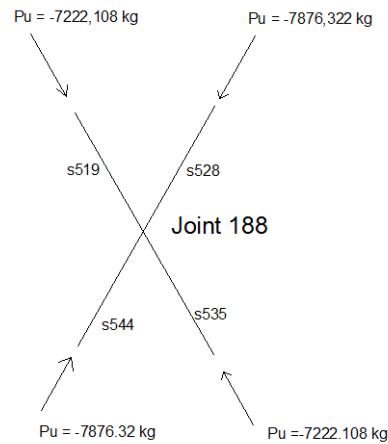
$$Fcr = \frac{2257,435}{258,102} + \frac{743830,48}{4324,5} \leq Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = 180,75 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$Fv = \frac{Vu}{An} = \frac{34523,82}{258,102} = 133,76 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$FR = \sqrt{180,75^2 + 133,76^2} = 224,86 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

7. Joint 188 (ikatan angin atas)



$$S519 = 7222,108 \text{ kg}$$

$$S535 = 7222,108 \text{ kg}$$

$$S544 = 7876,322 \text{ kg}$$

$$S528 = 7876,322 \text{ kg}$$

🚦 Batang nomor 519 = 535

$$NS_{519} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{7222,108}{15609,935} = 0,046 \sim 8 \text{ baut}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} &= 1,5 d \text{ s/d } 3 d \\ &= (1,5 \times 2,22) \text{ s/d } (3 \times 2,22) \\ &= 3,330 \text{ cm s/d } 6,660 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 1 cm

✓ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{7222,108 / 8}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,048$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,048$, 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 544 = 528

$$NS_{375} = \frac{Pu}{\phi Rn} = \frac{7876,322}{15609,935} = 0,51 \sim 8 \text{ baut}$$

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

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$3 \geq \frac{7876,322 / 8}{0,75 \times 5000 \times 5} = 0,052$$

Karena $t = 3 \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u L} = 0,052$, 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

4.14 Perhitungan Perletakan Jembatan

Data Perencanaan :

Bentang Jembatan = 40 meter

Tegangan ijin BJ-50 = 2900 kg/cm²

Tegangan ijin bantalan baja = 100 kg/cm²

Support Reaksi :

Gaya yang diterima setiap tumpuan di dapat dari hasil program bantu

Staadpro diambil gaya vertikal yang terbesar (Fy)

- Joint 61 dan 21 untuk perletakan Roll

Joint 62 = 210.000 kg

Joint 21 = 210.000 kg

- Joint 1 dan 41 untuk perletakan Sendi

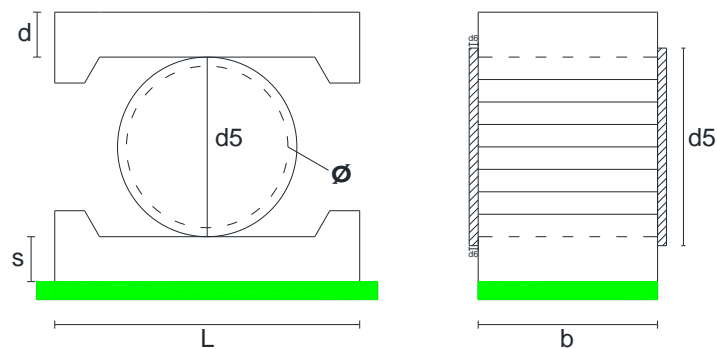
Perletakan Sendi :

Joint 1 = 210.000 kg

Joint 41 = 210.000 kg

(hasil didapat dari program bantu Staad Pro 2007)

4.14.1 Perhitungan Perletakan Roll



Gambar 4.34. Perletakan Roll

Direncanakan tumpuan roll sebagai berikut :

Panjang Bentang ($L = 40$ m)

$$P = 210000 \text{ kg}$$

$$\text{Bj. 50} \Rightarrow \bar{\sigma} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_c' = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b' = 0,33 \times 350 = 74,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_d = 8500 \text{ kg/cm}^2$$

(Sumber Dr. Ir Bambang Supriyadi hal 66)

$$F = \frac{P}{\sigma d}$$

$$= \frac{210000}{74,25} = 2828,28 \text{ cm}^2$$

a) Panjang bantalan kursi

$$\begin{aligned} \ell &= L + 40 \\ &= 40 + 40 = 80 \text{ cm} \end{aligned}$$

b) Lebar bantalan kursi

$$\begin{aligned} b &= \frac{F}{\ell} \\ &= \frac{2828,28}{100} = 28,28 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai bantalan ukuran $100 \times 50 = 5000 \text{ cm}^2 > 2828,28 \text{ cm}^2$

$$\text{luas} = 50 \times 100 = 5000 \text{ cm}^2$$

$$P_u = 210000 \text{ kg}$$

$$F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

A. Tebal Bantalan

$$d = \frac{1}{2} \times \sqrt{\frac{3 \times P \times \ell}{b \times f_y}}$$

Dimana : d = tebal kursi

l = panjang bantalan rancangan (cm)

b = lebar bantalan rancangan (cm)

f_y = Mutu Baja (kg/cm²)

P = gaya yang bekerja (kg)

$$d = \frac{1}{2} \times \sqrt{\frac{3 \times 210000 \times 100}{50 \times 2900}}$$

$$= 10,422 \text{ cm} \rightarrow 12 \text{ cm}$$

B. Tebal Kursi

$$s = \frac{1}{2} \times \sqrt{\frac{3 \times P \times l}{b \times f_y}}$$

Dimana : s = tebal bantalan

l = panjang bantalan rancangan (cm)

b = lebar bantalan rancangan (cm)

f_y = Mutu Baja (kg/cm²)

P = gaya yang bekerja (kg)

$$s = \frac{1}{2} \times \sqrt{\frac{3 \times 210000 \times 100}{50 \times 2900}}$$

$$= 10,422 \text{ cm} \rightarrow 12 \text{ cm}$$

C. Garis Tengah Roll Gelinding

$$\sigma_d = 8500 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_4 = \frac{0,75 \times 10^6 \times P}{l \cdot \phi \cdot \sigma_d^2}$$

Dimana : d_5 = Garis tengah Roll (cm)

$$\Phi = 0,9$$

f_u = Tegaangan putus untuk BJ 50 = 5000 (kg/cm²)

P = gaya yang bekerja (kg)

$$\begin{aligned} d_4 &= \frac{0,75 \times 10^6 \times P}{l \cdot \phi \cdot \sigma_d^2} \\ &= \frac{0,75 \times 10^6 \times 210000}{100 \times 0,9 \times 8500^2} = 24,21 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

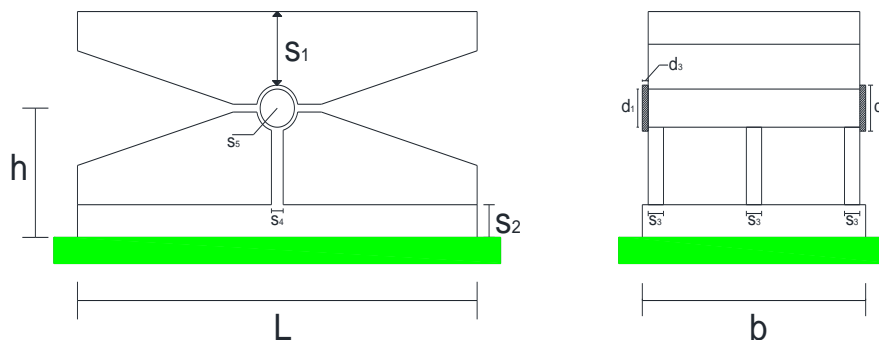
D. Tebal Bibir Roll

d_5 = direncanakan 2,5 cm

E. Tinggi Total Roll

$$\begin{aligned} d_6 &= d_4 + (2 \times d_5) \\ &= 30 + (2 \times 2,5) \\ &= 35 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.14.2 Perhitungan Perletakan Sendi



Gambar 4.35. Perletakan Sendi

Direncanakan tumpuan sendil sebagai berikut :

Panjang Bentang ($L = 40$ m)

$$P = 210000 \text{ kg}$$

$$Bj. 50 \Rightarrow \bar{\sigma} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_c' = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b' = 0,33 \times 350 = 74,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_d = 8500 \text{ kg/cm}^2$$

(Sumber Dr. Ir Bambang Supriyadi hal 66)

$$F = \frac{P}{\sigma_b'}$$
$$= \frac{210000}{74,25} = 2828,28 \text{ cm}^2$$

Dicoba :

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$L = 100 \text{ cm}$$

$$\text{luas} = 50 \times 100 = 5000 \text{ cm}^2$$

$$P_u = 2828,28 \text{ kg}$$

$$F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

A. Tebal Bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \times \sqrt{\frac{3 \times P \times l}{b \times f_y}}$$

Dimana : s = tebal bantalan

l = panjang bantalan rancangan (cm)

b = lebar bantalan rancangan (cm)

f_y = Mutu Baja (kg/cm^2)

P = gaya yang bekerja (kg)

$$s_1 = \frac{1}{2} \times \sqrt{\frac{3 \times 210000 \times 100}{50 \times 2900}}$$

$$= 10,422 \text{ cm} \rightarrow 12 \text{ cm}$$

Mencari Nilai S₂, S₃, S₄, S₅

$$Mu = \frac{1}{8} \times Pu \times L$$

$$= \frac{1}{8} \times 210000 \times 100$$

$$= 2625000 \text{ kg.cm}$$

$$W = \frac{Mu}{\Phi \times fy}$$

$$= \frac{2625000}{0,9 \times 2900}$$

$$= 1005,74 \text{ cm}^3$$

Untuk harga S₂, S₃, S₄, dipakai rumus Muller Breslaw, dimana jumlah rusuk

(a) = 3 buah :

$\frac{h}{S^2}$	$\frac{b}{a \times S_3}$	W
3	4	0,2251 x a x h ² x S ₃
4	4,2	0,2251 x a x h ² x S ₃
5	4,6	0,2251 x a x h ² x S ₃
6	5	0,2251 x a x h ² x S ₃

Sumber ; H.J.Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, soemargono, Jembatan :

$$\text{Diambil, } \frac{h}{S_2} = 4, \frac{b}{a \times S_a} = 4,2$$

Dipakai jumlah rusuk (a) = 3

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$\frac{b}{a \times S_a} = 4,2$$

$$S_3 = \frac{50}{3 \times 4,2} = 3,968 \rightarrow 4 \text{ cm}$$

Mencari nilai h dipakai rumus :

$$W = 0,2251 \times a \times h^2 \times S_3$$

$$= 0,2251 \times 3 \times h^2 \times 4$$

$$W = 2,701 \times h^2$$

$$864,469 = 2,701 h^2$$

$$h^2 = \frac{864,469}{2,701} = 320,055$$

$$h = \sqrt{320,055} = 17,89 \rightarrow 18 \text{ cm}$$

maka :

$$S_2 = \frac{h}{4} = \frac{18}{4} = 4,5 \text{ cm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{18}{6} = 3 \text{ cm} \rightarrow 3 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{9} = \frac{18}{9} = 2 \text{ cm} \rightarrow 3 \text{ cm}$$

B. Jari – jari sumbu sendi

$$r = \frac{0,8 \times P}{\Phi \times f_y \times L}$$

dimana : r = jari – jari engsel sendi (cm)

f_y = Tegangan ijin bantalan baja = 2900 kg/cm²

Φ = 0,9

L = panjang bantalan rancangan (cm)

P = gaya yang bekerja (kg)

$$\begin{aligned} r &= \frac{0,8 \times 210000}{0,9 \times 2900 \times 100} \\ &= 0,64 \rightarrow 1 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_1 = 2 \times r$$

$$= 2 \times 1$$

= 2 cm, karena d_1 minimal = 7 cm, maka dipakai $d_1 = 7$ cm

$$d_3 = \frac{1}{4} \times d_1$$

$$= \frac{1}{4} \times 7$$

$$= 1,75 \text{ cm} \rightarrow 2 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times 2)$$

$$= 7 + 4$$

$$= 11 \text{ cm}$$

C. Kontrol tegangan kursi

$$\sigma = \frac{P}{A} < \sigma_b$$

$$= \frac{210000}{5000} < 74,250 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 42 \text{ kg/cm}^2 < 74,250 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots\text{okk !!!!}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan

1. Dimensi plat lantai kendaraan dan trotoar yang dipake dalam perencanaan jembatan rangka baja tipe *Trough Baltimore Truss* di Kecamatan Muara Ancalong Kutai Timura adalah sebagai berikut :

❖ Perencanaan plat lantai kendaraan :

- Tebal plat beton : 250 mm
- Dipakai tulangan pokok : D 13 – 200
- Dipakai tulangan bagi : D 13 – 250

❖ Perencanaan Trotoar jembatan :

- Tebal Trotoar : 550 mm
- Dipakai tulangan pokok : D 13 – 200
- Dipakai tulangan bagi : D 13 – 250

2. Dimensi profil baja WF pada gelagar memanjang, melintang, dan induk yang diperlukan untuk memikul semua beban yang bekerja adalah sebagai berikut :

❖ Perencanaan gelagar memanjang :

- Dipakai profil : WF 300 x 150 x 5,5 x 8

❖ Perencanaan gelagar melintang :

- Dipakai profil : WF 414 x 405 x 18 x 28

❖ Perencanaan gelagar Induk :

- Dipakai profil : WF 400 x 408 x 21 x 21

3. Nilai kapasitas sambungan struktur jembatan rangka baja tipe *k-truss* yang digunakan dalam perencanaan sambungan adalah 432966,01kg (nilai yang terbesar, dapat dari hasil analisa STAAD PRO)
4. jumlah baut yang diperlukan untuk sambungan pada struktur jembatan baja tipe *Trough Baltimore Truss* Di Kecamatan Muara Ancalong Kutai Timur adalah sebagai berikut :

❖ Sambungan gelagar memanjang

- Ukuran Baut yang digunakan = Φ 7/8 “
- Jumlah titik simpul = 55
- Jumlah baut tiap simpul = 12
- Jumlah baut = 660 buah

❖ Sambungan gelagar melintang

- Ukuran Baut yang digunakan = Φ 7/8 “
- Jumlah titik simpul = 22
- Jumlah baut tiap simpul = 18
- Jumlah baut = 396 buah

❖ Sambungan simpul ikatan angin atas

- Ukuran Baut yang digunakan = Φ 7/8 “
- Jumlah titik simpul = 8
- Jumlah baut tiap simpul = 16

- ❖ Sambungan simpul ikatan angin bawah
 - Ukuran Baut yang digunakan = Φ 7/8 “
 - Jumlah titik simpul = 10
 - Jumlah baut tiap simpul = 16

- ❖ Sambungan gelagar Induk
 - Ukuran Baut yang digunakan = Φ 7/8 “
 - Jumlah titik simpul = 16 (tepi) dan 44 (tengah)
 - Total Jumlah baut = 7208 buah

5. Dimensi ikatan angin yang digunakan pada struktur jembatan rangka baja tipe *Trough Baltimore Truss* Di Kecamatan Muara Ancalong Kutai Timur adalah sebagai berikut :

- ❖ Perencanaan ikatan angin atas dan bawah :

- Dipakai profil : L 120 x 120 x 8

6. Nilai kapasitas tumpuan struktur jembatan rangka baja tipe *Trough Baltimore Truss* Di Kecamatan Muara Ancalong Kutai Timur adalah 210000 kg

5.2 saran

Berdasarkan hasil perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Penulis menyarankan untuk dalam pembuatan rangka baja jembatan menggunakan tipe *Trough Baltimore Truss* .
2. Analisa struktur jembatan sebaiknya dilakukan dengan 3D dan dibantu dengan program bantu STAAD PRO .

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2005. *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan RSNI-T-03-2005*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. 2005. *Spesifikasi Bantalan Elastomer Tipe Polos Dan Tipe Berlapis*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. 2005. *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan RSNI-T-02-2005*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. 2004. *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan RSNI-T-12-2004*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Semarang: PT. Gelora Aksara Pratama.

Stryuk ,Van Der Veen. 1995. *Jembatan*. Jakarta : Pradiya Paramita.



GAMBAR KERJA



LAMPIRAN STAAD PRO



LAMPIRAN